

*Неповторимые
черты таланта*

Борис Васильевич
КУРЧАТОВ

Жизнеописание.

Родился в 1905 году в селе Сям Сивинский
Уфимской губернии, в семье землемера-таксатора.
В 1912 году отец переехал в г. Симбирск
где и в 10^е июля 1908 г. младше образование.

Окончил

в 6 лет

матери.

Государ

В 192

Симбирск — Simbirsk



дом 9
смы
Еще сведения

Нико! Я сибиряк
много
смы
Еще сведения

Дом Губернатора — Maison du Gouverneur
L'ancien hôtel de ville de Simbirsk
Nikolai and Vadim 4^е июля 1908 г.
Море правды



Приказное место.
Cour des comptes.

Симбирск.
Simbirsk.

Нико! Не забудь
Море правды
на К. И. Юренин, Симбирск 4^е июля 1908 г.

Судебная
Нико!

Самое
Качество
Подделка
тема,
много:
смы
да!!

В декабре 1923 года был признан
 наравле на улучшение в Ленинградскую
 Академию наук СССР. Лаваратория химии
 в институте в Уфимском.

Здесь
 науч
 под
 и в
 в
 в
 в



Симбирск — Simbirsk

Маринская Гимназия — Gymnase de Marie

Наша работа направлена в сторону совершенствования
 преподавания в высших учебных заведениях, а особенно в области
 преподавания химии. Мы имеем честь просить вас оказать нам
 помощь в приобретении необходимого оборудования.
 Директор С. А. Петров, Симбирск, 20 января 1923 г.

Организация в Крыму
 проводилась, провод и в
 в Симбирске

в
 Пер
 в
 Мо
 ре
 в
 к





S. Kuppert

Российский научный центр
“Курчатовский институт”

НЕПОВТОРИМЫЕ ЧЕРТЫ ТАЛАНТА.

Борис Васильевич Курчатов:
документы, воспоминания,
избранные научные труды

Автор-составитель и редактор
Р.В.Кузнецова

Москва
ИздАТ
2005

УДК 621.030 (023) Курчатов
Н-53
ББК 6П 2.8 (09)

Н-53 Неповторимые черты таланта. Борис Васильевич Курчатов: документы, воспоминания, избранные научные труды. / Под ответственной редакцией Р.В.Кузнецовой и научной редакцией В.А.Пчелина.
М.: ИзДАТ, 2005,- 751 с.: илл.

ISBN 5-86656-179-4

В книгу включены архивные материалы, научные труды, воспоминания и фотографии, дающие представление о биографии и научной деятельности талантливого ученого-радиохимика 1930-1970-х гг. Бориса Васильевича Курчатова, родного брата Игоря Васильевича Курчатова.

Настоящие ученые не уходят бесследно. После них остаются их труды, ученики и память. Выявленные в различных архивных фондах и коллекциях документы, а также написанные его учениками и современниками специально для книги воспоминания, публикуются впервые. Книга иллюстрирована неизвестными и малоизвестными фотографиями.

Охраняется Законом Российской Федерации об авторском праве.

ISBN 5-86656-179-4

© Р.В.Кузнецова, авторы
© РНЦ “КИ”
© Оформление ИзДАТ, 2005

Издание осуществлено при финансовой поддержке
РНЦ “Курчатовский институт”

Утверждено Редакционным советом
РНЦ “Курчатовский институт”.

Редакционная коллегия:

В.А.Пчелин (председатель), Т.Ю.Грамматикати, Ю.П.Донцов, В.Н.Косяков, Р.В.Кузнецова, В.А.Кулямин, Р.М.Полевой, В.К.Попов, Б.А.Обиняков, Н.В.Селезнева, И.К.Швецов.

Автор-составитель,

ответственный редактор к.и.н. Р.В.Кузнецова

Научный редактор В.А.Пчелин

Составление иллюстративной части и археографическая подготовка документов Р.В.Кузнецова

Компьютерная подготовка иллюстраций и фото музейных экспонатов на цветной вкладке Н.Н.Кузнецов

Научно-справочный аппарат:

Примечания: Р.В.Кузнецова, В.А.Пчелин, Н.В.Селезнева.

Указатель опубликованных трудов Б.В.Курчатова: Р.В.Кузнецова,
Т.Ю.Грамматикати.

Указатель опубликованных трудов Л.Н.Курчатовой : Р.В.Кузнецова.

Вехи жизни и деятельности Б.В.Курчатова: Р.В.Кузнецова,
Т.Ю.Грамматикати.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

От редколлегии	13
Б. В. Курчатов – выдающийся ученый и обаятельный человек	17
<i>Е. П. Велихов.</i>	
100 лет со дня рождения профессора Бориса Васильевича Курчатова	21
<i>Б. Ф. Мясоедов.</i>	
Борис Васильевич Курчатов. Биографический очерк	24
<i>Р. В. Кузнецова.</i>	

ГЛАВА I.

Материалы к биографии Б. В. Курчатова: личные документы, воспоминания, письма (1905-1972)	47
<i>Б. В. Курчатов.</i> “Родные корни”. – Из записей в тетрадях [23.12.61]	49
<i>Б. В. Курчатов.</i> Годы, проведенные в Симбирске. – Из письма в районной газете “Ульяновская правда” от 18.11.66 г.	51
Выписка из церковной метрической книги о рождении Б. В. Курчатова	53
<i>А. С. Клименко.</i> Годы учебы в гимназии	54
<i>Г. Ф. Исаева.</i> В Симферопольском общеобразовательном техникуме	56
Ведомость ученика подготовительного класса Симферопольской мужской Александра I Благословенного гимназии Бориса Курчатова на 1915/1916 учебный год	58
Ведомость ученика 1а класса Симферопольской мужской Александра I Благословенного гимназии Бориса Курчатова на 1916/1917 учебный год	59
Ведомость ученика IV класса Симферопольской мужской гимназии Бориса Курчатова на 1919/1920 учебный год	60
Свидетельство об окончании Б. В. Курчатовым в 1923г. Единой Трудовой Школы II-й ступени в Симферопольском общеобразовательном техникуме	61
Свидетельство об окончании Б. В. Курчатовым в 1927г. Казанского Государственного университета имени В. И. Ульянова-Ленина	62
<i>Б. В. Курчатов.</i> Жизнеописание	64
<i>Б. В. Курчатов.</i> Автобиография. (31 мая 1944 г.)	66
<i>Б. В. Курчатов.</i> Автобиография. (6 октября 1952 г.)	67

Б.В.Курчатов. Автобиография. (28 января 1958 г.)	69
Пропуск Б.В.Курчатова в ЛФТИ 1934 г.	72
Билет Б.В.Курчатова на посещение научной библиотеки ЛФТИ. 1935г.	72
Профсоюзный билет Б.В.Курчатова. 1937 г.	73
Удостоверение Б.В.Курчатова в ЛФТИ. 1941 -1943 гг.	73
Выписка из протокола № 30/6 от 19 мая 1938 г. о присвоении Б.В.Курчатову ученой степени кандидата физико-математических наук	74
Диплом № 004174 кандидата физико-математических наук Б.В.Курчатова	75
Выписка из протокола № 7 от 9 июня 1938 г. об утверждении Б.В.Курчатова в ученном звании старшего научного сотрудника	76
Почетная грамота о награждении Б.В.Курчатова в связи с успешным выполнением производственно-тематического плана работ 1938 г.	78
Приказ № 18 от 16 декабря 1941 г. о премировании Б.В.Курчатова	79
Выписка из приказа № 22 от 25 декабря 1941 г. о премировании Б.В.Курчатова	80
Сведения о перемещениях Б.В.Курчатова в ЛФТИ	81
Пропуск Б.В.Курчатова во 2-й НИФИ МГУ – 1947 г.	81
Материалы к аттестации Б.В.Курчатова на ученую должность с.н.с. по специальности “Экспериментальная физика”:	
Анкета Б.В.Курчатова	82
Лист “Аттестация Б.В.Курчатова”	83
Характеристика Б.В.Курчатова	84
Постановление Президиума АН СССР от 25.11.48 г.	86
Распоряжение № 26 по Лаборатории № 2 АН СССР от 8 июля 1943 г. о зачислении Б.В.Курчатова в Лабораторию	87
Профсоюзный билет Б.В.Курчатова 1950-е гг. и партийный билет (1952 г.) Б.В. Курчатого	88
Аттестат с.н.с. Б.В.Курчатова № 08541.	89
Диплом доктора химических наук Б.В.Курчатова № 000107	89
Аттестат профессора Б.В.Курчатова № 015072	90
Указ Президиума АН СССР о награждении Б.В.Курчатова орденом Трудового Красного Знамени 29.10.49 г.	91
Выписка из постановления Постановление СМ СССР о присвоении Б.В.Курчатову звания лауреата Сталинской премии II степени 29.10.49 г.	92
Лист Орденской книжки № 273162 с пометками о награждениях Б.В.Курчатова.	93
Удостоверение о награждении Б.В.Курчатова медалью “За доблестный и самоотверженный труд в период Великой Отечественной войны” № 161988	94

Удостоверение лауреата Государственной Премии СССР № 1100	
Б.В.Курчатова – 1949 г.	95
Проездной билет Б.В.Курчатова № 73 (27.01.50)	95
Удостоверение лауреата Государственной премии СССР № 1099	
Б.В.Курчатова – 1953 г.	95
Поздравительное письмо И.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 28.12.54 г. по случаю награждения орденом Ленина	96
Поздравительное письмо И.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 22.09.56 г. по случаю награждения орденом Трудового Красного Знамени	97
Диплом лауреата Ленинской премии – 1959 г.	98
Удостоверение № 0478 лауреата Ленинской премии	
Б.В.Курчатова 14.05.59 г.	98
Авторское свидетельство №27786 Б.В.Курчатова. 1961 г.	99
Авторское свидетельство №36432 Б.В.Курчатова. 1967 г.	100
Приказ А.П.Александрова № 1045 от 03.08.65 г. о вынесении благодарности и премировании Б.В.Курчатова в связи с 60-летием	102
Памятная грамота “Ф-1” Курчатову Б.В. 1971 г.	104
Памятная медаль “25 лет ИАЭ”. 1968 г.	105
Из материалов, связанных с выдвижением Б.В.Курчатова кандидатом в члены-корреспонденты АН СССР:	
Характеристика доктора химических наук	
Б.В.Курчатова – октябрь 1970 г.	106
Отзыв о научных трудах доктора химических наук, профессора	
Курчатова Бориса Васильевича – октябрь 1970 г.	108
Сведения о премировании и благодарностях Б.В.Курчатова	112
Награды Б.В.Курчатова	114
Некролог о смерти Б.В.Курчатова (газета Правда)	115
Некролог о смерти Б.В.Курчатова (от ИАЭ)	117

Эпистолярные страницы

Из писем Курчатовых (1941-1942)	118
М.В.Курчатова – Б.В. и М.Д. Курчатовым от 22.08.41	119
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 23.08.41	119
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 26.08.41	120
Телеграмма от 27.08.41	120
М.В.Курчатова – Б.В. и М.Д. Курчатовым после 28.08.41	121
Телеграмма – “–” – от 30.08.41	121
Телеграмма – “–” – от 06.09.41	121
Б.В.Курчатова – И.В.Курчатову от 02.09.41	122
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 08.09.41	122
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 09.09.41	123

М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 10.09.41	123
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 14.09.41	123
Иоффе – Кобеко (телеграмма) от 14.09.41	124
Соминский – Жигулеву (телеграмма) сентябрь 1941	124
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 16.09.41	124
И.В.Курчатов – Б.В.Курчатову от 19.09.41	125
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 20.09.41	125
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (письмо) от 21.09.41	125
Б.В.Курчатов – И.В.Курчатову от 21.09.41	126
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 26.09.41	127
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 26.09.41	127
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 27.09.41	127
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 27.09.41	128
М.В.Курчатова – Б.В. и М.Д. Курчатовым от 29.09.41	128
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 03.10.41	129
И.В.Курчатов – Б.В.Курчатову от 04.10.41	129
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 06.10.41	129
М.В.Курчатова – Б.В. и М.Д. Курчатовым от 08.10.41	129
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 11.10.41	130
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 13.10.41	131
Б.В.Курчатов – И.В.Курчатову от 17.10.41	132
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 20.10.41	132
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 24.10.41	133
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 24.10.41	133
Шмидт – Федосееву (телеграмма) от ? .10.41	135
Соминский – Федосееву (телеграмма) от ? .10.41	135
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 29.10.41	136
М.В.Курчатова-Б.В. и М.Д. Курчатовым от 08.11.41	137
М.В.Курчатова – Б.В. и М.Д. Курчатовым от 28.11.41	138
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову ноябрь-декабрь 1941 г.	140
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 18.12.41	140
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 28.12.41	140
Хмелинина – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 08.03.42	140
Хмелинина – Б.В.Курчатову от 09.03.42	141
М.В.Курчатова – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 11.03.42	142
Хмелинина – Б.В.Курчатову от 11.03.42	142
Хмелинина – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 16.03.42	142
Хмелинина – Б.В.Курчатову (телеграмма) от 25.03.42	143
М.В.Курчатова – И.В., Б.В. и М.Д. Курчатовым от 27.03.42	143
М.В.Курчатова – И.В., Б.В. и М.Д. Курчатовым апрель 1942 г.	144
М.В.Курчатова – И.В., Б.В. и М.Д. Курчатовым апрель 1942 г.	144

Главврач эвакогоспиталя-А.К.Июффе от 12.04.42	145
Хмелинина – И.В., Б.В. и М.Д. Курчатовым от 12.04.42	146
Хмелинина – И.В., Б.В. и М.Д. Курчатовым от 12.04.42	147
Врач эвакогоспиталя Б.В.Курчатову от 15.04.42	147

Из писем родных-уральцев, друзей и товарищей (1942-1971)

Н.Сатрапинская – Б.В.Курчатову от 23.09.42	148
Н.И.Курчатов – Б.В.Курчатову от 07.04.60	150
М.И.Луценко – Н.В.Поройкову от 24.03.60	155
А.С.Клименко – Б.В.Курчатову от 11.04.60	157
А.С.Клименко – Б.В.Курчатову (начало ноября 60г.)	158
М.И.Луценко-Б.В.Курчатову от 05.06.60	159
З.И.Куренкова – Б.В.Курчатову от 26.01.62	161
З.И.Куренкова – Б.В.Курчатову от 23.02.63	164
<i>П.Н.Остроумова.</i> Курчатовы на отдыхе в Дюртюлях	168
М.И.Луценко – Б.В.Курчатову от 24.12.66	169
Г.С.Титов и П.Т.Асташенков – Б.В.Курчатову, от 29.04.68	170
А.Н.Васильев – Б.В.Курчатову от 17.09.68	170
Б.В.Курчатов – А.Н.Васильеву (сентябрь 1968)	171
А.Н.Васильев – Б.В.Курчатову от 02.10.68	172
Б.В.Курчатов – А.Н.Васильеву после 02.10.68	174
А.Н.Васильев – Б.В.Курчатову от 28.12.68	174
М.И.Луценко – Б.В.Курчатову от 23.04.69	175
З.И.Куренкова – Б.В.Курчатову от 12.09.69	176
Г.Н.Флеров – Б.В.Курчатову декабрь 1971 г.	180

Из писем по увековечению памяти И.В.Курчатова

Ю.А.Забусов – Б.В.Курчатову от 12.07.62	181
Г.С.Еремушкин – Б.В.Курчатову от 04.12.62	182
Б.В.Курчатов – Г.С.Еремушкину до 15.12.62	182
Л.Г.Решетов – Б.В.Курчатову от 05.11.62	183
Л.Г.Решетов – Б.В.Курчатову от 13.01.63	184
Л.Г.Решетов – Б.В.Курчатову от 02.11.63	185
Б.В.Курчатов – Л.Г.Решетову	187
Б.В.Курчатов – в среднюю школу № 61	187
К.С.Ахмедов – Б.В.Курчатову	188
Средняя школа № 61 – Б.В.Курчатову	189
Средняя школа № 61 – ИАЭ	190
Б.В.Курчатов – в среднюю школу № 61	191
П.Н.Поспелов – Б.В.Курчатову от 21.12.67	192
Б.В.Курчатов – в газету “Ульяновская правда” март 1967 г.	192

Лидия Никитична – Б.В.Курчатову от 23.04.68	193
В.Невский – Б.В.Курчатову от 03.04.69	194
Б.В.Курчатов, М.Д.Курчатова – руководству БАЭС после 03.04.69	194
М.Н.Парфенов – Б.В.Курчатову от 24.10.69	195
И.В.Шадрина – Б.В.Курчатову от 29.12.71	196
<i>Б.В. и М.Д. Курчатовы. Об И.В.Курчатове</i> (краткие биографические сведения)	197
<i>Б.В.Курчатов. Заметки о брате</i>	201

ГЛАВА II.

Воспоминания о Б.В.Курчатове

<i>Н.П.Руденко.</i> Первый научный руководитель РХЛ	205
<i>К.Н.Мухин.</i> О роли Б.В.Курчатова в открытии изомерного состояния радиоактивного брома	210
<i>Ю.В.Сивинцев.</i> Несколько эпизодов из встреч с Б.В.Курчатовым	219
<i>Е.Н.Лосовская.</i> Это было недавно	228
<i>Р.М.Полевой.</i> “Бэ Вэ” был воплощением порядочности	235
<i>М.Я.Кузнецова.</i> Борис Васильевич Курчатов в Дубне	243
<i>В.А.Пчелин.</i> О Борисе Васильевиче – учителе нашем, – поклонов не бившего, да по-христиански жившего	248
<i>Д.С.Горбенко-Гермаков.</i> Слово о Борисе Васильевиче Курчатове	254
<i>А.Е.Колотилин.</i> На редкость талантливый Ученый и Человек	261
<i>А.Г.Зеленков.</i> Об исследованиях ученых ИАЭ им. И.В.Курчатова по проблеме радиоактивного загрязнения биосферы продуктами ядерных взрывов (1952-1967)	263
<i>В.М.Талызин.</i> Б.В.Курчатов и импульсный графитовый реактор	272
<i>В.А.Сысоев.</i> Многое, что мы внедряли, было сделано под руководством Б.В.Курчатова	275
<i>В.М.Шубко.</i> “Картинки” из жизни Б.В.	277
<i>В.Н.Косяков.</i> Мудрый, скромный, смелый Б.В.	283
<i>Н.Ф.Симонов.</i> О единственной встрече с Б.В.Курчатовым, оставившей неизгладимый след в моей жизни	287
<i>Л.С.Данченко.</i> О Борисе Васильевиче Курчатове	289
<i>А.К.Гуськова.</i> Б.В.Курчатов. Штрихи к портрету	297
<i>К.Н.Мухин.</i> Борис Васильевич в семейной обстановке	300
<i>М.Д.Козлова, А.Б.Малинин.</i> О Людмиле Никифоровне Курчатовой	324
<i>Р.В.Кузнецова.</i> Памяти Людмилы Никифоровны Курчатовой	328

ГЛАВА III.

Из научного наследия (1929–1972)

Вместо введения.

С.А.Баранов, А.Р.Стриганов, П.М.Чулков.

К 70-летию со дня рождения Б.В.Курчатова.

(из ж. "Атомная энергия". Т.39. Вып.1, 1975, июль. С.39-41) 341

Часть I

Научные статьи, доклады и отчеты Б.В. Курчатова

Принцип подобия в электропроводности твердых диэлектриков. 1929 г. ...	346
Пробой каменной соли при растворении её поверхности. 1930 г.	361
Спонтанная ориентация и гистерезис в некоторых изоморфных кристаллах сегнетовой и аммонийно-сегнетовой солей. 1931 г.	372
Внутренний фотоэффект в полупроводниках. 1931 г.	382
Электрические свойства кристаллов сегнетовой соли ... 1932 г.	403
Электрические свойства изоморфных кристаллов $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	411
Нижняя точка Кюри в сегнетоэлектриках. 1932 г.	425
Электронный микроскоп. 1933 г.	436
Электрические свойства изоморфных смесей сегнетовой соли. 1934 г.	449
Эффект Ферми в алюминии. 1934 г.	457
Новые типы выпрямителей. 1938 г.	460
Исследование сорбционной очистки двуокисью марганца ... 1949 г.	465
Экстракция комплексов плутония-239 ... 1950 г.	487
Сверхтонкая структура и спин урана-233. 1953 г.	493
Определение механического момента ядра плутония-239. 1953 г.	498
Электронно-импульсная плоская камера ... 1953 г.	501
Сечение деления Pu^{239} на монохроматических нейтронах ... 1953 г.	507
Счетчик для абсолютного счета ионизирующих частиц. 1953 г.	516
О получении соединений плутония ... 1955 г.	522
Сульфитный метод выделения плутония и нептуния. 1955 г.	558
Исследование содержания в атмосфере Sr^{90} ... 1956 г.	564
Стронций-90 в биосфере. 1957 г.	569
Замечания к главе XI книги Э.Теллера и Леттера. 1958 г.	576
Замечания к главе XII книги Э.Теллера и Леттера. 1958 г.	579
Вторичные ядерные реакции на висмуте и свинце при бомбардировке протонами высоких энергий. 1958 г.	581
Измерение бета-активных препаратов с активностью $5 \cdot 10^{-13}$ кюри. 1959 г.	594
Выпадения долгоживущих продуктов деления на территории СССР в 1959 - 1960 гг.. 1961г.	603

Получение концентрированных препаратов Cf^{249} и Bf^{82} методом ядер отдачи при облучении в нейтронных полях высокой плотности. 1962 г. ...	611
Изготовление тепловыделяющих элементов из графита ... 1967 г.	623
Химико-технологические проблемы создания однородных уран-графитовых блоков. 1967 г.	625
Ассиметрия фотоделения U^{238} вблизи порога. 1968 г.	627
Изучение массового распределения осколков (радиохимическими методами) при делении Cf^{249} медленными нейтронами. 1970 г.	637
Массовое распределение продуктов деления Cf^{249} медленными нейтронами. 1971 г.	639
Из истории института. Первый плутоний в СССР.	649

Часть II

Научно-организационная деятельность

Список диссертантов, подготовленных Б. В. Курчатовым	655
План научно-исследовательской работы группы Б. В. Курчатова на 1960 г.	656
Темы докладов на III Женевскую конференцию	657
[Отчет] – прикладная радиохимия	661
[Отчет] – ядерная химия	663
Письмо о повышении окладов сотрудникам сектора-3	665
Замечания по проекту инструкции “Методы отбора проб для определения загрязнения продовольствия”	666
Основные направления в работах Б. В. Курчатова по делению ядер	668
[Отчет] о работах сектора № 3 ООЯФ за период 1966–1971 гг.	669
Приглашение на 150-летие Казанского университета	671
Программа для участия в работе сессии отделения химических наук 2-5 июля 1955 г. с докладами	672
Приглашение на научно-техническую конференцию в Институт биофизики	675
Письма из Крыма	676
Б. В. Курчатов от 18.07.65 г. – к Пчелину В. А.	677
–”– от 31.07.65 г. – –”–	679
–”– от 03.08.65 г. – –”–	681
–”– от 25.08.65 г. – –”–	683
–”– от 12.09.65 г. – (химикам сектора)	685
–”– от 14.08.64 г. – Чулкову П. М.	687
–”– от 14.08.64 г. – Чулкову П. М.	689
Письмо Савиной – Б. В. Курчатову от 19.03.70 г.	690
Письмо Савиной – Б. В. Курчатову от 27.03.70 г.	692
Письмо Шубко – Б. В. Курчатову от 01.09.67 г.	694

Письмо Мехедова – Б.В.Курчатову от 22.10.69 г.	696
Письмо Мехедова – Б.В.Курчатову от 31.10.69 г.	699
Письмо Мехедова – Б.В.Курчатову от 12.11.69 г.	702
<i>В.А.Пчелин.</i> Об одной работе в секторе Б.В.Курчатова по исследованию природы α и β активности.	704
Письмо Б.В.Курчатова неизвестному корреспонденту Михаилу Матвеевичу 1968-1970 	708
Б.В.Курчатов:	
Приветствие И.Е.Старику 1962 	709
Приветствие З.В.Ершовой 1964 	711
Приветствие А.П.Виноградову 1965 	712
Письмо Тучкевича Б.В.Курчатову 1968 	713
Письмо Б.В.Курчатова в РИАН 1972 	714
Вехи жизни и деятельности Б.В.Курчатова	717
Указатель опубликованных трудов Б.В.Курчатова	728
Указатель опубликованных трудов Л.Н.Курчатовой	741

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

В августе 2005 г. исполняется сто лет со дня рождения Бориса Васильевича Курчатова, талантливого ученого-радиохимика – младшего из братьев Курчатовых, чья жизнь и творчество были связаны с Курчатовским институтом, с жизнью и деятельностью великого Игоря Васильевича.

Прошло 33 года после смерти Бориса Васильевича. Но его научное наследие до сих пор не обобщено и не изучено. За это время не появилось ни одной книги, ему посвященной. Между тем, Борис Васильевич Курчатов многое сделал для прогресса тех областей знания, которыми занимался. Это и физика твердого тела, где его имя еще с тридцатых годов прошлого века находится в ряду авторов открытия сегнетоэлектриков, создателей новых типов выпрямителей тока. Это и физика атомного ядра, где ему было суждено также стать соавтором одного из крупнейших открытий в истории довоенной ядерной физики – открытия явления ядерной изомерии брома. Это и опыты по выделению и изучению плутония (первых в Советском Союзе микроколичеств), послужившие основой для создания в стране процесса промышленного его извлечения. Без этих работ Б.В. Курчатова невозможным было бы создание в СССР ядерного оружия. Это его дальнейшие работы в области ядерной химии в 1950-е гг. и т.д. Заслуживает большого уважения и его деятельность по выращиванию и воспитанию специалистов-радиохимиков.

Предлагаемая книга имеет целью лишь отчасти восполнить этот пробел и на основе помещенных в ней архивных материалов дать возможность составить некоторое представление о биографии Бориса Васильевича Курчатова, его разнообразной научной и научно-организационной деятельности. В основе книги – подлинные архивные документы: письма Бориса Васильевича и письма к нему, его статьи и записки, научные труды и доклады, воспоминания родных и коллег, удостоверения, служебные характеристики, дипломы, уникальные фотографии...

Книга состоит из трех глав, предисловия и приложений.

В первой главе “Материалы к биографии Б.В.Курчатова: личные документы, воспоминания, письма” представлены, главным образом, архивные материалы из рукописных фондов Российского научного центра “Курчатовский институт” (РНЦ “КИ”), мемориального Дома-музея академика И.В.Курчатова, Физико-технического института имени академика А.Ф.Иоффе (бывшего ЛФТИ), из личных коллекций документов как самого Б.В.Курчатова, так и его сотрудников, учеников, родственников. Это никогда не публиковавшиеся автобиографические материалы: автобиографии и жизнеописание Б.В.Курчатова (разных лет), выдержки из его записных книжек, тетрадей, писем, воспоминания друзей юности, официальные документы, касающиеся его научной деятельности, наградные документы и др., а также его записки о брате, увековечении его памяти. В ней публикуются также письма матери Марии Васильевны к Борису Васильевичу в 1941-1942 гг. из блокадного Ленинграда в Казань, письма его и Игоря Васильевича друг другу, друзей, товарищей по университету, уральской родни.

Во второй главе “Воспоминания о Б.В.Курчатове” впервые публикуются воспоминания, специально написанные по просьбе автора-составителя для этой книги соратниками и учениками Б.В. В них отражены деловые качества Б.В.Курчатова, его черты характера. В некоторых — рассказано о коротких встречах, оставивших яркое впечатление на всю жизнь. Авторы рассказывают о Б.В. на фоне совместных с ним дел, или тех, которые они выполняли под его руководством. Поэтому все рассказы достоверны, как исходящие от “первоисточника”, и авторы правдиво изображают характер своего научного руководителя.

Третья глава открывается очерком С.А.Баранова, А.Р.Стриганова, П.М.Чулкова, опубликованном в год семидесятилетнего юбилея Б.В.Курчатова, в котором бывшие сотрудники сектора Б.В. подробно и профессионально анализируют его главные научные, труды.

Ее первая часть “Из научного наследия...” знакомит читателей с избранными научными трудами Б.В.Курчатова, сохранившимися в архивных фондах: его ранними работами, изложенными в статьях и докладах 1930-х гг., — периода его деятельности в ЛФТИ, рассекреченными отчетами 1940-1950-х гг., статьями и докладами, опубликованными в научных журналах и научно-популярных изданиях.

Вторая часть этой главы представлена документами, отражающими научно-организационную деятельность Б.В.Курчатова. Они сохранились в виде рукописей, черновиков, копий и оттисков официальных документов в его

личном архиве. Некоторые попали к нему благодаря переписке с учениками, которую он вел постоянно, даже когда находился в отпуске или болел. Многие из них – это автографы Б.В. – его заметки, наброски, выписки, тезисы, конспекты, библиографические списки и др. материалы, связанные с его научным творчеством: планы – текущие и перспективные, программы работ, отчеты, перечни докладов, списки трудов и т.п. и переписка ученого с сотрудниками по проблемам руководимого им коллектива.

Расположение документов и материалов во всех главах книги подчинено по возможности хронологии от начала событий.

Материалы подготовлены к печати согласно правилам публикации. Заголовки к отдельным документам сохранены и не оговариваются, условные заголовки даны в квадратных скобках. Очевидные описки исправлены без оговорок; сокращения, особенно частые в черновых записях, восполняются без квадратных скобок, которые использованы только в случаях нечетко написанного или поврежденного текста и датирования документов. Некоторые материалы из научного наследия, не имеющие даты написания, датируются предположительно.

В письмах полное написание адреса одного и того же корреспондента приводится только в первой записи.

Ссылки и комментарии по тексту даются в подстрочных примечаниях, обозначенные цифрой. Публикация осуществляется на основе правил современной орфографии.

В конце публикуемых документов даются их архивные адреса.

Архивные материалы выявлены Р.В.Кузнецовой в архивных фондах и коллекциях Российского научного центра “Курчатовский институт”, Ленинградского физико-технического института имени А.Ф.Иоффе, мемориального Дома-музея академика И.В.Курчатова, личном архиве Б.В.Курчатова; Н.В.Селезневой – в секретном фонде архива РНЦ. Отобраны для публикации: Ю.П.Донцовым, В.Н.Косяковым, Р.В.Кузнецовой, Б.А.Обиняковым, Р.М.Полевым, В.А.Пчелиным, Н.В.Селезневой, И.К.Швецовым, В.М.Шубко.

Копирование, печатание и сверка текстов документов произведены Т.Ю.Грамматикати и Т.А.Чуняевой. Археографическая подготовка текстов к публикации осуществлена Р.В.Кузнецовой. Установление наименований и выходных данных, опубликованных научных статей Б.В.Курчатова, проведено Т.Ю.Грамматикати и Р.В.Кузнецовой. Научный комментарий к письмам Б.В.Курчатова к сотрудникам сектора-3 из Крыма и к письмам В.Н.Мехедова к Б.В.Курчатову о проблеме “Тунгусского метеорита” выполнен В.А.Пчелиным. Примечания и комментарии ко всем другим текстам – Р.В.Кузнецовой.

“Вехи жизни и деятельности” и “Список опубликованных трудов Б. В. Курчатова” разработаны Р. В. Кузнецовой и Т. Ю. Грамматикати.

Компьютерная подготовка иллюстраций – фотографий из архивных коллекций братьев И. В. и Б. В. Курчатовых и фото музейных экспонатов на цветной вкладке к книге осуществлены Н. Н. Кузнецовым.

Содержание книги дополняют фотографии из семейных собраний Курчатовых, их родных, из коллекций курчатовцев. Хронологический принцип их расположения “с привязкой” к тексту, как бы дополняют содержание. Авторами отдельных фотографий являются братья Курчатовы. Многие фото публикуются впервые.

На цветной вкладке помещены фотографии некоторых личных вещей и предметов, принадлежавших Б. В. Курчатову и находившихся в его домашнем кабинете.

Научно-справочный аппарат сборника состоит из предисловия, кратких биографических сведений об авторах воспоминаний и писем, о лицах, упомянутых в документах. В постраничных примечаниях даются также необходимые комментарии по тексту и пояснения к документам.

Члены редколлегии считают своим приятным долгом выразить глубокую признательность Президенту Российского научного центра “Курчатовский институт”, академику РАН Е. П. Велихову, председателю Межведомственного совета по радиохимии при Президиуме РАН и Федеральном агентстве по атомной энергии, академику Б. Ф. Мясоедову за подготовку вступительных статей, руководству Центра, изыскавшему средства для издания книги и особенно – И. Н. Полякову, а также – Н. Д. Бондареву, А. Ю. Гагаринскому, С. Н. Множину, Е. П. Рязанцеву, В. А. Сидоренко, Н. С. Хлопкину, Б. Б. Чайванову, Н. А. Черноплекову, Ученому секретарю Центра Л. Л. Соколовскому и всем работающим и не работающим ветеранам-курчатовцам, сотрудникам сектора Б. В. Курчатова за моральную поддержку, доброжелательные, полезные обсуждения и ценные советы, высказанные при обсуждении идеи и проекта издания.

Надеемся, что книга создаст некоторое представление о замечательной и незаурядной личности Бориса Васильевича Курчатова.

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ И ОБАЯТЕЛЬНЫЙ ЧЕЛОВЕК

3 августа 2005 г. исполнилось 100 лет Борису Васильевичу Курчатову — талантливому ученому, одному из основателей отечественной радиохимии.

Борис Васильевич — младший из двух братьев Курчатовых — внес большой вклад в решение химических проблем атомной промышленности нашей страны.

Влюбленность в исследовательскую работу привела Бориса Васильевича после окончания Казанского Университета в Ленинградский Физико-технический институт, которым руководил А.Ф.Иоффе и где уже работал его брат Игорь Васильевич. 1928-1941 гг. относятся к ленинградскому периоду жизни и научной деятельности Б.В.Курчатова. Он начал работу в должности инженера первого разряда, пройдя ступени от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией.

Первые научные публикации Б.В.Курчатова появились в конце 20-х годов и были посвящены физике диэлектриков и полупроводников. В 1932 г. Б.В.Курчатов исследовал диэлектрическую поляризацию изоморфных смесей сегнетовой соли. Оказалось, что подобно изменению магнитной проницаемости при повышении температуры (в точке Кюри) у сегнетоэлектриков есть некоторая температура, при которой резко меняется диэлектрическая проницаемость, своеобразная точка Кюри. Братья Курчатовы и П.П. Кобеко открыли новый класс веществ, обладающих подобными свойствами, которые Игорь Васильевич назвал сегнетоэлектриками. Тогда же И.В.Курчатовым была заложена основа новой области науки — учение о сегнетоэлектричестве.

В эти годы Б.В.Курчатов исследовал полупроводники в поисках новых твердых выпрямителей. Ему удалось создать новый тип выпрямителя — сульфидный,

допускающий работу с существенно большей плотностью тока по сравнению с выпрямителями того времени. А.Ф.Иоффе писал в газете “Известия” от 25 марта 1940 г.: “Б.В.Курчатов использует наши теоретические представления для разработки новых более совершенных типов выпрямителей. Один из них – выпрямитель из сернистой меди. Заключенный в алюминиевый цилиндр диаметром в 2 сантиметра, он выпрямляет токи до 150 ампер при напряжениях до 12 вольт. По сравнению с медно-закисными выпрямителями плотность тока здесь повышена в 200 раз... Аналогичные выпрямители появились недавно и в США, но они значительно хуже выпрямителей Курчатова”.

Б.В.Курчатов открыл и изучил основные типы температурных зависимостей электропроводности полупроводников. Были выполнены работы по изучению зависимости свойств полупроводников от концентрации примесей. Работы по электропроводности закиси меди в зависимости от стехиометрического состава вошли во все монографии.

После открытия в 1934 г. искусственной радиоактивности, не оставляя своих прежних работ, Б.В.Курчатов активно участвует в работах физического отдела своего брата. Впервые был обнаружен третий радиоактивный изотоп брома. Борис Васильевич впервые в нашей стране провел сложные исследования, применив химические методы определения активного изотопа. В результате последовало открытие ядерной изомерии брома, сделанное братьями Курчатовыми вместе с Л.В.Мысовским и Л.И.Русиновым, открытие, ставшее одним из наиболее крупных достижений советской ядерной физики в довоенный период.

Дальнейшие научные исследования прервала Великая Отечественная война. В начале августа 1941 г. вместе с Физико-техническим институтом в Казань эвакуировался и Борис Васильевич. Здесь до весны 1943 г. непрерывно по 12-14 ч в сутки он работал над исследованиями, которые можно было быстро внедрить в оборонную промышленность.

В мае 1943 г. Б.В.Курчатов был отозван в Москву. В Лаборатории № 2 АН СССР разворачивались работы под руководством И.В.Курчатова. Борис Васильевич сразу же включился в решение научной проблемы государственной важности – он начал свои первые опыты по выделению плутония.

Б.В.Курчатов начал с получения индикаторных количеств заурановых элементов и изучения их химических свойств. Сначала был получен и изучен 93-й элемент, выделенный из слабо облученных соединений урана. Борис Васильевич подтвердил сходство этого элемента (низшей валентности) с цериевой группой редких земель. Для выделения 94-го элемента требовалась значительно увеличенная доза нейтронного облучения. Располагая

лишь радий-бериллиевым источником, Борис Васильевич в течение почти трех месяцев непрерывно облучал колбу с гидратом окиси-закиси урана, поместив ее и источник в бочку с водой. В октябре 1944 г. сотрудники Б.В.Курчатова начали химическую переработку облученного материала. Выделенный препарат оказался α -активным. Измерения показали, что он содержит 10^{12} атомов элемента 94 с атомным весом 239. Это был первый полученный в нашей стране плутоний-239.

В 1944 г. в Лаборатории № 2 был пущен циклотрон. С того момента и до сентября 1946 г. Б.В.Курчатов с сотрудниками химически перерабатывал облученный на нем уранилнитрат и выделил несколько сотых микрограмма плутония. Это было уже ощутимое количество. На нескольких килограммах облученного материала при ничтожнейшей концентрации накопившихся продуктов ядерной реакции был исследован и опробован метод соосаждения, и из массы исходного материала выделен образовавшийся плутоний. В 1947 г. после облучения урана и накопления плутония в уран-графитовом реакторе удалось получить первый видимый под микроскопом королек плутония. Он весил около 20 мкг.

Выделив и изучив плутоний, опробовав на ничтожнейшем количестве главные звенья радиохимической технологии его получения, Б.В.Курчатов с сотрудниками внесли значительный вклад в решение урановой проблемы.

Превращения сложных ядер под действием частиц высокой энергии было новой областью ядерной химии, в которой Б.В.Курчатов добился больших успехов. Работая на синхроциклотроне в Дубне, он вместе с сотрудниками сектора открывает новые явления, характерные для химии ядерных превращений при высокой энергии возбуждения.

С 1946 до 1951 г. одновременно с работой в Лаборатории № 2 Борис Васильевич заведовал радиохимической лабораторией в НИИЯФ МГУ (в те годы НИФИ-2). Много сил отдал он организации этой новой лаборатории и подготовке специалистов по радиохимии.

Ценным вкладом в науку и практическую деятельность явились работы по изучению загрязненности биосферы Земли продуктами ядерных взрывов. Совместно с сотрудниками Б.В.Курчатов разработал радиохимические методы выделения большого числа радиоактивных продуктов. Впервые были созданы высокочувствительные установки для измерения интенсивности и спектров β и γ -излучения. Были установлены важные закономерности распространения продуктов взрывов в земной коре, получены выводы о среднем возрасте выпадающей осколочной активности. Велись работы и по изучению закономерностей глобальных выпадений продуктов взрывов. Полученные

данные вошли в доклад НКДАР ООН и послужили научным обоснованием предложений Советского правительства о запрещении ядерных испытаний.

В последние годы Борис Васильевич исследовал деление тяжелых ядер. С использованием радиохимических методов были изучены закономерности как симметричного, так и асимметричного деления в зависимости от заряда и массы делящегося ядра.

13 апреля 1972 г. Бориса Васильевича не стало. Он многое успел за свою жизнь. И Родина высоко оценила его труд: он лауреат Ленинской и дважды лауреат Государственной премий СССР, награжден орденом Ленина, пятью орденами Трудового Красного Знамени.

Борис Васильевич был не только братом, но и настоящим другом и ближайшим сотрудником Игоря Васильевича Курчатова. Их объединяло большое внутреннее сходство. Искренняя родственная дружба, тесное творческое сотрудничество привели к выдающимся результатам их научных исследований.

Борис Васильевич был беспредельно увлечен наукой, жил ею, его отличала принципиальность и требовательность и к себе, и к окружающим его сотрудникам, многие из которых с гордостью считают себя его учениками. Работоспособность Бориса Васильевича была удивительной. Он часто прихварывал, но и в трудные моменты любил встречаться с товарищами по работе, обсуждал возникшие проблемы, не считаясь со своим личным временем, которого ему всегда не хватало, был бескорыстен в своей помощи, никогда не претендовал на соавторство. От природы он был интеллигентом. Деликатный, скромный и доброжелательный, делал все без шума и громких слов, не гнался за славой, не пользовался положением, не выдвигал себя вперед. Товарищи многому учились у него. Руководимый им сектор был одним из лучших в институте, а сам он — одним из ведущих ученых ИАЭ им. И. В. Курчатова.

*Президент Российского Научного Центра
“Курчатовский институт”, академик*

Е. П. Велихов

100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА БОРИСА ВАСИЛЬЕВИЧА КУРЧАТОВА

В 2005 г. исполняется 100 лет со дня рождения профессора Бориса Васильевича Курчатова – выдающегося российского радиохимика, который внес огромный вклад в развитие отечественной науки и который занимает достойное место в золотой плеяде отечественных радиохимиков наряду с В.Г.Хлопиным, И.Е.Стариком, Б.П.Никольским и другими. Он был братом известного академика, руководителя отечественного атомного проекта Игоря Васильевича Курчатова. Об Игоре Васильевиче написано много научных статей, книг, воспоминаний, тогда как о жизни и о вкладе, который сделал в развитие отечественной науки его брат – Борис Васильевич, известно гораздо меньше.

По своему образованию Борис Васильевич был больше физиком, чем химиком. В 1923 г. он поступил на химическое отделение физико-математического факультета Таврического университета в г. Симферополе. В связи с его закрытием был переведен в 1924 г. на химический факультет Казанского университета, который закончил в 1927 г.

В первые годы научной деятельности Борис Васильевич тесным образом был связан с работой Игоря Васильевича в Ленинградском физико-техническом институте Академии Наук СССР. С мая 1943 г. до конца своей жизни Борис Васильевич работал в Лаборатории № 2, или Лаборатории измерительных приборов Академии Наук СССР – Институте атомной энергии.

Борис Васильевич фактически первым из отечественных радиохимиков еще в предвоенное время начинал работы по изучению искусственной радиоактивности. Многие из этих работ проводились совместно с сотрудниками Радиевого института. В частности, в 1935 г. совместно с И.В.Курчатовым, Л.В.Мысовским и Л.И.Русиновым он участвовал в исследованиях, которые привели к открытию нового явления в области физики атомного ядра – ядерной изомерии.

С его именем связаны работы по получению микрограммовых, а затем и весовых количеств плутония, исследованию его химических и физических свойств. Их выполнение в то время являлось сложной и трудной задачей, ибо о свойствах этого элемента ничего не было известно, а все то, что делалось за рубежом, было засекречено. Борис Васильевич позднее проводил важные работы, связанные с изучением элементов вплоть до калифорния, следующих за плутонием.

Мне посчастливилось несколько лет проработать вместе с Борисом Васильевичем Курчатовым. История состояла в следующем. В 1954 г. директор Института геохимии и аналитической химии имени В.И.Вернадского АН СССР, в будущем академик Александр Павлович Виноградов, по просьбе Игоря Васильевича Курчатова командировал группу молодых химиков в Лабораторию измерительных приборов АН СССР, ныне Российский научный центр “Курчатовский институт” для участия в начинающихся тогда работах по синтезу новых сверхтяжелых элементов конца периодической таблицы Д.И.Менделеева. В группе этих химиков был и я. Работы были поставлены по инициативе Георгия Николаевича Флерова, выдающегося физика нашей страны, который руководил ими и вел их до конца своей жизни.

В Лаборатории измерительных приборов в секторе Г.Н.Флерова мы также по просьбе И.В.Курчатова включились и в эксперименты Бориса Васильевича. Нужно сказать, что в конце шестидесятых годов Б.В.Курчатов фактически первым в нашей стране изучал поведение радионуклидов в объектах окружающей среды. Как известно, в те годы активно проводились испытания ядерного и термоядерного оружия и большие количества плутония, а также продуктов его деления, были выброшены в атмосферу и, соответственно, загрязнили окружающую среду, в особенности поверхность северного полушария нашей Земли. Под руководством Бориса Васильевича Курчатова был организован и выполнен огромный цикл исследований, связанных с определением абсолютных количеств радионуклидов и форм их существования в природных водах, почвах, растительности и продуктах питания. Полученные им и его сотрудниками результаты докладывались в Комиссии по радиологической защите ООН и послужили основой для разработки и в последствии принятия Международного договора о запрещении ядерных испытаний в атмосфере.

Борис Васильевич Курчатов вместе с его сотрудниками с 1949 г. работал еще над одним фундаментальным направлением, связанным с историей возникновения химических элементов. Под его руководством проводились исследования ядерных реакций деления и расщепления при высоких энергиях бомбардирующих протонов, ускоренных на циклотроне в г. Дубне.

Аналогичные работы проводились и сотрудниками ГЕОХИ под руководством профессора Августы Константиновны Лаврухиной. Результаты их работ были представлены на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии директором нашего института академиком А.П. Виноградовым и вызвали огромный интерес в мире науки.

За годы научной деятельности Борис Васильевич вместе с сотрудниками опубликовал большое число научных работ, связанных с самыми актуальными проблемами радиохимии. Он был членом редколлегии журнала “Радиохимия”, издающегося до настоящего времени. Отмечая его вклад в развитие отечественной науки, правительство высоко оценило его достижения. Борис Васильевич был лауреатом Ленинской, и дважды – Государственной премии. Память о Борисе Васильевиче Курчатове, о его основополагающих научных результатах в области радиохимии, прежде всего связанных с изучением свойств, неизвестных (человеком синтезированных элементов), расположенных в Периодической таблице Д.И. Менделеева за ураном, и поведения техногенных радионуклидов в биосфере, навсегда останется в истории науки.

Председатель Межведомственного совета по радиохимии при Президиуме РАН и Федеральном агентстве по атомной энергии, академик

Б. Ф. Мясоедов

НЕПОВТОРИМЫЕ ЧЕРТЫ ТАЛАНТА. БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ КУРЧАТОВ

(Биографический очерк)

*Р. В. Кузнецова**

Борис Васильевич прожил 66 лет, 43 из них отдал исследовательской работе. Его труды, воспоминания современников, архивные документы воссоздают образ ученого труженника и обаятельного человека.

Первые шаги были сделаны им на земле древнего Урала. Родился 3 августа 1905 г. в семье помощника лесничего Курчатова Василия Алексеевича и его жены Марии Васильевны Курчатовой (Остроумовой), работавшей до рождения детей помощницей учителя в Златоустовском училище. В ту пору родители жили в небольшом поселке Симский Завод с изумительной по своей красоте природой: высокие, богатые лесом горы, чистая горная речка Сим с крутыми утесами создавали живописную картину этого уголка.

В 1912 г. в Симферополе, куда переехала семья, поступил в мужскую гимназию, где шел первым учеником и которую с отличием закончил в 1922 г. Преподаватели отмечали его необыкновенные способности к естественным наукам. Друзья по гимназии вспоминают, что “Борис был не по возрасту серьезен, не по годам начитан и развит, любовью его были книги”. Особенно любил сочинения Майн Рида и Жюль Верна, которые получала семья в виде приложений к журналу “Вокруг Света”, произведения отечественных и зарубежных писателей, приносимые старшим братом из библиотеки преподавателя словесности Л. В. Жирицкого. Читал много и быстро, обладал прекрасной памятью, тонким, чутким и проницательным умом. Книги

* Раиса Васильевна Кузнецова, историк-архивист, к.и.н., директор мемориального Дома-музея академика И. В. Курчатова.

оставались его друзьями всю жизнь, он не расставался с ними даже во время болезни. Крепким здоровьем Борис Васильевич не отличался. В гимназии увлекся латынью, изучил язык так, что даже через 50 лет прекрасно помнил и цитировал. Кроме того он свободно владел английским, французским и немецким языками.

Поступив в 1923 г., в Таврический (Симферопольский) университет на физико-математический факультет, он избрал физическую химию основной специальностью, а после закрытия факультета продолжал учиться на химическом отделении Казанского государственного университета и специализировался в лаборатории профессора А.Ф.Герасимова. Здесь Б.В.Курчатов был одним из наиболее талантливых и преданных науке студентов. Сумел быстро изучить английский, французский и немецкий языки, знание которых позволяло ему свободно читать специальную литературу и очень пригодилось в жизни. В конце 1927 г. Борис Васильевич закончил университет. Профессор А.Ф.Герасимов оставлял его работать на кафедре и рекомендовал в аспирантуру. Но Б.В.Курчатов выбрал другую дорогу.

Увлеченность исследовательской работой и нежная любовь к брату Игорю, который уже два года как работал у академика А.Ф.Иоффе, привели его в ленинградскую физико-техническую лабораторию, преобразованную в 1930 г. в ленинградский физико-технический институт.

К этому времени после вынужденных разлук все Курчатovy — и родители, и дети, наконец-то собираются вместе в Ленинграде. Борис Васильевич в маленькой квартирке поселился вместе с отцом и матерью на Кировском проспекте. Семья увеличилась, когда Игорь Васильевич женился на Марине Дмитриевне Синельниковой. Жили дружно.

С момента поступления Бориса Васильевича на работу в ЛФТИ началось творческое сотрудничество двух братьев, продолжавшееся всю жизнь и еще больше роднившее их. Современники вспоминают, что внешне братья, на первый взгляд, не были похожи. “То, что было в характере, в поведении, во внешности старшего написано размашистыми мазками, у младшего было тщательно прорисовано вплоть до смешных морщинок на переносице под вздернутыми на лоб старомодными очками... В голосе можно было уловить что-то общее, хотя у Бориса Васильевича был тенор, а у Игоря Васильевича высокий баритон. Но внутренне братья были похожими, и главное сходство заключалось, конечно, в том, что оба они самоотверженно относились к науке, оставаясь ей верными до последнего удара сердца”.

Первые научные публикации Б.В.Курчатова по физике диэлектриков и полупроводников, подготовленные с братом, появились в 1929-1930 г.г.

Выполненные работы в то время относились к одному из труднейших разделов физики твердого тела и были посвящены исследованиям диэлектрической поляризации изоморфных смесей сегнетовой соли. Для этих кристаллов молодые ученые обнаружили “далеко идущий параллелизм с ферромагнетиками”. Исследования явления сегнетоэлектричества совпали по времени с появлением квантовой теории ферромагнетизма, электрическим аналогом которой и является сегнетоэлектричество. Академик А.П.Александров писал, что И.В. Курчатов, Б.В.Курчатов и П.П.Кобеко открыли новый класс веществ, обладающих свойствами, подобными ферромагнетикам. Игорь Васильевич назвал их сегнетоэлектриками. Эти вещества породили большое направление в физике твердого тела. А И.В.Курчатовым была заложена основа новой области науки — учение о сегнетоэлектричестве.

В эти годы в поисках новых выпрямителей Борис Васильевич исследовал полупроводники. Ему удалось создать новый тип выпрямителя — сульфидный выпрямитель. К сожалению, автор выдвинутой на соискание Сталинской премии работы, её не получил, но его имя тогда в научном мире было замечено. Академик А.Ф.Иоффе, рассказывая об основных проблемах физико-технического института в газете “Известия”, писал в 1940 г.: “Б.В.Курчатов использует наши теоретические представления для разработки новых, более совершенных типов выпрямителей. Один из них — выпрямитель из сернистой меди. заключенный в алюминиевый цилиндр диаметром в 2 см, он выпрямляет токи до 150 ампер при напряжении 12 вольт. По сравнению с меднозакисными выпрямителями плотность тока здесь превышена в 200 раз... Аналогичные выпрямители появились недавно в США, но они значительно хуже выпрямителей Курчатова”.

Тогда же Б.В.Курчатов открывает и изучает основные типы температурных зависимостей электропроводности полупроводников от концентрации в них примесей. Работы ученого по электропроводности закиси меди в зависимости от стехиометрического состава вошли во все монографии того времени.

Начало 1930-х гг. ознаменовалось развитием научных исследований в новой области — в ядерной физике. Не оставляя своих прежних работ, Б.В.Курчатов подключается к исследованиям по изучению ядерных реакций под действием нейтронов, ведущимся в физическом отделе брата И.В.Курчатова. Бориса Васильевича интересует химия ядерных превращений радиоактивных элементов и разработка методов их выделения. Успешность этих работ вскоре увенчалась открытием. Л.А.Арцимович, будущий академик, писал в журнале “Природа” в 1934 г.: “Б.В.Курчатову и И.В. Курчатову удалось чисто химическим путем выделить радиоактивный натрий... Метод химического

выделения радиоактивных продуктов имеет громадное значение для изучения ядерных реакций, так как он позволяет прямо обнаружить химическую природу получающегося при реакции неустойчивого элемента. Этот метод позволяет обнаружить и выделить радиоактивные осадки при целом ряде ядерных превращений”.

Впервые в стране Б.В. Курчатов провел сложные радиохимические исследования, применив химические методы определения активного изотопа. При захвате нейтронов стабильными изотопами брома было обнаружено два радиоактивных ядра — ^{80}Br , и ^{82}Br . Ранее у брома были установлены два периода β -распада 18 мин и 4,4 часа. В 1935 г. было открыто β -излучение радиоактивного брома с периодом полураспада в 36 часов. В результате Игорь Васильевич и Борис Васильевич Курчатовы вместе с Л.В. Мысовским и Л.И. Русиновым открыли ядерную изомерию брома. Это открытие было признано в ученом мире одним из наиболее крупных достижений советской ядерной физики в довоенный период.

Широкое развитие работ по радиохимии планировалось на конец 1930-х гг. Однако война, развязанная Гитлером, поломала все планы.

От военной службы Борис Васильевич по здоровью был освобожден. Сырой ленинградский климат неблагоприятно повлиял на легкие — дважды пришлось лечиться в специальном санатории. В начале августа 1941 г. он эвакуировался в Казань вместе с физико-техническим институтом, уезжал в состоянии “апатии и бессилия”. В переполненном приезжими городе жить и работать приходилось в тяжелых условиях, часто голодая. “Борис такой хороший, но удивительно не приспособленный к жизни человек”, — писала И.В. Курчатову Марина Дмитриевна 1941 г. в Севастополь. Зима наступила рано — студеная, морозная. Дров едва хватало, чтобы обогреть застывшие от холода помещения и те, где жили, и те, где трудились. Работали по 16-18 часов в сутки, часто спали в лабораториях. Не хватало оборудования, электричества, воды. Домой Борис Васильевич возвращался глубокой ночью.

Неожиданно по семье ударила смерть. Дети надеялись на выздоровление отца и ожидали приезда родителей в Казань. Но осенью 1941-го и весной 1942-го из Ленинграда пришли печальные известия о смерти родителей. Так и ушли они друг за другом: сначала отец — от болезни сердца, а потом мать, не пережившая блокаду, и по дороге к детям скончавшаяся 12 апреля от дистрофии в эвакуогоспитале в Вологде. Борис Васильевич всю жизнь сокрушался и был не доволен собой, — что у него “не хватило настойчивости и решимости остаться с отцом и матерью в Ленинграде”. Тяжело и долго боролся за жизнь Игорь Васильевич, вернувшийся в январе 1942 г. с Черного моря, и сваленный

крупозным воспалением легких. Несколько месяцев Марина Дмитриевна и Борис Васильевич выхаживали его.

Борис Васильевич и сам часто прихварывал в эту зиму. Жил он вначале в здании Казанского университета по ул. Чернышевского, где для сотрудников ЛФТИ отвели несколько комнат для лабораторий и для мастерских со складом. Тридцать пять человек (вместе с группой Б.В. Курчатова), которыми руководил в тот период Ю.П. Маслаковец (после войны профессор, доктор ф.м.н. — Р.К.), разместили в одну комнату 60 м². Однако трудности организации на новом месте, по выражению Б.В., “не слишком тормозили научную работу”. Вскоре он получил для жилья “недалеко от трамвая и базара” по улице Чехова в доме № 43/2, изолированную комнату в чистой квартире № 3. Комната была холодная и сырая, и у Б.В. снова появилась реальная опасность заболеть ревматизмом. В октябре-декабре он перенес грипп и дважды бронхит, на время болезни перебрался к Марине Дмитриевне, а, выздоровев, выходные дни проводил у нее. Вместе они читали грустные письма от мамы и бодрые — от Игоря Васильевича. Да еще иногда — стихи Лермонтова и Тютчева. Для двух книг любимых поэтов Борис Васильевич нашел место в чемодане, когда уезжали в Казань. Теперь же они помогали ему выжить.

Но миновала страшная зима. Позади остались скорби и болезни. Вся жизнь Бориса Васильевича, как и всех физтеховцев в тот период сконцентрировалась на работе для фронта, для Победы. То, что делалось в мирное время за несколько лет, теперь решалось в несколько месяцев. В 1942 г. Б.В. Курчатову и его товарищам удалось создать состав, чрезвычайно чувствительный к инфракрасному излучению. Состав фиксировал источник инфракрасных лучей мощностью порядка ватта на расстоянии 300 метров. На его основе был предложен целый ряд оптических приборов, которые обеспечивали ориентацию наших бойцов в условиях ночных танковых атак, делали возможным распознавание вражеских объектов. А.Ф. Иоффе называл эти исследования “темновидением”. Известно, что и эта его работа выдвигалась на соискание Сталинской премии. И вновь он получил только премию Академии Наук — 3000 рублей. Главное же заключалось в том, что работа Б.В. Курчатова по выполнению оборонных заданий в 1941-1943 гг., будучи исключительно напряженной, оказалась успешной и необходимой фронту. И его имя заслуженно называли в ряду особо отличившихся ученых по Казанской группе ЛФТИ.

В мае 1943г. Бориса Васильевича отозвали в Москву, где в недавно созданной Лаборатории № 2, под руководством Игоря Васильевича Курчатова разворачивались работы по “урановому проекту”. Сразу же Борис Васильевич включился в решение проблемы государственной важности. Ему поручалась

одна из центральных задач проекта — получение лабораторного плутония. В Пыжевском переулке, в здании Сейсмологического института, где в то время уже работали днем и ночью ведущие ученые-ядерщики страны, начал Борис Васильевич свои первые опыты. Преодолевая громадные трудности, ставя эксперименты практически без лабораторного оборудования, уже в 1944 г. он сумел развернуть исследования по физическим и радиохимическим проблемам образования и выделения плутония из облученного урана. Вскоре эти опыты завершились удачей.

Ожидалось, что изотоп элемента 94 с атомным весом 239 так же, как и уран-235, способен делиться под действием и быстрых, и тепловых нейтронов. И по аналогии с ураном-235 предполагалось, что плутоний-239 должен быть ядерным горючим, пригодным для осуществления как взрывного цепного процесса, так и управляемой ядерной реакции. Но в то время о свойствах плутония почти ничего не было известно. Их нужно было изучить.

Б.В.Курчатов начал ставить опыты с получения “индикаторных” количеств нептуния и изучения его химических свойств. Нептуний был выделен из слабо облученных соединений урана. Борис Васильевич подтвердил сходство этого элемента (низшей валентности) с цериевой группой редких земель. Для выделения плутония он значительно увеличил дозу нейтронного облучения. Располагая лишь радий-бериллиевым источником, он около трех месяцев непрерывно облучал колбу с гидратом окиси-закиси урана, поместив ее и источник в бочку с водой. После химической переработки материала в октябре 1944 г. был выделен препарат, который оказался альфа-активным. Измерения показали, что он содержит 10 атомов плутония. Это были первые “атомные” количества плутония, полученные в СССР, — важнейшее достижение отечественной радиохимии.

В том же году в Лаборатории № 2 был пущен циклотрон. До сентября 1946 г. Б.В.Курчатов с сотрудниками химически перерабатывали облученный на нем уранилнитрат и выделили несколько сотых микрограмма плутония. В 1947 г. после облучения урана и накопления плутония в физическом уран-графитовом реакторе, уже работавшем в Лаборатории № 2, удалось получить первый, видимый под микроскопом, королек плутония. Он весил около 20 микрограммов. Опробовав на этих количествах главнейшие звенья радиохимической технологии выделения плутония, Б.В.Курчатов со своими сотрудниками, внесли значительный вклад в быстрое решение урановой проблемы. Их (без преувеличения, скажем,) героическая работа позволила химикам РИАНа под руководством академика В.Г.Хлопина в кратчайшие сроки разработать процесс по заводскому — промышленному извлечению

плутония, который стал выдаваться спроектированным в кратчайшее время заводом в начале 1949 г. С тех пор в ИАЭ им. И.В.Курчатова было выполнено множество работ по химии трансурановых элементов и по изучению их химических и физико-химических свойств. Сороковые годы остались в памяти участников “атомного штурма” как самые светлые и восторженные, как годы подлинно творческого труда.

До 1948 г. Борис Васильевич жил в доме брата — “хижине лесника”, (где сейчас открыт мемориальный музей). Занимал комнату на первом этаже. По-прежнему много трудился. Просыпался рано, спешил в лабораторию, находившуюся в пяти минутах ходьбы, в Главном здании и возвращался полночь. По воскресеньям, если позволяла работа, любил посидеть на берегу Москвы-реки с увлекательной книгой или с удочкой. Занимался спортом. Играл в бильярд, шахматы, бадминтон или настольный теннис. В 1947 г. он женился на Мухиной Людмиле Никифоровне, выпускнице химического факультета Московского Педагогического института, поступившей в его сектор на должность радиохимика — младшего научного сотрудника. В 1949 г. молодая семья переехала в свою квартиру, в дом, построенный для ведущих ученых Лаборатории № 2. Но “хижина лесника” осталась родной навсегда. Часто бывали здесь, по-семейному проводили вечера, встречались с друзьями юности, слушали музыку. Братья играли на рояле в четыре руки, вспоминали, как мальчишками исполняли “Турецкий марш”. Борису Васильевичу нравились произведения Чайковского, Бетховена, Моцарта. Особенно близка была ему симфония “Финляндия” Яна Сибелиуса. Любил он слушать фортепьянные и скрипичные концерты. Музыка трогала его простотой, задушевностью, мужественностью и суровостью. Вообще интересы Бориса Васильевича были разносторонние. Он собирал книги по химии, физике, математике. Они заполнили отдельный шкаф и теперь находятся в музее. С удовольствием читал произведения классиков и современных писателей, мемуарную и детективную литературу. Любил поэзию. Многие стихи знал на память. Интересовался живописью и скульптурой, посещал выставки, покупал картины. Умел, как и Игорь Васильевич, хорошо фотографировать (это было семейное хобби Курчатовых с юных лет, перешедшее от отца). Немало фотографий, выполненных Курчатовыми, сохранилось в музейном собрании.

Бориса Васильевича многие помнят и как гостеприимного хозяина, и как обаятельного собеседника, умевшего слушать и понимать людей. Веселый и серьезный, ироничный и восторженный, он любил пошутить, рассказать что-нибудь смешное и сам похихатывал над какой-нибудь остроумной историей.

В 1949 г. после успешного завершения испытаний первой советской атомной бомбы у него появилась возможность по выходным дням выезжать за город. Борис Васильевич увлекался грибной и спиннинговой охотой. Правда, в рыбной ловле ему редко везло, и домашние, подтрунивая, называли его “рыбаком-теоретиком”. “Клуб рыбаков” во главе с К.Н.Мухиным (шурином – Р.К.) посвятил ему четверостишие на этот счет: “Бывает рыбка: окунь, сиг, плотва, форель – и много всякой прочей, тебе же попадает..., хоть и рыбачишь ты с утра до ночи”. Отпуска Борис Васильевич проводил в Крыму, любил наполнить их увлекательными экспериментами. Например, определял процентное содержание урана в Черном море: вымачивал в прибое шерстяные платки, высушивал их, а затем сжигал и по остаткам золы вел подсчет по собственной же методике. Или выращивал на подоконнике в особых растворах морские водоросли, изучая возможность увеличения кормовой базы для животноводства. Любил совершать морские прогулки по штормовому морю.

Борис Васильевич отличался удивительной работоспособностью. Не смотря на частые прихварывания, он никогда не отменял назначенной встречи, требовавшей его участия в обсуждении предложений по работе или как преодолеть трудности и обязательно находил решения, делился интересными мыслями, новыми идеями. Помогал людям бескорыстно. Двери его кабинета не закрывались. К нему шли за консультацией, помощью, советом. Шли, потому что видели в нем не только настоящего ученого, но и человека прекрасной души и доброго сердца. О нем говорили, что он “экспериментатор от Бога”. Проводя тонкие аналитические исследования, Борис Васильевич умел и любил работать руками. Владел всеми инструментами. Сам устранял неисправности в приборах. Специфику его работы выдавали подушечки пальцев, пораженные рубцами от радиационных ожогов.

В начале 50-х гг. Б.В.Курчатов переключился на изучение радиохимическими методами превращений сложных ядер под действием частиц высокой энергии. Проводил эти исследования на только что построенном мощном синхротронном ускорителе в Дубне. На этом совершенно новом пути он добился больших успехов. Открыл ряд новых явлений, характерных для химии ядерных превращений при высоких энергиях возбуждения: вылет легких ядер из серебра, деление с возбужденного уровня; были изучены закономерности выхода разнообразных продуктов расщепления серебра и вольфрама при взаимодействии с быстрыми частицами, найден и идентифицирован ряд новых изотопов. В этих, как и в многих других исследованиях ему помогала его супруга Людмила Никифоровна. Вместе с нею и с сотрудниками лаборатории по результатам этих работ ими были опубликованы десятки статей.

Большое место в жизни Б.В. Курчатова заняла радиохимическая лаборатория в Институте ядерной физики (в то время НИФИ-2), которой он по совместительству заведовал с 1946 по 1951 гг. Ее организации, подготовке специалистов радиохимиков он отдал много сил и здоровья. За эту работу Б.В. Курчатов по рассказам сотрудников отказывался получать жалование. Приходилось прибегать к хитрости: в лаборатории оформлялась доверенность и зарплата привозилась к Б.В. домой.

В 1953 г. по инициативе академика И.В. Курчатова и других ученых в стране развернулись исследования радиоактивных продуктов ядерных взрывов. В решении этой проблемы активно участвовали и сотрудники Института атомной энергии, и в их числе – сектора Б.В. Курчатова. Он руководил работами по радиохимическому и радиометрическому анализам состава продуктов ядерных взрывов, созданием первых методик, средств сбора радиоактивных продуктов взрывов, приборов для анализов собранной активности. Совместно с Главным управлением гидрометеослужбы была организована сеть наблюдений за выпадением радиоактивных продуктов. В течение нескольких лет велись измерения концентраций радиоактивных продуктов в воздухе и их выпадений на почву, изучались закономерности глобальных выпадений. На научных судах АН СССР и Главного управления гидрометеослужбы исследовались обширные акватории Тихого, Индийского и Атлантического океанов. Несколько аналитических отчетов, десятки статей были подготовлены Б.В. Курчатовым и его сотрудниками, их доклады посылались и рассматривались в ООН и на III Женевской конференции по мирному использованию ядерной энергии. Работы в этой области явились ценным вкладом в решение проблемы исследования радиоактивных продуктов ядерных взрывов и убедительным доказательством опасности ядерных испытаний для человечества, необходимости их запрещения полностью и навсегда. В это же время по просьбе Игоря Васильевича он анализирует книгу Э.Теллера и Леттера “Наше ядерное будущее”, готовит и публикует совместно с Е.И. Лейпунским и др. рецензии, в которых наглядно демонстрирует неприемлимость взглядов авторов книги на проблемы дальнейшего испытания ядерного оружия в мире, подчеркивая их пагубное влияние на природу и человечество.

Последние годы Борис Васильевич продолжал исследовать деление тяжелых ядер. Научная работа была для него той стихией, которой он отдавал все свое время и силы. Он считал, что наука не знает отдыха, а отдых для ученого лишь перемена работы, что наука не может быть совместима с погоней за материальными выгодами. И сам он не гнался за славой, не пользовался положением, не выдвигал себя вперед. Он не заботился о получении

научных званий, так же, как и о защите приоритета своих работ. А ведь им было выполнено свыше ста научных исследований в области радиохимии, большинство из которых относятся к фундаментальным и носят пионерский характер. И все-таки его научные заслуги были отмечены Ленинской и двумя Государственными премиями. И произошло это гораздо раньше присвоения ему званий доктора наук и профессора. Борис Васильевич был также награжден орденом Ленина и пятью орденами Трудового Красного Знамени, медалью “За доблестный труд в Великой Отечественной войне”.

13 апреля 1972 г. его не стало. Рано закончилась замечательная жизнь этого прекрасной души и величайшей скромности человека. До последнего часа она была наполнена трудом, творчеством, любовью и служением науке и людям. Похоронен Борис Васильевич Курчатов на Новодевичьем кладбище в Москве.

Настоящие ученые не уходят бесследно. После них остаются их научные труды, ученики и память...



Члены правления г.Сима. В.А.Курчатов – (отец Б.В. и И.В. Курчатовых) пятый в верхнем ряду (слева направо). [До 1908 г.]



На летних полевых работах. В.А.Курчатов (справа)



**В.А.Курчатов (крайний справа) среди землеустроителей Таврической губернии.
[1920-й г.]**



**Слева направо: Василий Алексеевич Курчатов, Иван Христофорович Капленко,
Василий Васильевич Бородин. 5 января 1917 г. Симферополь**



Борис и Игорь Курчатовы в новых, сшитых матерью – Марией Васильевной, косovorотках. Пос. Симский Завод. 19..



Б.В.Курчатову 10 лет. Симферополь. 1913 г.



Симферопольская Александра I Благословенного гимназия, в подготовительный класс которой поступил Борис Курчатов в 1912 г.



Борис Курчатов с родителями – Марией Васильевной и Василием Алексеевичем в период учебы на 1-м курсе Таврического (Крымского) университета



В этом здании размещался физико-математический факультет Таврического (Крымского) университета. Симферополь. [1920-е гг.]



С мамой в период учебы в Казанском университете. Казань. [1925 г.]



М. Шубинский
А. Федорович Прасимов
А. Давыдов
А. Давыдов
А. Троянов

Б.В.Курчатов (во 2-м ряду справа) среди сотрудников кафедры физической химии Казанского государственного университета. В 1-м ряду справа заведующий кафедрой и его научный руководитель профессор Алексей Федорович Прасимов



Б.В.Курчатов с университетскими друзьями [Б. и Т. Ляхницкими?] в Ленинграде. 1929 г.



Б.В.Курчатов в начальный период работы в ЛФТИ. Ленинград. [1928 г.].



**Б.В.Курчатов пишет письмо родителям дома у И.В.Курчатова на ул. Красных Зорь. Ленинград. 1929 г.
Фото И.В.Курчатова**



Н.А.Дунаев, Б.В.Курчатов за работой в лаборатории А.Ф.Иоффе. Ленинград. ЛФТИ. 2-я половина 1930-х гг.



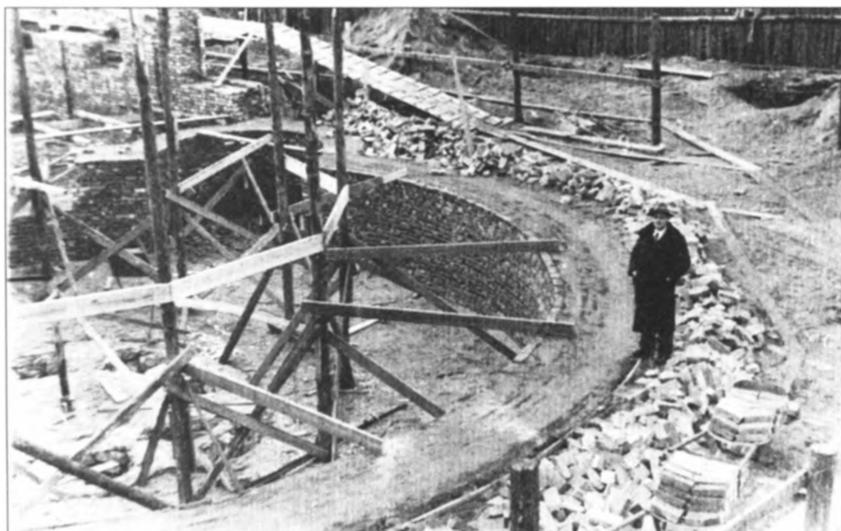
**Б.В. в минуты вдохновения. В лаборатории ЛФТИ.
Ленинград. 1930-е гг.**



**Б.В.Курчатов (в верхнем ряду третий слева), рядом И.В.Курчатов среди строителей
циклотрона ЛФТИ. Ленинград. 1939 г.**



В лаборатории А.Ф.Иоффе (в центре), Б.В.Курчатов, Б.Т.Коломиец и Ю.П.Маслаковец. ЛФТИ. [середина 1930-х гг.]



Б.В.Курчатов на площадке, где было заложено основание циклотронной лаборатории ЛФТИ. Ленинград. 1939 г.

**Б.В. на прогулке.
Ленинград.
1930-е гг.**



**Б. В. Курчатов в годы войны.
Начальный период деятельности
в Лаборатории № 2 АН СССР.
Москва. 1943 г.**



**Б.В. любил и умел работать руками. В своей “мастерской” на 3-м этаже
Главного здания. Москва. ИАЭ имени И.В.Курчатова. 1960-е гг.**



**Друзья вспоминают минувшие дни. И.С.Морозов, Б.В.Курчатов и Л.В.Грошев –
все трое учились в Казанском университете. Москва. 1959 г.**



**Б. В. Курчатов у В. Н. Мехедова
в Дубне. На Волжской плотине.
[1969 г.]**



Из Гурзуфа в Ялту. Крым 1950-е гг.



Слева направо: Б. В. Курчатов,
Н. А. Доллежалъ, Л. Н. Курчатова,
водитель и супруга Доллежала.
Сочи. Санаторий “Малый Ахун”.
Середина 1950-х гг.



В Подмоскowie.
Петрово-Дальнее.
1950-е гг.

Глава 1

Материалы к биографии

Б.В.Курчатова:

личные документы,

воспоминания,

письма (1905-1972)

ИЗ ЗАПИСЕЙ О РОДНЫХ “КОРНЯХ” В ТЕТРАДЯХ 23 декабря 1961 г.

Б. В. Курчатова

Дед: Алексей Константинович Курчатова – горнозаводской мастеровой, [распорядитель] работ, потом казначей Симского завода. Железного здоровья.

Курчатова – подмосковные крестьяне, проданные или проигранные Балашовым – владельцам лесной дачи, где стоял Симский завод с [домной], лесопильней, производством стали, чугуна, телег. У деда две жены¹. Василий Алексеевич Курчатова² один из 9 его детей.

В.А. (Василий Алексеевич – Р.К.) стремился учиться, но дед не пустил, не позволили материальные условия. Поэтому [он] высшего образования не получил. В.А. после школы поступил в землемерное училище в Уфе. После окончания – на дачу к Балашову помощником лесничего.

Мария Васильевна Остроумова³ родилась 25 июля 1875 г., дочь священника. Кончила Уфимское Епархиальное женское училище ([училась] с 1884 по 1890 г.). Работала учительницей ЦПШ⁴ в Симском заводе.

В.А. Курчатова с 3 марта 1909 г. переехал в Симбирск старшим землемером Симбирской губернии на казенную службу, на 1500 руб. в год.

Борис родился в год первой русской революции. Революция 1905 г. проходила на Симском заводе бурно. Рабочие обещали управляющего бросить в мартен, но ему стало дурно и его оставили дома. Митинги проходили каждый

¹ Первая – Мария Сергеевна – мать В.А. Курчатова рано умерла, оставив Алексею Константиновичу троих детей. Вторая – Любовь Филаретовна родила ему еще шестерых детей. – Р.К.

² Василий Алексеевич Курчатова – отец Игоря и Бориса Курчатова.

³ Мать Игоря и Бориса Курчатова. – Р.К.

⁴ Церковно-приходская школа.

день. В.А.Курчатов бегал на них регулярно, но все же рабочие считали его администрацией.

В революцию 1917 г. управляющего все же убили. Рабочие Симского завода еще не порвали полностью с крестьянством. У каждого были коровы и лошади. В пору сенокоса работы прекращали, кроме домны, запасались сеном. Возвращались к заводской работе [поздней осенью].

В Симбирск поехали учить детей. В.А. от воинской службы был освобожден, видимо, сердце не ахти какое. Но в работе землемера это не мешало.

И.В. (Игорь Васильевич – Р.К.) записан родившимся 8 января 1903 г. потому, что в приходе окончились бланки, хотя родился 30 декабря 1902 г. по старому стилю. Это помогло потом в Крыму, когда белогвардейцы брали в армию, родившихся в 1903 г.

В.А. в апреле 1912 г. переехал в Таврическую губернию в г.Симферополь на ту же должность старшего [землемера]. В 1915 г. высочайше награжден орденом [?] Славы III степени.

В Симферополь переехали из-за горловой чахотки сестры Антонины⁵. Умерла через полгода.

В.А.Курчатов при отличном поведении, хороших способностях и очень хорошем прилежании окончил Уфимское землемерное училище в 1888 г.

В Симе имели корову, лошадь, на которой В.А.Курчатов объезжал леса. Охотился, часто приносил куропаток, другую дичь. Игорь очень любил дичь. Ел – рычал от удовольствия. В.А.Курчатов никогда дичь не резал, а пристреливал из двухстволки во дворе.

Остроумов Василий Антонович, рязанский священник, переехал туда [в Сим] из бедной рязанской губернии в богатую хлебную Башкирию – уфимские края. Брат матери⁶ – земский врач. Не помню, чтобы дома Игорь готовил уроки. Как учился, – непонятно. Время проводил с товарищами. В Симферополе поступил в 1-ый класс гимназии в 1912 г.

В Симбирске жили в городе. [Была] своя корова. И.В. окончил приготовительный класс. Требования здесь были больше, чем в Симферополе. Поэтому в 1-м классе Симферопольской гимназии учиться было легче. Учился на пятерки. Учитель русского языка директор гимназии Карпачинский сказал (родителям – Р.К.): “Поверьте моему педагогическому опыту – он [И.В.] будущий медалист”. В 5-6 классах – пятерки с четверками, в 7 классе – сплошные пятерки. [Гимназию] кончил с бумажной золотой медалью в 1920 г. Читал много.

⁵ Сестры Нины (как ее звали родители), 1896 г.р. – Р.К.

⁶ Николай Васильевич Остроумов. – Р.К.

ИЗ ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ ГАЗЕТЫ “УЛЬЯНОВСКАЯ ПРАВДА”

18 ноября 1966 г.

Б. В. Курчатов

Годы, проведенные в Симбирске

Пишет вам Курчатов Борис Васильевич, старший научный сотрудник Института атомной энергии. Мне сообщил о вашем письме И. Н. Головин¹. Поскольку я являюсь единственным источником сведений о ранних годах жизни И. В. Курчатова, то И. Н. Головин попросил меня ответить вам.

К сожалению, могу сообщить очень и очень мало о жизни Игоря Курчатова в Симбирске, поскольку я был еще дошкольником в те годы. Отец Василий Алексеевич Курчатов, окончив в 1896 году Уфимское землемерное училище, работал на Южном Урале помощником лесничего, затем лесоустроителем и таксатором в Симбирской горнозаводской даче Балашевых. В 1908 году отец, с целью обеспечить детям образование, переехал в Симбирск (ныне Ульяновск), где поступил на государственную службу старшим землемером землеустроительной комиссии. Немного позднее он перевез в Симбирск всю семью, состоявшую из жены – Марии Васильевны Курчатовой, троих детей – Антонины, Игоря и Бориса – и няни Марьи. Дочь Антонина поступила в Симбирскую женскую гимназию, основанную Т. Якубович, где отлично училась.

После лесного приволья жизнь в городе для семьи Курчатовых показалась неудобной. Меняли квартиру, заводили даже одно время свою корову.

¹ Головин Игорь Николаевич (1913 – 1997), профессор, доктор ф.м.н., до 1958 г. заместитель И. В. Курчатова в ИАЭ, позже – начальник отдела, автор книги “И. В. Курчатов (1903-1960)”. М. Атомиздат. 1967. – 110 с. – Р.К.

Развлечений у нас было немного. Одно из наиболее запомнившихся – прогулки вниз к пристаням на Волге. Здесь встречали пароходы, стараясь отгадать по гудкам, чьей компании принадлежит подходивший пароход, – умели отличать “Кавказ и Меркурий” от “Самолета”. Там же у пристаней покупали нехитрые сладости с приложением – игрушечными картами, величиной с почтовую марку, и играли на пристанях в “Акулину”, “дурака” и другие игры. Одно-два лета выезжали на дачу в район Сенгилея. Все же перемена обстановки сказалась на детях, особенно на Антонине. У нее при переходе в старшие классы гимназии появились признаки туберкулёза легких. Болезнь прогрессировала. Отец по совету врачей перевелся на работу в Крым в 1912 году.

Игорь Курчатov проучился в Симбирске только один учебный год (1911-1912) в начальном классе Симбирской мужской гимназии. Сохранилась фотокарточка того периода. Копию ее я высылаю.

Учился Игорь, по-видимому, хорошо. Но, судя по более поздним воспоминаниям, в Крыму ему стало учиться гораздо легче и он шел в Симферопольской гимназии первым учеником из класса в класс, не утруждая себя домашними уроками. По-видимому, в Симбирской гимназии требования к ученикам были значительно выше. Здоровьем Игорь обладал крепким, ничем не болел (кроме кори). По условиям городской жизни в Симбирске, в дошкольный период (в отличие от последующих лет) у Игоря не было сверстников и товарищей. Основным участником игр и развлечений с ним был я. Жили дружно, без драк. Сестра Антонина была значительно старше, у нее была своя жизнь. | ... |

ГОДЫ УЧЕБЫ В ГИМНАЗИИ

*А. С. Клименко**

Мое знакомство с Борей Курчатовым началось с 1915 г. с совместного обучения в подготовительном классе гимназии в г. Симферополе.

Жили в то время Курчатовы на Набережной улице. Семья состояла из отца, матери и двух мальчиков – Игоря и Бориса. Братья резко различались. Старший – Игорь, весь был в мать – энергичную, живую, приветливую, хлопотунью. А Борис – в отца, худого, малоразговорчивого. Он немного заикался. Работал землемером. Жила семья скромно, домработницы не было, всю работу по дому выполняла мать.

Борис часто болел, пропускал много занятий, а так как Клименко жили близко, то, естественно, я часто заходил к Боре домой, чтобы рассказать о заданных уроках, событиях в школе. Меня и других школьных товарищей мать всегда встречала очень приветливо, старалась угостить чем-нибудь вкусненьким. Пришедшие часто оставались и учили уроки вместе с Борисом. Как-то отец, проходя мимо нас, учивших урок по “Закону Божьему”, сказал: “Учите, учите, а ведь Бога-то нет”. Это очень поразило нас, тогдашних гимназистов младшего класса. После уроков мы играли обычно в настольные игры, например, в игру “Тише едешь – дальше будешь”. За тем же столом, где обедали, готовили уроки, на нем же играли в настольные игры.

С Набережной улицы Курчатовы переехали на другую квартиру, такую же скромную, в три комнаты, на улицу Чайковского. Мы продолжали бывать у Курчатовых и там.

* Алексей Сергеевич Клименко – товарищ Б.В.Курчатова по гимназии. – Р.К.

Несмотря на частые болезни и связанные с этим пропуски занятий Боря был круглым отличником. А их в классе было всего трое: Боря Курчатов, Алеша Гливенко, Леонид Грайнер. Курчатов был серьезен не по возрасту, в мальчишеские подвижные игры не играл. По состоянию здоровья от занятий гимнастикой он был освобожден. Любовью его были книги. Борис был не по годам начитан и духовно развит. Семья получала журнал “Вокруг Света”, который он любил читать и охотно давал своим товарищам.

В СИМФЕРОПОЛЬСКОМ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ТЕХНИКУМЕ

*Т.Ф.Исаева**

Впервые я встретила с Борисом Васильевичем Курчатовым в 1921 г. в городе Симферополе.

Начинался 1921/1922 учебный год. Мы, учащиеся старших классов различных мужских и женских казенных и частных гимназий, начинали свой учебный год в новом учебном заведении – в Симферопольском общеобразовательном техникуме. В этом учебном заведении мы в течение двух лет должны были закончить свое среднее образование. Техникум имел естественно-математическое и гуманитарное отделения. Я выбрала первое, которое также выбрал и Борис Васильевич Курчатов, и мы стали учиться в одном классе. Нас – девочек было не много. Если мне не изменяет память – это были: Оля Смирнова, Тоня Шишова, Валя Ступник, Оля Михайловская и я – Таня Исаева.

С первых же занятий стало ясно, что к нам будут предъявлены большие требования, особенно по математике, которую преподавал Витаргин. Мальчики имели очень хорошую подготовку по математике и те, кто пришел из реального училища, и те, кто пришел из гимназии. Борис Васильевич пришел из гимназии, где математику преподавал К. Миронич. К чести девочек следует сказать, что и они в техникуме не отставали от мальчиков. Довольно скоро стало ясно, что в классе много светлых голов. Особенно выделялся Боря Курчатов, несмотря на его чрезмерную скромность. Его знания, кругозор, способности невольно выделяли его среди нас. Он всегда получал высшие оценки.

* Татьяна Федоровна Исаева – соученица Б.В.Курчатова в техникуме и университете в 1921-1924 гг. – Р.К.

Память сохранила ярко образ Бори Курчатова. Когда я его увидела впервые, я подумала о нем, как о больном и слабом мальчике. Сидел он на первой парте, согнувшись, как будто ему было трудно держать свое худенькое тельце с узкой грудной клеткой и такими же узкими плечами. Всегда тихий, спокойный, никогда не шалил. Только книга, книга была его единственным собеседником. И еще, когда в класс заходил Алеша Клименко (Алексей Сергеевич), с которым Б.В. раньше учился в гимназии и дружил, и который сейчас учился на гуманитарном отделении, вот только в этих случаях Боря отрывался от учебника и разрешал себе во время перемены поговорить с Алешей.

Мне, довольно веселому существу, часто во время перемены хотелось подойти к не по возрасту серьезному Курчатovu, взять его за руку и вывести из класса на свежий воздух, чтобы наше крымское солнце влило жизнь в это слабое и хрупкое существо.

Шло время, мы становились старше, менялись и, казалось, что только один Б.В. оставался неизменным: слабым, хрупким и вместе с тем, целеустремленным, трудолюбивым, способным и одаренным. Ничего легкого, поверхностного он не позволял себе в юные годы. Таким оставался он и всю жизнь.

Через два года мы сдали выпускные экзамены. Получили аттестаты зрелости и стали готовиться к вступительным экзаменам в Крымский университет. Там уже учился старший брат Б.В. — Игорь Васильевич.

Борис Васильевич успешно выдержал экзамены на физико-математический факультет. Там мы уже встречались реже. А в 1924 г. Крымский университет был закрыт и Б.В., как и я, перевелся в Казанский университет. Я выбрала биологию, Борис Васильевич — химию. Наши встречи стали редкими.

ВѢДОМОСТЬ

О Б Ъ

успѣхахъ, прилежаніи, вниманіи и поведеніи

ученика *nr.* класса

Симферопольской мужской АЛЕКСАНДРА I БЛАГОСЛОВЕННАГО гимназіи.

Бориса Курчатова

на 1915/16 учебный годъ.



Эта вѣдомость, по предъявленіи родителями или законными ихъ мѣсто, должна быть возвращена съ ихъ подписью классному наставнику.

Типо-Лит. В. И. Яковлева въ Симферополѣ.

Вѣдомость объ успѣхахъ, прилежаніи, вниманіи и поведеніи
ученика *nr.* класса *Бориса Курчатова* на 1915/16 учеб. года

Учебный годъ и полугодіе	УРОВЕНЬ ОБЪ УЧЕБН.											Подпись родителей или законнаго ихъ мѣста.	
	Литература	Русскій языкъ	Древній языкъ	Латинскій языкъ	Греческій языкъ	Алгебра	Геометрія	Тригонометрія	Физика	Математическая физика	Химія		Исторія
1-я	5,5	4							5	44	55,5/6		<i>Курчатова</i>
2-я	5,5	5							5	55	55,5/6		<i>Курчатова</i>
3-я	5,5	5							5	55	55,5/6		
4-я	4,5	5							5	—	55,5		
по году	5,5	5							5				
Подпись:	По приказанію: Подпись класснаго наставника, преподавателя <i>И. В. Курчатова</i>												

Цифры означаютъ размахъ: 5—отлично; 4—хорошо; 3—удовлетворительно; 2—удовно; 1—неудно.

Классный наставникъ *И. В. Курчатова*



ВѢДОМОСТЬ
О Б ъ
условія, прилежаніи, вниманіи, и поведеніи
ученика *1а* класса
Симферопольской Мужской
АЛЕКСАНДРА I ВЛАГОСЛОВЕННАГО
гимназіи

Бориса Курчатова
на 191*6*^{го} учебный годъ.

■■■■■■■■

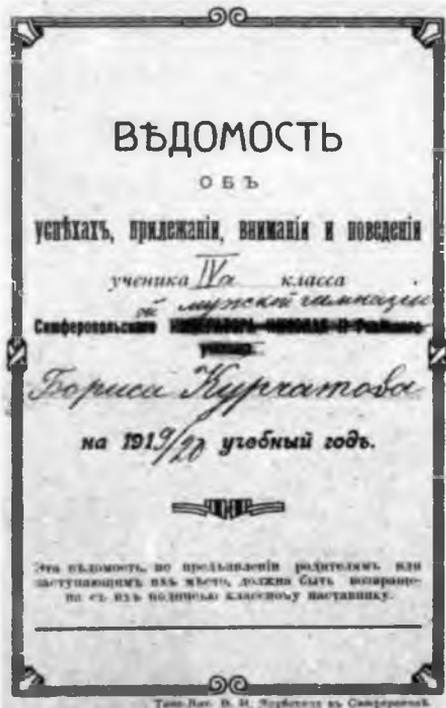
Эта вѣдомость, по предъявленіи родителямъ или заступающимъ ихъ мѣсто, должна быть возвращена съ ихъ подписью классному наставнику.

Вѣдомость объ условіяхъ, прилежаніи, вниманіи и поведеніи
ученика *1а* класса *Бориса Курчатова* на *1916* учебн. года

Классъ	УСЛОВІЯ ВЪ УЧЕНІИ.										Число прогуловъ отъ уроковъ	Число отсутствій отъ школы въ теченіи года	Подпись родителей или заступающихъ ихъ мѣсто	
	Число уроковъ въ годъ	Учебныя книги	Учебныя принадлежности	Дневники	Списки	Средства къ обученію	Алгебра	Геометрія	Арифметика	Исторія				Русскій языкъ
1-я	54	5	555	455	555	79								<i>М. Курчатова</i>
2-я	54	5	555	455	555									<i>М. Курчатова</i>
3-я	54	5	555	55	555									
4-я	54	5	555	4										
За годъ	54	5	555											
Подпись:	<i>Переводчик</i>													

Цифры означаютъ: 1-уроки, 2-книжки, 3-дневники, 4-списки, 5-средства къ обученію, 6-прогулы, 7-отсутствія отъ школы въ теченіи года

Классный наставникъ *Климовъ*



Вѣдомость объ успѣхахъ, прилежаніи, вниманіи и поведеніи
ученика III класса Бориса Курчатова въ 1919/20 учебн. года

Число раб. въ годъ.	Лекція, докладъ	УСЛОВІЯ ОБЪ УЧЕБН. РАБОТѢ										Число отсутствій всего по отсутствіямъ въ отсутствіи въ отсутствіи въ отсутствіи	Подпись родителей или заступающихъ на ихъ мѣсто.		
		Ручка въ работу	Писаніи въ тетради	Численность	Всѣхъ	Архивнаго	Алгебра	Геометрія	Географія	Исторія	Физика			Химія	
1-я		5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	72	<i>В. Курчатова</i>
2-я		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	12	
3-я															
4-я															
За годъ															
Подпись:															

Намъ означать: 5—отлично, 4—хорошо, 3—удовлетворительно, 2—слабо, 1—всего плохо.

Классный наставникъ *В. Курчатовъ*



Свидетельство об окончании Б.В.Курча-
товым Казанского Государственного
университета им. В.И.Ульянова-Ленина.
Выдано 11 января 1928 г.



Студенты Крымского Государственного университета им. М.В.Фрунзе
(слева направо) Н.Правдюк, Игорь и Борис Курчатовы.
Симферополь. [1922 г.]



Дома в Симферополе, где квартировала семья Курчатовых [с 1912 по 1923 г.]



Журнал из семейной библиотеки

“ЖИЗНЕОПИСАНИЕ”, НАПИСАННОЕ Б.В.КУРЧАТОВЫМ В 1937 г.

Жизнеописание

Родился в 1905 году в селе Сим бывшей Уфимской губернии, в семье землемера-таксатора. В 1912 году отец переехал в г. Симферополь, где я и получил среднее образование. Окончив школу 2^а ступени в 1923 году, я в том же году поступил на физико-математический факультет Крымского Государственного Университета им. Фрунзе. В 1924 году был переведен, ввиду ликвидации факультета, в Казанский Государственный Университет им. В.И.Ленина, где специализировался в лаборатории профессора А.М.Герасимова по физической химии. В конце 1927 года окончил университет по химическому отделению физико-математического факультета, защитив дипломную работу на тему : “Осаждение ионов хлора в присутствии коллоидного гидрата окиси железа”. В октябре 1928 года был приглашен на работу по изоляции в Ленинградскую Физико-техническую лабораторию, переименованную в последствии в Институт. Здесь проработал в качестве [штатного] научного работника в течение шести лет под руководством академика А.Ф.Иоффе и продолжаю работать в настоящее время.

За истекший период мною выполнено около 10 научных работ по физике твердого тела, концентрирующихся вокруг проблем электропроводности, пробоя и поляризации диэлектриков, а также электропроводности [электронных] полупроводников. Первый цикл работ по диэлектрикам, вытекавший из тематики лаб[оратории] академ[ика] Иоффе, был связан с проблемой реального кристалла и выяснения влияния неоднородностей на электрические свойства кристалла. [...] В результате было обнаружено, что в то время как остаточная электропроводность кристалла не может быть

объяснена наличием микроскопических неоднородностей, для процесса электрического пробоя наличие неоднородностей, особенно поверхностных, играет существенную роль. Одновременно был обнаружен новый тип пробоя диэлектрика (стекла), связанный с химическим действием тока. Этот случай так [наз[ываемого] дендритного] пробоя был впоследствии обнаружен и подробно исследован на каменной соли в Украинском Физ[ико]-[Техническом] Инст[итуте].

Второй цикл работ по диэлектрикам, выполненный за период 1930-1932 г., относится к проблеме аномальных электрических свойств сегнетовой соли. Подробные исследования диэлектрической поляризации изоморфных смесей сегнетовой соли привели к открытию ряда смесей, являющихся полными электрическими аналогами ферромагнетиков, и дали решающие результаты в пользу теории спонтанной ориентации диполей сегнетовой соли и ее изоморфных смесей.

С 1932 года был переключен на изучение электронных полупроводников для решения одной из основных задач в этой области: о происхождении электронной проводимости и роли примесей в таких веществах. В результате 3^х годичной работы установлено разделение электронных полупроводников на два химически и физически отличных класса, а именно, полупроводников с собственно электронной проводимостью и полупроводников с “дырчатой” электронной проводимостью... В ряде случаев изучена количественная зависимость электропроводности от концентрации примесей, причем намечалась возможность иного механизма электронной проводимости чем тот, который дается теориями Вильсона и Бронштейна. Эта работа продолжается в настоящее время.

С конца 1934 года принимал участие в коллективной работе группы по изучению атомного ядра в Физ[ико]-Тех[ническом] Институте. Мною была установлена химическая природа некоторых радиоактивных элементов, получающихся при облучении алюминия и брома нейтронами.

При этом открыт третий радиоактивный изотоп брома, возникновение которого происходит по новому типу ядерных реакций (без захвата нейтрона).

Были разработаны методы концентрирования некоторых радиоактивных элементов, выделения радиоактивного изотопа (радиомарганца из марганца, радиомеди из меди).

Разобран случай ядерной реакции между бором и нейтронами с помощью камеры Вильсона, наполненной летучим соединением бора.

АВТОБИОГРАФИЯ Б.В.КУРЧАТОВА*

Родился в 1905 году в селе Сим Уфимской губернии и уезда в семье частного землемера. Среднее образование получил в Симферопольской мужской гимназии, позднее в школе 2-ой ступени. В 1923 году поступил в Крымский Государственный Университет на физико-математический факультете. В 1924 году был переведен в Казанский Государственный Университет имени В.И.Ленина. В 1927 г. окончил Казанский Государственный Университет по химическому отделению физико-математического факультета. В 1928 году поступил на работу в качестве младшего научного сотрудника в Ленинградскую Физико-Техническую лабораторию (позднее Л.Ф.Т.Институт). В ЛФТ Институте проработал без перерыва до 1943 года, выполнив ряд работ по физике диэлектриков, полупроводников и физике атомного ядра. С 1941 г. работал по оборонной тематике. В 1943 году перевелся на работу в Лабораторию № 2 Академии Наук.

31-05-1944 г.

Б. Курчатов

* Из личного дела Б.В.Курчатова.
Архив РНЦ КИ. Ф.1. Оп. 1лд. Ед.хр.8717. Л. 30.

Составляется в произвольной форме, собственноручно, без поправок и исправлений, с обязательным освещением следующих вопросов:

1. Год и место рождения, в какой семье родился, чем занимались родители до революции и чем занимаются в настоящее время.
2. Когда, в каких учебных заведениях учился, какое образование получил и специальность.
3. С какого времени начал работать самостоятельно, причины перехода с одной работы на другую.
4. Служил ли в Советской Армии, участвовал ли в боях гражданской или Отечественной войны (где, когда, в качестве кого).
5. Партийность и партстаж.
6. Какую работу выполнял партийную или общественную работу, где, когда, в качестве кого.
7. Состав семьи и краткие сведения о близких родственниках (братья, сестры, муж-жена, отец и мать мужа-жены).
8. Кто из родственников лишился избирательных прав, подвергался репрессиям, был под судом и следствием (за что, когда и где).
9. Другие сведения, которые Вы считаете необходимым осветить в автобиографии.

Писать разборчиво, аккуратно и только чернилами.

АВТОБИОГРАФИЯ*

Курчатов Борис Васильевич

(фамилия, имя и отчество)

Родился в г.Сим Челябинской области в 1905 г. в семье служащего. Отец работал техником-землемером до и после революции, умер в 1941 году. Мать занималась домашним хозяйством, умерла в 1942 году.

Среднее образование получил в г.Симферополе в гимназии, затем в школе 2-ой ступени, которую окончил в 1923 году. В том же году поступил учиться в Крымский Гос[ударственный] Университет. В 1924 году был переведен в Казанский Гос[ударственный] Университет, который окончил в конце 1927 года по физико-математическому факультету по специальности “физическая химия”.

В 1928 году поступил на работу в Ленинградский Физико-Технический Институт, где проработал в качестве младшего научного сотрудника, затем старшего научного сотрудника и заведующего лабораторией до 1943 г.

В 1943 году был переведен на работу в Лабораторию Измерительных Приборов Академии Наук СССР, где работаю до настоящего времени в качестве начальника сектора.

* Из Личного дела Б.В.Курчатова.

Архив РНЦ КИ. Ф.1. Оп. 1лд. Ед.хр.8717. Л.37-38.

Награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени и присвоено в 1949 году звание Лауреата Сталинской Премии 2-ой степени.

В 1951 году вступил в ряды ВКП(б). Выполнял отдельные партийные задания и работал пропагандистом.

В Советской Армии не служил и не участвовал в гражданской и Отечественной войне.

Женат на Курчатовой Людмиле Никифоровне, урожденной Мухиной. Отец ее служащий, умер в 1951 году. Мать, Ольга Алексеевна Мухина – пенсионерка.

Брат мой, Курчатов И.В. – академик, начальник ЛИП АН ¹.

Отец мой, Курчатов Василий Алексеевич в 1924 году был арестован в Крыму за чтение антисоветских листовок, распространявшихся контрреволюционными элементами на службе. Был выслан на 3 года в г.Уфу в административном порядке без лишения избирательных прав. Впоследствии отец безупречно работал в г.Уфе, затем в Ленинграде до последних дней своей жизни.

6-X-52 г.

Б. Курчатов

¹ Лаборатория измерительных приборов Академии Наук СССР – второе наименование Курчатовского института в 1949 г. (после первого – Лаборатория № 2 Академии наук СССР). – Р.К.

АВТОБИОГРАФИЯ*

Родился в селе Симский завод Уфимской губ. в семье землемера. Среднее образование получил в Симферопольской мужской гимназии, позднее в школе 2-й ступени. Высшее образование получил в Казанском Государственном Университете имени В.И.Ленина, окончив его в 1927 г. по Химическому Отделению Физ. мат. факультета со специализацией по физической химии.

В 1928 году поступил на работу в Ленинградскую Физико-техническую лабораторию (позднее Институт). В Институте проработал в качестве младшего, затем старшего научного сотрудника и заведующего лабораторией до 1943 года, когда был переведен в Лабораторию № 2 Академии Наук СССР (позднее ИАЭ), где и продолжаю работать до настоящего времени в качестве начальника сектора.

В 1938 году Ученым Советом Ленинградского Индустриального Института присвоена ученая степень кандидата физико-математических наук без защиты диссертации за работы по физике диэлектриков и полупроводников.

За участие в выполнении правительственных заданий присвоено дважды звание лауреата Государственной премии 2-й степени (в 1949 и в 1953 гг.) и звание лауреата Ленинской премии (в 1959 г.).

Награжден орденом Ленина и 5-ю орденами Трудового Красного Знамени.

Научные работы, выполненные за период 1928-1957 гг. распадаются на три цикла.

1-й цикл. Работы по физике диэлектриков.

Основные результаты получены при исследовании диэлектрической поляризации изоморфных смесей сегнетовой соли. Был обнаружен далеко идущий параллелизм с ферромагнетиками (выполнение закона Кюри-Вейсса

* Из личного дела Б.В.Курчатова.
Архив РНЦ КИ. Ф.1. Оп. 1лд. Ед.хр.8717. Л.46-48.

выше точки Кюри, увеличение максимального потока индукции с понижением температуры в области спонтанной ориентации, резко выраженное явление гистерезиса). Полученные результаты вместе с исследованием количественных зависимостей от концентрации компонент смеси послужили основой для разработки И.В.Курчатовым теории сегнетоэлектриков.

2-й цикл. Работы по полупроводникам.

В результате этих работ, которые велись в течение ряда лет под непосредственным руководством акад[емика] А.Ф.Иоффе, были открыты и изучены основные типы температурных зависимостей электропроводности полупроводников: переход от примесной к собственной электропроводности материала при высоких температурах, уменьшение работы по диссоциации с увеличением концентрации примесей, кажущееся уменьшение работы диссоциации с повышением температуры.

Был выполнен ряд работ по измерению зависимости свойств полупроводника от концентрации примесей.

Исследования по физике полупроводников увязывались с работой по изысканию новых типов твердых выпрямителей, которая привела к разработке мной сульфидного выпрямителя, допускающего работу на существенно больших плотностях тока, по сравнению с существующими выпрямителями.

3-й цикл. Работы по физике ядра.

Эти работы начаты в 1934 году в ЛФТИ совместно с коллективом физиков и были сконцентрированы на вопросах взаимодействия ядер с нейтронами. Лично я выполнял радиохимическую часть исследований. В результате доказано расщепление ядер алюминия нейтронами по двум цепям (образование Mg^{27} и Na^{24}), разработан метод изучения ядерных реакций в камере Вильсона с рабочей жидкостью из летучего соединения изучаемого элемента (бора). Обнаружен третий радиоактивный изотоп брома. Последнее исследование привело к открытию ядерной изомерии у искусственно радиоактивных ядер.

За период 1950-1953 гг. руководил работой коллектива радиохимиков и физиков по изучению радиохимическими методами реакций на сложных ядрах при высоких энергиях бомбардирующих частиц.

В итоге изучены закономерности выхода разнообразных продуктов расщепления серебра быстрыми частицами, найден ряд новых изотопов, обнаружены новые явления – вылет легких ядер из серебра (резко асимметричное деление), вторичные ядерные реакции с увеличением заряда и массы облучаемого ядра, деление с возбужденного уровня. Результаты оформлены в виде 3-х статей и кандидатской диссертации (В.Н.Мехедова).

В течение ряда лет руководил исследованиями по изучению зараженности воздуха, продуктов питания и костей человека продуктами атомных взрывов. Составлен ответственный доклад в Радиационный комитет ООН об уровне зараженности среды стронцием-90 в СССР.

В этой работе кроме новых экспериментальных данных о содержании Sr^{90} получены впервые выводы о среднем возрасте выпадающей осколочной активности. Последние результаты представляются существенными для вопроса о распределении продуктов взрыва в атмосфере по высоте.

В последние годы занимался вопросами радиохимического исследования деления тяжелых ядер. Основными направлениями в этой области являются: исследование симметрии деления радиохимическими методами и исследование закономерностей симметрии и асимметрии деления как функции заряда делящегося ядра.

28 января 1958 года.

Б. В. Курчатов



Пропуск Б.В.Курчатова в ЛФТИ 1934 г.
Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф-2. Подлинник



Билет №29. Пропуск в библиотеку ЛФТИ Б.В.Курчатова. 1935г.

Handwritten notes and calculations on the back of the library ticket:

$0.2 - 0.3 \text{ м} : 1 \text{ см} \times 1 \text{ см} \quad n = 2.0$

Келлес Браун; 2-3 см (1 см - 3,3 мм.)

CS, CMC, CMC.

CS	CMC	CMC
0.000177	25000	0.052
0.000177	8000	0.124
0.0230	4800	0.260
0.508	2800	0.78
14.0	7200	1.000

CS	CMC	CMC
0.000177	9000	0.100
0.000177	1500	0.060
0.026	5400	0.260
50.0	1400	0.012
155.0	320	1.000

$X = \text{const} \cdot V^2$

$L_0 C = h \cdot L_0 X = \text{const}$

1) $J_0 = J_0^2 + V^2 \cdot \text{const}$, $f = \frac{1000000}{2000}$

2) $L_0 J_0^2 = L_0 J_0^2 + V^2 \cdot \text{const} + \text{const}$

3) $J_0^2 = \frac{f}{V}$; $X = 4 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^4$

4) $X = f \cdot \text{const}$

5) $L_0 J_0^2 = V^2 + L_0 X + \text{const}$

6) $L_0 C = V^2 + L_0 X + \text{const}$, $V^2 = h - 1$

Записи Б.В.Курчатова на обороте билета



Профсоюзный билет Б.В.Курчатова. 1937-1937 гг.
 Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф-2. Подлинник



Удостоверение Б.В.Курчатова в ЛФТИ. 1941-1943 гг.
 Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф-2. Подлинник

Копия

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 30/6

Заседания Совета Ленинградского Индустриального
Института от 19-го мая 1938 г.

/Подлинник протокола хранится в делах Ученого Совета
Ленинградского Индустриального Института/.

СЛУШАЛИ: О присвоении ученой степени кандидата физико-
математических наук без защиты диссертации
инж.КУРЧАТОВУ Борису Васильевичу, представленную
Ленинградским Физико-Техническим Институтом.

ПОСТАНОВИЛИ: Заслушав и обсудив заключение рецензента и
постановление Совета Инженерно-Физического
фак-та – присвоить инж.Курчатову Борису
Васильевичу ученую степень кандидата физико-
математических наук без защиты диссертации.

П.п. Председатель Совета
Ученый Секретарь

– *С.М.СТАРОСТИН*
– *М.М.МИХАЙЛОВ*

ВЕРНО: Секретарь Ученого Совета /подпись/



Директор ЛФТИ академик
Абрам Федорович Иоффе



Б.В. Курчатов в период работы
над сегнетоэлектриками



Диплом № 004174 кандидата физико-математических наук Б.В. Курчатова

Копия

**Н К М – СССР
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ КОМИССИЯ ПО ПРИСВОЕНИЮ
УЧЕНЫХ ЗВАНИЙ**

Адрес: Москва, пл. Борьбы, д. №31/33, здание Пром. Академии
им. Кагановича, ком. 324, тел. Д 1-15-80

ВЫПИСКА

из протокола № 7 от 9 июня 1938 г.

(Подлинник протокола находится в делах Квалификационной
Комиссии НКМ)

СЛУШАЛИ:

6. Об утверждении Курчатова Бориса Васильевича (Ленинградский
Физико-Технический Институт) в ученое звание старшего научного
сотрудника.

ПОСТАНОВИЛИ:

Представить Наркому для утверждения Курчатова Бориса Васильевича
(Ленинградский Физико-Технический Институт) в ученое звание старшего
научного сотрудника по специальности “Экспериментальная физика”.

Председатель, профессор

Ученый секретарь

Утверждено 31/XII-38г. Зам. Наркома

Верно: Уч. секретарь Разумов.

С. С. Четвериков

И. М. Разумов

т. Суковым

Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф.2.

Б. В. Курчатов. Ленинград.
Вторая половина 30-х годов



На семинаре академика А. Ф. Иоффе в ЛФТИ. Слева направо в последнем ряду И. В. Курчатов первый, Б. В. Курчатов – четвертый. Ленинград. Начало 30-х годов



ПРОЛЕТАРИИ ВСЕХ СТРАН, СОЕДИНЯЙТЕСЬ!

ЗА ПРОЦВЕТАНИЕ НАУКИ, ТОЙ НАУКИ, КОТОРАЯ НЕ ОТГЛАВЛЯЕТСЯ
ОТ НАРОДА, НЕ ДЕРЖИТ СЕБЯ ВДАЛИ ОТ НАРОДА, А ГОТОВА СЛУЖИТЬ
НАРОДУ. ГОТОВА ПЕРЕДАТЬ НАРОДУ ВСЕ ЗАВЛАДЕННЫЕ НАУКИ, КОТОРЫЕ
ОБЕСЛУЖИВАЕТ НАРОД НЕ ПО ПРИНУЖДЕНИЮ, А ДОБРОВОЛЬНО. С КРЕСТЬЯ-

СТАВКО

ПОЧЕТНАЯ ГРАМОТА

Дирекция, Партийный Комитет и Местный
Комитет Ленинградского Физико-Технического
Института награждает тов. Курчатова

Бориса Васильевича

почетной грамотой за активное участие
в социалистическом соревновании и успешное
выполнение производственно - тематического
плана 1938 года



Директор ЛФТИ
А.С. ИОФФЕ

Секретарь Паркома
(КАКУШИН И. П.)

Председатель МК
(РУСИНОВ И. И.)

Л. Русинов.

Приказ № 18

по Казанской группе Ленинградского физико-технического института
от 16 декабря 1941 г.

За успешную работу по оборонной тематике в ноябре месяце 1941 г.
премирую следующих сотрудников института:

1. Гаева Бориса Александровича	800р.
2. Константинова Бориса Павловича	800р.
3. Дунаева Юрия Александровича	800р.
4. Бреслер Семена Ефимовича	800р.
5. Бредова Михаила Михайловича	300р.
6. Харкевича Александра Александровича	800р.
7. Римского-Корсакова Андрея Владимировича	800р.
8. Мациевского Виктора Станиславовича	800р.
9. Русакова Ивана Гавриловича	300р.
10. Андреева Александра Павловича	600р.
11. Курчатова Бориса Васильевича	600р.
12. Коломийца Бориса Тимофеевича	500р.
13. Куприенко Владимира Лаврентьевича	800р.
14. Шестопалова Леонида Михайловича	500р.
15. Суворова Леонида Яковлевича	500р.
16. Козодаева Михаила Силовича	600р.
17. Чернецова Николая Яковлевича	500р.
18. Брайтгальда Юлия Марковича	500р.
19. Бунимовича Владимира Иосифовича	400р.
20. Френкеля Якова Ильича	800р.
21. Готсвана Марка Львовича	400р.
22. Журкова Серафима Николаевича	400р.
23. Кувшинского Евгения Васильевича	400р.
24. Каца Моисея Яковлевича	300р.
25. Желепова Венедикта Петровича	500р.
26. Малеева Аркадия Алексеевича	300р.
Бродского Владимира Борисовича	

Исправленному в п.26 верить
А.Иоффе

Директор Ин- | ститу | та

академик /А.Ф.Иоффе/

Воспроизведено с подлинника, хранящегося в Архиве ЛФТИ АН СССР
им.А.Ф.Иоффе
Ф.3.Оп.2.Д.15.Л.8.

Выписка из приказа № 22

по Казанской группе Ленинградского Физико-технического
института

от 25 декабря 1941 года.

На основании постановления Президиума АН СССР от 25.12.-41г.
премирую:

|...|

4. За настойчивую и успешную работу по выполнению оборонного
задания:

|...|

1. Курчатова Б.В. 400 руб.

|...|

Директор Института
академик

А.Ф.Иоффе

СВЕДЕНИЯ*

о перемещениях и изменениях Б.В.Курчатова
по службе (1928-1946 гг.)

С 1 октября 1928 г. зачислен в ФТИ на должность "... инженер в лаборатории академика Иоффе". Приказ № 111/68 от 17 октября 1928 г.

С 16 сентября 1936 г. – Заведующий лабораторией. Приказ № 0/28 от 25 ноября 1936 г.

С 15 января 1944г. "... отчислен из ЛФТИ в штаты Лаборатории № 2". Приказ № 10 от 3 февраля 1944г.

С 1946 по 1950 гг. – заведующий радиохимической лабораторией во 2-м НИФИ (НИИЯФ) МГУ им. М.В.Ломоносова. – (По совместительству).



Пропуск Б.В.Курчатова во 2-й НИФИ МГУ – 1947 г.

* Архив РНЦ Ки.Ф.1. Трудовая книжка Б.В.Курчатова. – Р.К.

- 1) Прежде, чем заполнять анкету – необходимо ознакомиться с вопросами для правильного ответа на них.
- 2) Ответы писать подробно, четко и разборчиво, прочерки делать не разрешается.
- 3) На вопросы, не предусмотренные анкетой, но имеющие существенное значение, лицо заполняющее анкету, должно обязательно ответить в конце анкеты.
- 4) Анкета заполняется только ЛИЧНО.
- 5) В тексте ответов указываются также ссылки на подтверждающие документы, если таковы имеются.
- 6) Лица, дающие о себе неверные или неточные сведения, будут привлекаться к ответственности.

АНКЕТА

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ
а) о себе:	
1. Фамилия, имя и отчество	Курчатov Борис Васильевич
2. Год, месяц и число рождения	1905 г. 3 августа
3. Место рождения (село, деревня, город, область по их названию в год рождения). В скобках указывается место рождения по новому наименованию и административному делению.	село Симский завод Уфимской губ. и уезда / Симский завод Минярского района, Челябинской области
4. Национальность, родной язык	русский
5. Если ранее состоял в другом гражданстве, указать в каком именно, когда принят в гражданство СССР и какими документами оформлено	Не состоял в другом гражданстве. Гражданин СССР.
6. Социальное происхождение. Социальное положение.	Сын служащего. Служащий.
7. Состоит ли членом или кандидатом ВКП(б), с какого времени, какой организацией принят, № партийного билета или кандидатской карточки и какой организацией выдан.	Беспартийный
8. Состоял ли ранее в ВКП(б) или в других компартиях кроме ВКП(б), сколько времени, где, когда и по какой причине выбыл.	Не состоял
9. Кто из членов ВКП(б) Вас хорошо знает и где он сейчас	Певзнер Михаил Исаакович (Москва) Андреев Александр Павлович (Сухуми)

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

АТТЕСТАЦИЯ

1. Фамилия, имя и отчество Курчатов Борис Васильевич
2. Год р. 1905
3. Партийность бесп.
4. Национальность русский
5. Ученая степень и звание (год присуждения и темы диссертаций)
Кандидат физматемат. наук степень присуждена в 1938 г. без защиты диссертации
старший научный сотрудник; звание присв. В 1938 г.
6. Занимаемая должность начальник сектора
7. Стаж научно-исследовательской работы 19 лет
8. Число научных работ 16 работ и 7 отчетов, из них опубликовано 16 работ
(Указать о числе совместных работ, рукописей, монографий, учебников)
Большинство работ выполнено совместно (20 работ)
9. Число научных работ, выполненных в последние 3 года (1944-1946)
3 /и 4 в 1947 г./
из них опубликовано не опубликованы (оформление в виде отчетов)
10. Наличие работы по совместительству завед.радиохимической лабораторией во 2-м НИФИ МГУ
11. Аттестация, данная заведующим отделом, лабораторией, сектором
Является крупным исследователем в области экспериментальной физической химии.
Должности нач.сектора безусловно соответствует. И.Гуревич.
12. Аттестация, данная директором представить на утверждение в должности начальника сектора
Академик И.В.Курчатов 14-16/IX 1948 г.
13. Решение Бюро Отделения
Результаты тайного голосования: за — ; против —
14. Решение Р.З. Президиума АН СССР Утвердить в должности
начальника сектора (Протокол № 1 Р.З. Президиума АН СССР от 3/1-49 г. §§ 1-2)

ХАРАКТЕРИСТИКА

заведующего сектором Лаборатории Измерительных Приборов АН СССР
Б.В.КУРЧАТОВА

Заведующий сектором Лаборатории Измерительных Приборов кандидат физико-математических наук Б.В.КУРЧАТОВ принадлежит к числу наиболее выдающихся физико-химиков нашей страны. Он является глубоко-оригинальным ученым, работающим в смежных областях физики и химии. Б.В.Курчатов всегда стремится к постановке и разрешению таких проблем физики, которые требовали бы глубокого проникновения в химизм явления.

Всю научную деятельность Б.В.Курчатова можно грубо разбить на два больших цикла: свойств полупроводников и диэлектриков радиохимии.

После открытия искусственной радиоактивности Б.В.Курчатов начинает исследовать химию радиоэлементов и технику их выделения. Большое количество работ в этой области завершается открытием изомерии брома, сделанным совместно с И.В.Курчатовым и др. — одной из наиболее крупных и принципиальных работ по ядерной физике в нашей стране.

Первые работы Б.В.Курчатова относятся к одному из труднейших и принципиальных вопросов физики твердого тела — физико-химии полупроводников. В этом цикле работ Б.В.Курчатова достаточно указать на те, вошедшие во все монографии по данному вопросу исследования электропроводности закиси меди в зависимости от отклонения от стехиометрического состава.

Логическим завершением работ этого цикла явилось открытие Б.В.Курчатовым совершенно нового типа твердого выпрямителя — сульфидного выпрямителя, превосходящего по своим параметрам все существовавшие до этого времени.

В настоящее время Б.В.Курчатов руководит одним из основных секторов Лаборатории Измерительных Приборов АН СССР. Возглавляемый им коллектив добился крупных успехов в деле разрешения очень важных научных задач. Методы, предложенные Б.В.Курчатовым, вошли в практику ряда других научно-исследовательских институтов.

Для Б.В.Курчатова, как для ученого, характерно сочетание тонкого экспериментального искусства с глубокой эрудицией в различных областях физики и химии.

Звание старшего научного сотрудника лишь в самой малой мере отражает научные заслуги Б. В. Курчатова.

Профессор
[1948 г.]

*И. И. Гуревич**

Копия.
ПРЕЗИДИУМ АКАДЕММИИ НАУК СОЮЗА ССР

* Гуревич Исая Исидорович – физик, в то время д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией ЛИПАН, член-корреспондент АН СССР (1968). – Р.К.

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

г. Москва

25 ноября 1948 г.

(Протокол № 11 § 109 п.)

Представление Ученого совета Лаборатории № 2 Академии Наук СССР о присвоении ученого звания старшего научного сотрудника Б.В.КУРЧАТОВУ
Докладчик академик В.П. Никитин.

Присвоить кандидату физико-математических наук КУРЧАТОВУ Борису Васильевичу ученое звание старшего научного сотрудника по специальности “экспериментальная физика”.

п.п. Президент Академии Наук СССР, академик — *С.И.Вавилов*

Академик — секретарь Академии Наук СССР, академик — *Н.Г.Бруевич*

С ПОДЛИННЫМ ВЕРНО:

Заведующий протокольным отделом

Секретариата Президиума Академии Наук СССР (*В.М.Бориневская*)

М.П.

Академия Наук СССР



РНЦ КИ. Ф.1. Лс-1. Личное дело Б.В.Курчатова

РАСПОРЯЖЕНИЕ № 26*
ПО ЛАБОРАТОРИИ № 2 АКАДЕМИИ НАУК СССР

“ 8 “ июля 1943 г.

Зачислить на работу в Лабораторию № 2 на должность Старшего научного работника кандидата физ.-мат. наук КУРЧАТОВА Бориса Васильевича с 8 июля 1943 г.

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА ЛАБОРАТОРИИ № 2
АКАДЕМИИ НАУК СССР –

Доцент (Ямпольский С. М.)

“Зачислен начальником сектора с 24 сентября 1943 г.”



* Архив РНЦ КИ. Ф.1.Лс-1.Л.28.Личное дело Б.В.Курчатова – Р.К.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ
РАБОТНИКОВ КУЛЬТУРЫ

ПРОФСОЮЗНЫЙ БИЛЕТ
№ 1763892

Фамилия *Курчатov*
Имя *Борис*
Отчество *Васильевич*
Год рождения *1905*
Профессия *рицарь-хитрик*
Год вступления в союз *1928г.*
Наименование профорганизации, выдавшей билет *Союз работников культуры*

Личная подпись _____

МЕСТО
ФОТО
КАРТОЧКИ

Председатель
Комитета _____

М. П. _____

195 г.



Профсоюзный билет Б.В.Курчатова. 1950-е годы

Пролетарии всех стран, соединитесь!

**КОМУНИСТИЧЕСКАЯ ПАРТИЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА**

ПАРТИЙНЫЙ БИЛЕТ
№ 04395222 *

Фамилия *Курчатov*
Имя и отчество *Борис Васильевич*
Год рождения *1905*
Время вступления в партию *сентябрь 1951*
Наименование организации, выдавшей билет *Союзмел №133*



М. П. _____

Время выдачи партиябилета *20. ИЮНЯ 1954г.*

УПЛАТА ЧЛЕНСКИХ ВЗНОСОВ
1954 год

Месяц	Месичный заработок	Членский взнос	Подпись секретаря
Январь			
Февраль			
Март			
Апрель			
Май			
Июнь			
Июль	6900	207	<i>Иванов</i>
Август	6900	207	<i>Иванов</i>
Сентябрь	6900	207	<i>Иванов</i>
Октябрь	6300	207	<i>Иванов</i>
Ноябрь	6900	207	<i>Иванов</i>
Декабрь	6900	207	<i>Иванов</i>

Партиябилет Б.В.Курчатова. 1952 г. Дом-музей И.В.Курчатова.

Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф.2. Подлинник



Аттестат старшего научного сотрудника Б. В. Курчатова № 08541



Диплом доктора химических наук Б. В. Курчатова № 000107

АПШЕСПАШ
ПРОФЕССОРА

МПР № 015072

Москва 7 октября 1970 г.

Решением
Высшей Аттестационной Комиссии
от 1 июля 1970 г. (протокол № 22/3)

Курчатов Борис Васильевич

УТВЕРЖДЕН В УЧЕНОМ ЗВАНИИ ПРОФЕССОРА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
"радиоизотопы"



Председатель Комиссии
Доктор химических наук
Ученый Секретарь Комиссии
Академик Государственной Академии

М. С. Жолдаш
В. И. Зинин

Аттестат профессора Б.В.Курчатова № 015072. 1970 г.
Дом-музей И.В.Курчатова. Коллекция Б.В.Курчатова. Ф.2. Подлинник



Профессор Б.В.Курчатов



В канун Нового Года с
сотрудниками сектора

Не подлежит опубликованию

В Н Ц И С К А

УКАЗ ПРЕЗИДИИ ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СРСР
УКАЗ ПРЕЗИДУМА ВЕРХОВНАГО СОВЕТА СССР
СССР ОДНИ СОВЕТИ ПРЕЗИДУМНИИГ ФОРМАНИ
СССР ЖОГАРТУ СОВЕТИ ПРЕЗИДУМНИИГ УКАЗЫ
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԱՆ ԱՐԴՈՒՄ ԶԱՐԿՈՒ ԱՐԴՈՒ ԶԱՐԿՈՒՄԸ
СССР АДИ СОВЕТИ РАЙСОТ ЁЙ'ОТНИИ ФОРМАНИ
ТОРС АՎԵՍՏԱՍՏՈՍԻՈՏ ԿԱՐԿՈՍ ՔՐԵՍԻՍԻՈՒՄ ԵՏԱԿԱՅ
УКАЗЪ ПРЕЗИДУМАГУ СОВЕТУГАУ СЪВРЕМ АН УРСС



ՔՐԵՍ ԱՎՏԱՏԱՏ ԲԱՐՈՒՄԵՍ ՔՐԵՍԻՍԻԱ ՍԵԿՐԵՏ
СССР ЖОГАРТУ СОВЕТИИИ ПРЕЗИДУМУИИ УКАЗЫ
УКАЗИ ПРЕЗИДУМИ СОВЕТИ ОДНИ СССР
ՈՐՈՒ ԿՐԵՎՈՒՅՆ ՈՐԿԵՆ ԶՈՒՇԵՆՈՒՐՈՅ ԿՐԵՎՈՒՄԸ
СССР ԵՌԱՐՄ СОВЕТИИИГ ПРЕЗИДУМНИИГ УКАЗЫ
ՈՍՒ ԼԻՈՒ ՕԼԵՄՈՒԿՈՍՈՒ ՔՐԵՍԻՍԻՈՒՄԻ ՅԵԱԴՈՒՍ
ՏՈՒԼԻԻ ԿՈՆԿՐԵԻՄԱՆ ՈՒՅՈՒՍՏՈՆ ՈՒՄԵՆԻԵՆԻՍՏՈՆ ԱՏԵՏՈՍ

УКАЗ ПРЕЗИДУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР

О награждении орденами СССР научных,
инженерно-технических работников,
наиболее отличившихся при выполнении
специального задания правительства.

За успешное выполнение специального задания
правительства **наградить**

ОРДЕНОМ ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

КУРЧАТОВА Бориса Васильевича - кандидата физико-математиче-
ских наук.



Председатель Президиума
Верховного Совета СССР - *И. Шверник*
(И. Шверник)

Секретарь Президиума
Верховного Совета СССР - *А. Горкин*
(А. Горкин)

Москва, Кремль.
29 октября 1949г.

Тов. КУРЧАТОВУ Б.В.



СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № _____

от 29 октября 1949 г. Москва, Кремль.

В Н П И С К А:

За успешное выполнение специального задания Правительства Совет Министров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

58. ПЕВЗЕНЕРА Иосифа Яковлевича, научного сотрудника МОСТОВОГО Владимира Косифовича, научного сотрудника КУРЧАТОВА Бориса Васильевича, кандидата физико-математических наук, ЯКОВЛЕВА Георгия Николаевича, научного сотрудника

- представить к награждению орденом Трудового Красного Знамени;

- премировать суммой 50.000 рублей (на всех).

Присвоить Певзенеру И.Я., Мостовому В.И., Курчатову Б.В., Яковлеву Г.И. звание лауреата Сталинской премии второй степени.

Предоставить Певзенеру И.Я., Мостовому В.И., Курчатову Б.В. и Яковлеву Г.И.:

- право на обучение своих детей в любых учебных заведениях СССР за счёт государства;

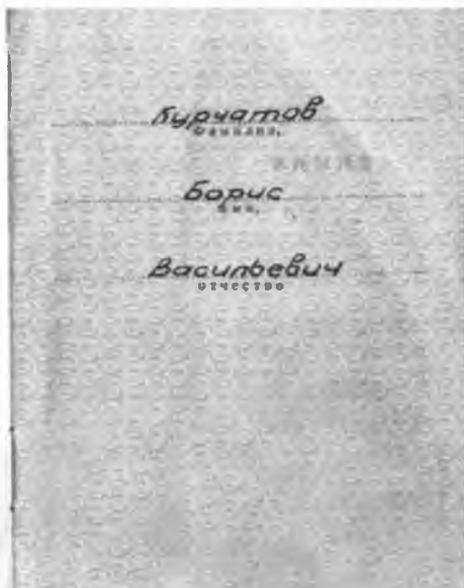
- право (назначенно для них, их жён и до совершеннолетия для их детей) на бесплатный проезд железнодорожным, водным и воздушным транспортом в пределах СССР.

Скопировать и выдать на распоряжение постановленными должностными лицами.



Председатель

Совета Министров Союза ССР И.Сталин.



Награжден орденом	№ ордена
Трудового Красного Знамени	33591
Грудного Красного Знамени	111751
Трудового Красного Знамени	290810
Трудового Красного Знамени	267745
ЛЕНИНА	277380
Трудового Красного Знамени	358772

Имеет право, начиная с 1. VII. 1945 г. на получение орденских денежных выдач и на другие льготы и преимущества, согласно «Общих положений об орденах Союза ССР».

3 июля 1945 г.

№ 273162

ИЗВЛЕЧЕНИЯ

из «Общего положения об орденах Союза ССР» (утверждено постановлением ЦИК и СНК Союза ССР от 7 мая 1928 г.).

1. Орден Союза ССР является высшей наградой за особые заслуги в области социалистического строительства и обороны Союза ССР.
3. Орденами Союза ССР могут награждаться как отдельные граждане, так и войсковые соединения и воинские части Рабоче-Крестьянской Красной Армии, предприятия, учреждения и организации.
4. Награжденные орденом Союза ССР могут быть за новые заслуги повторно награждены тем же или другим орденом Союза ССР.
10. Награжденные орденом Союза ССР пользуются лично правом бесплатного про-

Лист Орденской книжки № 273162 с пометками о награждениях Б.В. Курчатова

Дом-музей И.В. Курчатова. Коллекция Б.В. Курчатова. Ф.2. Подлинник



У № 161988

УДОВОЛЕРЕНИЕ

УДОВОЛЕРЕНИЕ
УДОВОЛЕРЕНИЕ
УДОВОЛЕРЕНИЕ

Курчатов

Борис

Васильевич

УКАЗОМ ПРЕЗИДУМА ВЕРХОВНОГО
СОВЕТА СССР от 6 июня 1945 года
НАГРАЖДЕН МЕДАЛЛЮ

„ЗА ДОБЛЕСТНЫЙ ТРУД
В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ВОЙНЕ 1941 – 1945 гг.“

От имени ПРЕЗИДУМА ВЕРХОВНОГО
СОВЕТА СССР МЕДАЛЬ ВРУЧЕНА

4 *ноября* 1945 г.

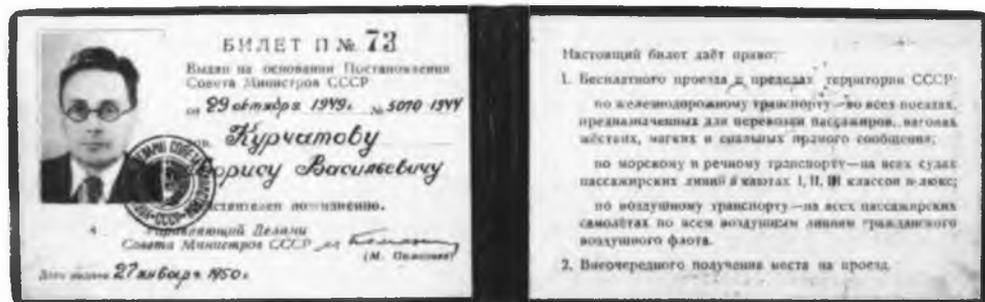
Секретарь Зисманкова

(должность и подпись лица,
вручившего медаль) *М. П. Ленинградского Курчатовского Института*

Удостоверение о награждении Б.В.Курчатова медалью “За доблестный и самоотверженный труд в период Великой Отечественной войны” № 161988



Удостоверение лауреата Государственной Премии СССР № 1100
Б. В. Курчатова – 1949 г.



Проездной билет Б. В. Курчатова № 73 (27.01.50)



Удостоверение лауреата Государственной Премии СССР № 1098
Б. В. Курчатова – 1953 г.



Поздравительное письмо И.В.Курчатова – Б.В.Курчатову от 28.12.54 г.
по случаю награждения орденом Ленина

Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф-2. Подлинник

Тов. КУРЧАТОВУ Б. В.

ДОРОГОЙ БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ !

Поздравляю Вас с высокой правительственной
наградой и желаю здоровья и дальнейших успехов в
работе.


/Курчатов И.В./

* 22 * сентября 1956 г.

Поздравительное письмо И.В.Курчатова –
Б.В.Курчатову от 22.09.56 г. по
случаю награждения орденом
Трудового Красного Знамени



Дом-музей И.В.Курчатова.
Рукописное собрание. Ф-2. Подлинник



Васильев



ПОСТАНОВЛЕНИЕМ КОМИТЕТА
ПО ЛЕНИНСКИМ ПРЕМИЯМ
В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР
ОТ 22 АПРЕЛЯ 1959 ГОДА
ПРИСУЖДЕНА ЛЕНИНСКАЯ ПРЕМИЯ

*КУРЧАТОВУ Борису Васильевичу за работы
в области радиационной химии.*



Постановление
Комитета по Ленинским премиям
в области науки и техники
при Совете Министров СССР
Удостоверение № 0478
от 22 апреля 1959 г.
Лауреат
И. В. Курчатов

И. В. Курчатов
22.04.59



Диплом лауреата Ленинской Премии – 1959 г.



Удостоверение № 0478 лауреата Ленинской Премии
Б.В.Курчатова 14.05.59 г.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ СССР

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 27786

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет по делам изобретений и открытий СССР
выдал настоящее свидетельство

КУРЧАТОВУ Борису Васильевичу
Лагутиной В.В., Калистратовой А.В., Озвуку Ю.А.,
Чижову В.А., Быковскому Н.Н.

на изобретение

по заявке № **957758/Б-680** с приоритетом от **5 августа 1961г.**
автор **И** изобретения: **ОНИ же**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР
13 мая 1961 г.

Действие авторского свидетельства распро-
страняется на всю территорию Союза ССР

Заместитель Председателя
Комитета
/ Начальник отдела

Иллюстрация составлена Андреем Голосовым. 1961. Лист. Лек. 19748.

Авторское свидетельство №27786 Б.В.Курчатова. 1961 г.

Дом-музей И.В.Курчатова. Коллекция Б.В.Курчатова. Ф.2. Подлинник



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ
при СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 36432

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР
выдал настоящее свидетельство

Предприятию п/я 3393

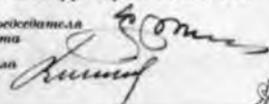
на изобретение

980266/011279
по заявке № с приоритетом от 30 мая 1966 г.
автор^ы изобретения: КУРЧАТОВ Борис Васильевич
Чулков П.М., Шервуд К.А., Емельянов Г.В.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР
22 февраля 1967 г.

Действие авторского свидетельства распро-
страняется на всю территорию Союза ССР

Председатель Комитета
Исполнитель отдела



Московская областная фабрика Голланд 1966. Лист 11197.

Авторское свидетельство №36432 Б.В.Курчатова. 1967 г.

Дом-музей И.В.Курчатова. Коллекция Б.В.Курчатова. Ф.2. Подлинник



Работа мысли: Б. В. Курчатов в своей лаборатории в ИАЭ. 1960-е годы



... и на берегу Черного моря.
1960-е годы

П Р И К А З
по ордена Ленина Институту атомной энергии
им. И. В. Курчатова

г. Москва

“ 3 ” августа 1965 г.

№ 1045

Содержание: о вынесении благодарности и о премировании товарища Курчатова Бориса Васильевича в связи с шестидесятилетием.

3 августа 1965 года исполнилось 60 лет со дня рождения Бориса Васильевича КУРЧАТОВА.

Б.В.Курчатов работает в Институте со дня его основания – с 1943 года.

Под его непосредственным руководством складывались и развивались в Институте научные исследования и экспериментальные работы по радиохимии. Химики Института, работавшие вместе с Б.В.Курчатовым и воспитанные им, получили высокую квалификацию радиохимиков.

Б.В.Курчатов является пионером в Советском Союзе в области химии ядерных превращений. Им, совместно с И.В.Курчатовым, Л.В.Мысовским и Л.И.Русиновым, сделано открытие изомерии в радиоактивных элементах, являющееся одним из крупных достижений советской ядерной физики.

Б.В.Курчатовым выполнено исследование, посвященное превращению сложных ядер под действием частиц высоких энергий. В этом цикле работ им и его сотрудниками был открыт ряд новых явлений, характерных для химии ядерных превращений при высоких энергиях возбуждения.

Б.В.Курчатов и руководимый им коллектив успешно выполнил ряд исследований по химии урановых и трансурановых элементов и продуктам их деления, нашедших практическое использование. Им совместно с сотрудниками были проведены важные исследования зараженности биосферы продуктами испытаний ядерного оружия.

За заслуги в научной работе Б.В.Курчатову присвоено звание Лауреата Ленинской премии и дважды Лауреата Государственной премии. Он отмечен многими правительственными наградами.

ПРИКАЗЫВАЮ:

Отмечая долголетнюю плодотворную научную деятельность Бориса Васильевича КУРЧАТОВА в Институте, за успешное выполнение научно-исследовательских работ руководимым им сектором № 3 Отдела ядерной физики в текущем году и в связи с шестидесятилетием со дня рождения объявить товарищу КУРЧАТОВУ Борису Васильевичу благодарность и премировать месячным окладом.

ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА
АКАДЕМИК

(А. П. АЛЕКСАНДРОВ)

Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. ЛС. Д. 909. Л. 290-291.

Памятная грамота
Б.В.Курчатова – участника
создания уран-графитового
реактора Ф-1. 1966 г.



УЧАСТНИКУ
СОЗДАНИЯ УРАН-ГРАФИТОВОГО
РЕАКТОРА Ф-1

*Курчатову
Борису Васильевичу*

В СВЯЗИ С ДВАДЦАТИЛЕТИЕМ
СО ДНЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ
ВПЕРВЫЕ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ
ЦЕПНОЙ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ
ДЕЛЕНИЯ УРАНА

Аннотация:  *В.А. Курчатов* Академик А. И.
23 декабря 1966 г.

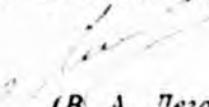
ТОВАРИЩ Курчатова Б.В.

в связи с 25-летием организации
Института Атомной Энергии
и.м. И. В. Курчатова
награжден памятной медалью
«За долгую и
плодотворную деятельность по
развитию атомной науки».

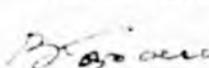
Директор института


(А. П. Александров)

Секретарь парткома


(В. А. Легасов)

Председатель месткома


(В. С. Коротков)

Удостоверение к памятной медали “25 лет ИАЭ” которой
Б.В.Курчатова был удостоен в институте в 1968 году

Из материалов, связанных с выдвижением Б.В.Курчатова кандидатом в члены-корреспонденты АН СССР

ХАРАКТЕРИСТИКА

доктора химических наук

Курчатова Бориса Васильевича

Курчатов Борис Васильевич, начальник сектора Института Атомной Энергии им. И.В.Курчатова, 1905 г. рождения, русский, член КПСС с 1951 г., окончил Казанский Государственный Университет в 1927 г., по специальности Физическая химия, доктор химических наук, Лауреат Ленинской премии, дважды Лауреат Государственной премии, награжден орденом Ленина, пятью орденами “Трудового Красного Знамени”.

Б.В.Курчатов является крупным специалистом радиохимиком. Первые работы Б.В.Курчатова относятся к одному из труднейших вопросов физики твердого тела — физики и химии полупроводников и диэлектриков. В этом разделе достаточно указать на работы Б.В.Курчатова, вошедшие во все монографии, связанные с исследованием электропроводности закиси меди в зависимости от отклонения от стехиометрического состава. После открытия искусственной радиоактивности Б.В.Курчатов посвящает свою научную деятельность химии ядерных превращений, химии радиоактивных элементов и технике их выделения. Ряд работ в первой области завершился открытием изомерии брома, сделанным совместно с И.В.Курчатовым и др. Это одна из наиболее крупных и принципиальных работ по ядерной физике в нашей стране.

Значительных успехов Б.В.Курчатов добился в новой области исследования ядерных реакций при высоких энергиях заряженных частиц радиохимическими методами. В итоге этих работ были выявлены основные количественные закономерности расщепления сложных ядер быстрыми частицами и обнаружены новые явления — фрагментация сложного ядра, деление с возбужденного уровня, вторичные ядерные реакции с увеличением массы и заряда ядра.

Многие работы Б.В.Курчатова относятся к области химии трансурановых элементов и продуктов деления. Первое направление привело к разработке сульфатного метода выделения и очистки нептуния и плутония. Этот метод получил широкое применение как аналитический метод в практике лабораторий.

Помимо специальных исследований Б.В.Курчатовым совместно с его сотрудниками проведена работа по изучению радиоактивной зараженности

атмосферы, почвы, продуктов питания и костей человека в СССР, возникшей в результате испытаний ядерного оружия. Эти исследования носили большей частью пионерский характер и имели существенное значение для оценки влияния продуктов атомных взрывов на биосферу.

В 1962 г. Б. В. Курчатов защитил докторскую диссертацию по спец. теме. В последующие годы совместно с коллективом им выполнен ряд работ по вопросам радиохимии деления ядер. Всего Б. В. Курчатовым выполнено более 50 научных работ и специальных исследований.

С 1943 года Б. В. Курчатов является начальником большого научного сектора. В 1962 г. он был избран на эту должность по конкурсу. За время работы в ИАЭ Б. В. Курчатов подготовил большой коллектив научных сотрудников по радиохимии, из которых 8 человек под его руководством защитили кандидатские диссертации. Два научных сотрудника этого коллектива (Г. Н. Яковлев и Д. С. Горбенко-Германов) защитили докторские диссертации.

Б. В. Курчатов член КПСС. Принимает активное участие в общественной и партийной жизни института.

Характеристика дана в Президиум АН СССР в связи с выдвижением кандидатом в члены-корреспонденты АН СССР.

Директор Института
Атомной Энергии им. И. В. Курчатова,
академик

А. П. Александров

Секретарь парткома

В. М. Балебанов

Председатель месткома
“ ___ ” октября 1970 г.

Н. И. Сидоров

Дом-музей И. В. Курчатова. Рукописное собрание. Ф. 2. Коллекция Б. В. Курчатова. Д. 11.3. Черновик. Машинопись.

ОТЗЫВ

о научных трудах доктора химических
наук, профессора
КУРЧАТОВА БОРИСА ВАСИЛЬЕВИЧА

Научную деятельность Борис Васильевич Курчатов начал в 1928 году в Ленинградском физико-техническом институте АН СССР. Его первые работы относятся к области исследования диэлектриков и полупроводников.

Наиболее значительные результаты по диэлектрикам Б.В.Курчатовым были получены при изучении диэлектрической поляризации изоморфных смесей сегнетовой соли. Для этих кристаллов была найдена полная аналогия с ферромагнетиками (выполнение закона Кюри-Вейсса выше точки Кюри, увеличение потока индукции с понижением температуры в области спонтанной ориентации, резко выраженное явление гистерезиса). Разнообразие свойств упомянутых смесей в зависимости от концентраций компонент позволило говорить об открытии новой группы диэлектриков, названных сегнетоэлектриками. Эти исследования послужили основой для разработки И.В.Курчатовым теории сегнетоэлектриков. Из работ по физике и химии полупроводников, выполненных Б.В.Курчатовым под руководством академика А.Ф.Иоффе, достаточно указать на исследования электропроводности закиси меди и связи свойств полупроводника с отклонением от стехиометрического состава. Результаты этих работ вошли в большинство монографий. Исследования по физике полупроводников увязывались с работой по изысканию новых типов твердых выпрямителей, которая привела к разработке сульфидного выпрямителя, допускающего работу на значительно больших плотностях тока по сравнению с ранее известными выпрямителями.

С 1934 года работы Б.В.Курчатова относятся к области изучения искусственной радиоактивности. В этих работах он является одним из пионеров применения в нашей стране химических методов в ядерной физике. Работы этого периода завершились открытием изомерии искусственно созданных радиоактивных элементов, выполненным совместно с И.В.Курчатовым, Л.В.Мысовским и Л.И.Русиновым. Это открытие явилось одним из крупных научных достижений советской ядерной физики.

Существенных результатов добился Б.В.Курчатов в новой области ядерной химии — превращений сложных ядер под действием частиц высокой энергии. В итоге этих работ были выявлены основные количественные закономерности расщепления сложных ядер быстрыми частицами и обнаружены новые

явления – фрагментация сложного ядра, деление с возбужденного уровня, вторичные ядерные реакции с увеличением массы и заряда ядра.

Многие работы Б. В. Курчатова относятся к области химии трансурановых элементов и продуктов деления. В этом направлении работ под руководством Б. В. Курчатова и при его непосредственном участии удалось разработать целый ряд эффективных методов выделения трансурановых элементов и их очистки от осколков.

На протяжении ряда лет помимо специальных исследований Б. В. Курчатовым совместно с сотрудниками проводилась большая ответственная работа по изучению радиоактивной зараженности атмосферы, почвы, продуктов питания и костей человека, возникшей в результате испытаний ядерного оружия. Эти исследования носили большей частью пионерский характер и имели существенное значение для оценки влияния продуктов атомных взрывов на биосферу.

Составлен ответственный доклад в Радиационный комитет ООН об уровне зараженности среды стронцием-90 в СССР. В этой работе, кроме новых экспериментальных данных о содержании стронция-90, получены впервые выводы о среднем возрасте выпадающей осколочной активности. Последние результаты представляются существенными для вопроса о распределении продуктов взрыва в атмосфере по высоте.

За последние несколько лет Б. В. Курчатовым весьма активно разрабатываются вопросы радиохимии деления ядер. Основными направлениями в работах Б. В. Курчатова по делению ядер являются – исследование симметрии деления ядер радиохимическими методами и исследование закономерности симметрии и асимметрии делений, как функции заряда делящегося ядра.

Б. В. Курчатов является крупным ученым радиохимиком, работающим в смежных областях физики и химии. Сочетая исключительные способности и талант исследователя с любовью к науке и труду, Б. В. Курчатов показал себя искусственным экспериментатором при решении очень трудных задач в области радиохимии, где он стал признанным авторитетом.

Б. В. Курчатов заслуживает избрания его членом-корреспондентом Академии Наук СССР.

Академик
[Октябрь 1970 г.]

А. П. Александров



Б. В. Курчатov среди делегатов 8-го Всесоюзного Менделеевского съезда (9-й во втором ряду, справа налево).
Москва. Март. 1959 г.



Награждение выдающихся ученых Советского Союза в Кремле в связи с 225-летием со дня основания Академии наук. Б. В. Курчатов в 4-м ряду в центре (6-й, справа налево). Москва. 1949 г.

Сведения о поощрениях Бориса Васильевича Курчатова (1932 – 1965 гг.)*

Премия 250 рублей (Приказ по ЛФТИ № 69 от 29.12.32) за ударные темпы в работе.

Премия 500 рублей (Приказ по ЛФТИ № 0/18 от 05.11.38) за продолжительную успешную работу в связи с XX юбилеем ЛФТИ.

Премия 600 рублей (Приказ по ЛФТИ № 08 от 21.02.39) за достижения по разработке мощных выпрямителей.

Премия 800 рублей (Приказ по ЛФТИ № 47 от 03.07.39) за достижения по разработке мощных выпрямителей.

Премия 600 рублей (Приказ по Казанской группе ЛФТИ № 18 от 16.12.41) за успешную работу по оборонной тематике.

Премия 400 рублей (Приказ по Казанской группе ЛФТИ № 22 от 25.12.41) за выполнение оборонного задания.

Благодарность (Приказ по Казанской группе ЛФТИ № 79 от 28.11.42) за отличную работу и достигнутые успехи.

Премия 1500 рублей (Приказ по Казанской группе ЛФТИ № 94 от 29.12.42) за успешную производственную работу.

Благодарность и премия 3000 рублей (Приказ по Лаборатории № 2 АН СССР № 326 от 28.12.45) за выполнение срочного задания.

* Архив РНЦ КИ. Трудовая книжка Б.В.Курчатова. – Р.К.

Благодарность и премия 5000 рублей (Приказ по Лаборатории № 2 АН СССР № 75 от 14.17.47) за выполнение срочного задания.

Благодарность и премия 2000 рублей (Приказ по Лаборатории измерительных приборов АН СССР № 905 от 31.10.53) за хорошую работу.

Благодарность (Приказ по Институту атомной энергии № 984 от 12.11.56) за достижения в научной работе и успешное руководство деятельностью сектора.

Благодарность и месячный оклад (Приказ по Институту атомной энергии имени И. В. Курчатова № 1045 от 03.08.65)** в связи с шестидесятилетием со дня рождения.

Почетная грамота участнику создания уран-графитового реактора Ф-1 Курчатову Б. В. в связи с двадцатилетием со дня осуществления впервые в Советском Союзе цепной ядерной реакции деления урана. 25 декабря 1966 г.

Памятная медаль “За долголетнюю и плодотворную деятельность по развитию атомной науки”. (Выпущена руководством, партийной и общественной организациями ИАЭ имени И. В. Курчатова в связи с 25-летием института.

** Архив РНЦ КИ. Ф. 1.0п. Лс. Д. 909. Лл. 290-291. – Р. К.

Награды Бориса Васильевича Курчатова (1905-1972)

Физико-химик и радиохимик, кандидат физико-математических наук (1938), доктор химических наук (1962), профессор (1970), в ученом звании старшего научного сотрудника утвержден в 1938 г., в 1948 г.

1. Орден Трудового Красного Знамени № 33591. Указ ПВС СССР от 01.07.45.
2. Орден Трудового Красного Знамени № 111751. Указ ПВС СССР от 29.10.49.
3. Орден Трудового Красного Знамени № 267745. Указ ПВС СССР от 19.09.53.
4. Орден Трудового Красного Знамени № 290810. Указ ПВС СССР от 04.01.54.
5. Орден Ленина № 284380. Указ ПВС СССР от 22.12.54.
6. Орден Трудового Красного Знамени № 358772. Указ ПВС СССР от 11.09.56.
7. Медаль “За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.”
8. Золотая Медаль (№ 412) и Диплом (№ 1100) лауреата Государственной премии. Второй степени. Постановление СМ СССР от 29.10.49. “За выполнение специального задания правительства”.*
9. Золотая Медаль (№ 0413) и Диплом (№ 1099) лауреата Государственной премии. Второй степени. Постановление СМ СССР от 31.12.53. “За выполнение специального задания правительства”.
10. Золотая Медаль (№ 371) и Диплом лауреата Ленинской премии (Удостоверение № 0478). Постановление Комитета по Ленинским премиям при СМ СССР от 22.04.59. “За работу в области приборостроения”.
11. Серебряный знак Всесоюзного Менделеевского съезда (1959).

* Согласно постановлению СМ СССР от 11.07.62 знаки и дипломы Сталинской премии обменивались на вновь введенные в связи с переименованием названия премии. – Р.К.

Памяти Б. В. Курчатова*



Памятник Б. В. Курчатову на Новодевичьем кладбище в Москве.
Работа скульптора Н. Е. Саркисова.

* Газета "Правда" от 16 апреля 1972 г. № 107

13 апреля 1972 г. в Москве на 67-м году жизни после тяжелой и продолжительной болезни скончался один из крупнейших ученых-радиохимиков нашей страны, коммунист, доктор химических наук, профессор Борис Васильевич Курчатов.

Физико-химик по образованию, Борис Васильевич Курчатов с 1928 по 1943 год работал в Ленинградском физико-техническом институте, а с 1943 года возглавлял работы по радиохимии в Институте атомной энергии.

Им и его учениками были выполнены уникальные работы по изучению свойств искусственных радиоактивных элементов, проведен большой объем тонких радиохимических исследований загрязнения атмосферы, почвы и водоемов.

Под руководством Бориса Васильевича решен ряд важных прикладных задач по мирному использованию атомной энергии. Он явился одним из первых, кто применил химические методы в ядерной физике, получившие сейчас широкое применение.

Принципиальность, постоянное желание помочь в решении важнейших для нашей страны задач, необычайная работоспособность вызывали глубокое уважение всех соприкасавшихся по работе с Борисом Васильевичем.

Созданная им школа является сейчас одной из наиболее сильных научных школ в области тонкой радиохимии.

За выдающиеся заслуги Б.В.Курчатов награжден орденом Ленина, пятью орденами Трудового Красного Знамени, удостоен звания лауреата Ленинской и Государственных премий.

Личное обаяние Бориса Васильевича Курчатова, его скромность, самоотверженность – лучшие черты ученого-коммуниста навсегда сохранятся в нашей памяти.

П.Н.Демичев, Д.Ф.Устинов, В.А.Кириллин, Л.В.Смирнов, М.В.Келдыш, Е.П.Славский, И.Д.Сербин, С.П.Трапезников, А.М.Петросьянц, М.Д.Миллиончиков, А.П.Виноградов, А.П.Александров, Л.А.Арцимович, Е.К.Завойский, И.К.Кикоин, М.А.Леонтович, Н.Н.Семенов, Г.Н.Флёров.

Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф.2. Коллекция Б.В.Курчатова. Подлинник.

Некролог

13 апреля 1972 г. после тяжелой болезни скончался начальник сектора № 3, доктор химических наук, профессор КУРЧАТОВ БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ, выдающийся ученый, один из основателей радиохимии в нашей стране.

Б.В.КУРЧАТОВ родился 3 августа 1905 г. в гор. Сим, Челябинской области. В 1927 году он окончил Казанский Гос[ударственный] университет. С 1928г. по 1943г. он работал в Ленинградском физ[ико]-тех[ническом] институте, а с 1943 г. — в Институте атомной энергии. Широко известны выдающиеся научные достижения Б.В.КУРЧАТОВА. Он является соавтором открытия изомерии искусственных радиоактивных элементов. Под руководством Б.В.КУРЧАТОВА проведены важные работы по химии трансурановых элементов и физике деления. Ему принадлежит заслуга выделения первых лабораторных порций плутония в Советском Союзе.

Б.В.КУРЧАТОВ внес огромный вклад в развитие советской науки. Правительство СССР наградило его орденом Ленина, пятью орденами Трудового Красного Знамени. Он Лауреат Ленинской и двух Государственных премий. Б.В.КУРЧАТОВ воспитал в институте большую группу радиохимиков.

Б.В.КУРЧАТОВ сочетал в себе исключительный талант исследователя и любовь к науке. Он был чутким и отзывчивым человеком, большой научной эрудиции и культуры. Таким он навсегда останется в памяти всех, кто его знал по совместной работе.

*Дирекция, партком и местком Института атомной энергии
имени И.В.Курчатова*

Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф.2. Коллекция Б.В.Курчатова.
Машинопись.

Эпистолярные страницы Из писем Курчатовых (1941-1942)*



Отец и сын – В.А. и Б.В. Курчатовы перед началом Великой Отечественной войны. Ленинград.
Фото И.В. Курчатова

Курчатовы дома (слева направо): мать – Мария Васильевна, Борис Васильевич, отец – Василий Алексеевич, Марина Дмитриевна. Ленинград.
Середина 30-х гг.
Фото И.В. Курчатова



* В июле 1941 г. Б.В. и М.Д. Курчатовы эвакуировались с ЛФТИ в Казань, И.В. – отбыл на Черноморский флот. Родители – Василий Алексеевич и Мария Васильевна Курчатовы – из-за болезни отца остались в Ленинграде. Письма матери к детям были сохранены Б.В. и Л.Н. Курчатовыми; впервые опубликованы в сб. “Курчатов в жизни: письма, документы, воспоминания” в 2003 г. Здесь публикуются только письма к Б.В. Курчатову. – Р.К.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Ленинград, 22 августа 1941 г.

Здравствуйте, дорогие Боря и Маруся!

Вчера получила, Боря, твою открытку и очень рада, что Вы доехали благополучно. Вот только есть ли там какие продукты? Здоровье отца все слабеет: то мне кажется – он поправляется, то напротив – ухудшается. То он все метался и задыхался, теперь одышки меньше, днем ведет себя спокойно, ночью страдает и мало спит, а день почти весь не спит. [Приходит делать уколы] Валентина Андреевна, та медсестра, которая приходила при тебе. Но уколы его очень раздражают, и я хочу сходить в больницу Эрисмана к Андреевне и попросить ее прийти к нам и заменить уколы порошками камфары. Сегодня вечером получила, Боря, твое письмо из Казани. Хорошо ли кормят в академической столовой? Побольше, пожалуйста, покупай [шпику], а работать не торопись, ведь ты в этом году не отдыхал.

Гаря прислал с инженером письмо из Москвы, а письмо принес Морозов, который изредка навещает нас, хотел на днях привести знакомого профессора посмотреть отца. Гаря пишет, что из Москвы поедет прямо в Севастополь и пробудет там дней 10, в конце августа хотел вернуться в Ленинград. Болит за него душа: как проберется обратно. Сейчас идет эвакуация, люди с детьми, все мечутся как угорелые* [...].

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ**

Казань

Ленинград, 23 августа 1941 г.

[...] Деньги по сберкнижке получаю. 12 августа получила по отцовской сберкнижке 400 руб., а 23 августа получу сразу по отцовской книжке 600 руб. за три месяца: июнь, июль и август. Пенсию еще не приносили, и я ходила в собес раз шесть и так и не добилась – сколько отец будет получать, но все равно я еще раз схожу и объясню, что пенсионер (легочник) и ему нужно принести пенсию на дом. У нас все из дома эвакуируются, и Софья Гр. с Фаней и Мар. Сем. хлопочут, чтоб отпустили Р.Г., так как оставаться опасно; немцы расстреливают всех жителей без исключения, так было в Смоленске, откуда есть беженцы. Там в городе при взятии было страшное избиение и

* Продолжение письма не сохранилось. – Р.К.

** Начало письма не сохранилось. – Р.К.

детей, и женщин, а что будет здесь — страшно и подумать. По радио все время кричат: Ленинград в опасности, защищать будут народные батальоны. Но разве они смогут отстоять Ленинград, когда у немцев такая техника, немцы прямо заливают огнем при наступлении, так что красноармейцы, несмотря на все мужество, не в силах противостоять, и даже, предположим, наши победят, сколько придется перенести ужасов бомбежки. Так что я решила сходить в Институт и узнать, когда пойдет второй эшелон, и обязательно приедем в Казань [...] Ну, пока. Всего хорошего. Пиши, Боря, и старайся лучше питаться. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Ленинград, 26 августа 1941 г.

Дорогие Боря и Маруся!

26/VIII получила от Гари открытку, что он здоров и дней через 10 приедет сюда, а открытка писана 17 августа, и затем еще с неделю проживет здесь. Отец очень ослаб, я на днях послала Вам подробное письмо. Здесь пока все спокойно. Дают ли у Вас сахар и масло по карточкам или же у Вас выездная продажа?

Как питаешься, не забывай есть больше пищи с витаминами. Не взял с собой носков, а там можно ли купить? Привет Марусе. Получше питайся. Если мне не придется ехать с Гарей, то пришлю посылку и деньги. Крепко целую. Мать. М. Курчатова.

ТЕЛЕГРАММА Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 27 августа 1941 г.

Состояние отца тяжелое. Морозов.

М. В. КУРЧАТОВА – Б. В. И М. Д. КУРЧАТОВЫМ*

Казань

Ленинград, [после 28 августа] 1941 г.

[...] Ночь провел буйно, задыхался, кричал на всю квартиру. Сейчас была неотложная помощь, присланная из больницы Эрисмана, два врача, очень внимательные и симпатичные. Сказали, что везти его ни в коем случае нельзя, уколы пока отменили, прописали лекарство. Иду в аптеку, кстати, принесу кислород.

От Гари ни писем из Севастополя, никакой весточки. Но он так и писал в письме, принесенном Морозовым, что писать не будет, а скоро и неожиданно приедет. Спрошу еще через Морозова, не слыхали ли в Институте о нем чего-нибудь. Обстановка сильно меняется. Вчера вечером была первая тревога, длившаяся 1½ часа. Кенгисеп взят уже несколько дней, Гатчина разбомблена, беженцы оттуда бегут сюда.

Ну пока, до свидания. У нас в квартире под нами есть бомбоубежище, так что через черный ход можно спуститься прямо туда.

Пишите, как устроились, какая комната досталась по ордеру и Боре. Побольше заботься о здоровье и ешь ягод и фруктов. Целую Вас. Мать. М. Курчатова.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ [Б. В.] КУРЧАТОВУ

Казань, Академия наук

Ленинград, 30 августа 1941 г.

Отец скончался. Мама. Морозов.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ [Б. В.] КУРЧАТОВУ

Казань, Академия наук

Ленинград, 6 сентября 1941 г.

Вполне здорова. Жду приезда Игоря. Выедем вместе. Здесь все спокойно. Целую. Мать.

* Начало письма не сохранилось. – Р. К.

Б.В. КУРЧАТОВ – И.В. КУРЧАТОВУ

Москва

Казань, [2 сентября] 1941 г.

Дорогой Игорь!

Пишу с оказией, на случай если ты в Москве. Ты, вероятно, уже знаешь о печальной весте из Ленинграда. Папа скончался 30-го, и сейчас он, вероятно, уже похоронен. Очень страшно за маму, сколько ей одной пришлось перенести последние дни. Я надеюсь, что тебе удастся еще приехать в Ленинград и устроить ее выезд сюда, хотя бы с каким-нибудь эшелoном. По рассказу тетки Глазуновой, приехавшей с общим эшелoном, дорога оказалась гораздо легче, чем она ожидала.

Жизнь здесь сносная, и я постараюсь устроить маму получше. Пиши чаще и дай свои почтовые адреса.

Скоро ли ты соберешься в Казань? Нас здесь очень беспокоит твоя бродячая жизнь. Если будешь в Ленинграде, пошли “молнию” по адресу: Казань, Академия наук, Курчатoву, о здоровье мамы и дне выезда. Пока до свидания.

Крепко целую, Борис. Пусть мама даст телеграмму с дороги.

По последним рассказам выехать из Ленинграда трудно. Соминский обещал дать телеграмму в ЛОХУ Ак. наук за подписью Шмидта об отправке мамы с Астрономическим институтом. Но опять проклятая неизвестность, в каком состоянии находится сейчас мама? Морозов молчит.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 8 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Сегодня была в Институте у Жигулева, он не советует ехать с эшелoном, т.к. эшелoны идут только на север, а в Казань эшелoнов нет, так что, говорит, могут дорогой высадить на какой-нибудь станции, и придется ждать, когда пойдет поезд, могущий взять меня ехать в теплушке; говорит, в дороге можно [...] и зазимовать. Советует ждать Гарю, он обязательно, как говорил, должен вернуться в Ленинград. Или же отправит меня до Москвы с научными работниками, командированными по службе, как исправится дорога до Москвы. Почему ничего не пишет Маруся? Пиши чаще открытки, они доходят быстрее. Будьте здоровы, привет Марусе. Крепко целую. Мать. Марья Курчатова.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 9 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Сейчас вернулась из Госбанка, получила страховку 2991 руб., 9 рублей удержали на оборону. За меня не беспокойтесь. Во время тревог ухожу в бомбоубежище, ехать сейчас небезопасно, подожду более надежного случая, может быть, Гаря приедет. Буду писать открытки каждый день. Привет Марусе. Лучше питайся. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 10 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Перевожу телеграфом 2000 руб. тебе, положи в кассу на свое имя. У меня осталась еще страховка на 3000 и три сберкнижки, вполне достаточно для меня. Пока еще не выяснилось с поездкой в Казань.

Может быть, до Москвы удастся доехать с научными сотрудниками, командированными по служебным делам в Москву, а с эшелонном, в теплушке, Жигулев ехать не советует, тем более что прямых эшелонов в Казань нет и дорогой предстоит ожидание и пересадка на эшелон, едущий в Казань. Привет Марусе. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 14 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Меня очень удивляет молчание Маруси, сколько писем и открыток получила от тебя, а от нее – ни слова, что это значит? Спроси у Маруси адрес Морозова Алексея Васильевича, я знаю, что Флюгов переулком, а дома номер и квартиры не знаю, а она, конечно, знает, и он ей писал открыток десять, а она ни звука. Напиши ему благодарственное письмо за его теплое отношение и заботы по случаю похорон отца, а и Марусе не мешало бы поблагодарить его. Я здорова, будьте здоровы и вы. Привет. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 14 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Вчера послала тебе телеграмму-молнию, из которой ты должен понять, что выезд отсюда зависит не от меня, а от обстоятельств. При первой возможности меня Жигулев отправит с научными сотрудниками до Москвы. Сегодня получила две открытки: от тебя и от Гари. От Гари открытка шла 20 дней, писана 24 августа. Он здоров. Обещается скоро приехать. О смерти отца не знает. Адрес ему: Севастополь, 3-е почтовое отделение, до востребования. Привет Марусе. Я здорова и спокойна. Напиши благодар[ственную] открытку Морозову. Он обещал мне большую помощь.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ КОБЕКО

Ленинград, 21, Сосновка, 2

Казань, [сентябрь 1941г.]

Физико-технический институт

Свяжитесь [с] Федосеевым. Окажите содействие в отправке матери Курчатова [в] Казань. Академик Иоффе.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ ЖИГУЛЕВУ

Ленинград, 21, Сосновка, 2

Казань, [сентябрь 1941 г.]

Физико-технический институт

Очень прошу оказать максимальное содействие срочно отправить мать Курчатова [в] Казань. Свяжитесь [с] Федосеевым. Соминский.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 16 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Здесь все благополучно. 11 сентября получила за отца пенсию, за 28 дней 180 р., всего ему назначено было 193 р. 75 к., и мне велели в собесе подать заявление о зачислении меня на пенсию мужа. С 29 августа пенсия пойдет на мое имя, кажется только третья часть.

Пожалуйста, получше питайся. Есть ли там сливочное масло и где столуешься? Дунаев даже не написал открытки, что их эшелон 23-го отправляется, а я хотела послать тебе паюсной икры и кое-что из вещей. Целую. Мать.

И.В. КУРЧАТОВ – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Севастополь, 19 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Вчера получил телеграмму, а сегодня письмо, из которого узнал о смерти папы. Так грустно, что не удалось с ним проститься и облегчить маме ее страдания. Не думаю, чтобы ей удалось выехать в Казань, хотя некоторые надежды на это у меня еще остаются.

Думаю, здесь остаться еще на две недели, может быть, на месяц, а затем двигаться в Казань. Ты крепись, береги свое здоровье, лучше питайся и не переутомляйся.

С работой здесь у нас все благополучно, условия жизни хорошие. Жму руку и крепко целую. Брат Игорь.

ТЕЛЕГРАММА Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 20 сентября 1941 г.

Выезд мой задерживается на неопределенное время. Здорова. Пишу открытки ежедневно. Молнируешь зря. Привет. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, [21 сентября 1941 г.]

Дорогой Боря!

Забронировали всю квартиру, но, возможно, в случае заселения беженцами столовую и спальню заселят, как это делают с другими квартирами. К Морозову поместили 7 человек, кабинет же Гари останется неприкосновенным. Дуся нашла место в том же доме и на той же лестнице, № 38. Я очень рада, что развязалась с ней. Целую. Мать. Привет Марусе.

Б.В. КУРЧАТОВ – И.В. КУРЧАТОВУ

Севастополь

Казань, 21 сентября 1941 г.

Дорогой Гаря!

Наконец собрался написать тебе подробное письмо. Прежде всего о родителях. Последнее письмо (точнее открытку) получили от 31 августа от Морозова. Он пишет, что папу похоронили на Богословском кладбище 31 августа в 6 вечера и выполнили все его пожелания. Неожиданно ударила смерть по нашей семье, я все как-то надеялся на выздоровление папы. Очень не доволен собой, что не хватило настойчивости и решимости остаться с ними в Ленинграде. Маме одной пришлось перенести страшные минуты кончины папы и проводить его до могилы. О смерти папы я послал тебе “молнию”, но она, по-видимому, не дошла.

Судя по телеграммам, мама перенесла все благополучно, бодра и здорова, ждет случая выехать в Казань. Писем от нее совсем нет, кроме одного от 22 августа. Относительно ее выезда положение неопределенное. Была телеграмма от Кобеко, что мама включена в состав очередного эшелона Академии наук. Также была телеграмма “молния” от Федосеева в Президиум Академии, в которой он просит об отпуске средств для организации пяти эшелонов. Других сведений нет. Маме телеграфировали 12 сентября, что Жигулев советует ей подождать с выездом. Мне самому страшно настаивать на срочном выезде мамы и подвергать ее опасностям пути. Очевидно, остается только ждать и надеяться, что обстановка в Ленинграде улучшится.

Относительно нашей жизни и работы в Казани новостей вообще немного. Институту отвели несколько больших комнат для лабораторий, нашлось помещение и для мастерских со складом. Нашу группу под руководством Маслаковца* поместили в одну комнату в 60 кв. м. С приездом академика работа пошла лучше, уточнилась тематика. Работа интересная и не слишком тормозится трудностями организации на новом месте.

В жилищном отношении мы устроились неплохо. Мне дали комнату 6 кв. м в чистой квартире, изолированную, недалеко от трамвая и базара. Марина Дмитриевна также получила комнату очень хорошую, хотя и проходную, со всеми удобствами, что для нее очень важно, т.к. у нее все побаливает нога. Здоровье мое в хорошем состоянии, чувствую себя бодро, вышел из летнего состояния апатии и бессилия. Пока до свидания. Береги свое здоровье. Крепко целую. Б. Курчатов.

* Маслаковец Юрий Петрович – профессор, д.ф.-м.н. – Р.К.

М.В. КУРЧАТОВА – Б. В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 26 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Напрасно так беспокоишься обо мне и тратишься на “молнии”; ведь ты уже около 200 р. выкинул на “молнии”. Я зря никуда не выхожу, да и до сих пор не было ничего страшного, к тревогам я привыкла, выстрелы меня ничуть не пугают, да к тому же защищают Ленинград очень старательно, так что все спокойно. С продовольствием тоже дело налаживается, и я не голодаю. Почему ничего не пишет Маруся? Беспокоюсь о твоём здоровье. Привет Марусе. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 26 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

С квартирой Гари устроилось. Я заплатила за 3 месяца — июль, август, сентябрь и Дусе отдала 200 р., всего 592 р., но у меня еще осталось 2300 р., да еще за сентябрь не получала из двух сберкнижек, 400 р. сегодня получаю, а 29 сентября получу первую пенсию, так что денег вполне в достатке. Теперь здесь с 1 сентября коммерческой торговли нет, а только по карточкам, так что много денег и не надо; приходится их носить с собой. Не вздумай присылать. Гари на квартиру забронирована. Целую. Мать.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ [Б.В.] КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 27 сентября 1941 г.

Здорова. Буду телеграфировать еженедельно. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 27 сентября 1941 г.

Дорогой Боря!

Телеграфировать тебе буду не “молнией”, а обыкновенной телеграммой, а то жаль выброшенных денег, ведь на деньги, истраченные на “молнии”, можно было не только доехать до Казани, а и долететь на самолете. Сегодня была на квартире у Гари. Вся мебель и все вещи составили в кабинете. Кабинет заперли и забронировали. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Ленинград, 29 сентября 1941 г.

Дорогие Боря и Маруся!

Сегодня получила от Гари два письма. Пишет, что живет хорошо, там тепло и много фруктов, так что каждый день по очереди ходят на рынок и покупают по 10—16 ф. фруктов. Пишет, что не получал от нас ни одного письма; я адрес его узнала 14 сентября, и в тот же день написала ему открытку, а она пройдет 20 дней следования, и он ее получит [1] или 5 октября. Может быть, от Вас скорее доходят письма? Гаря пишет, что получил от Маруси несколько писем.

Почему Вы ему не пишете о смерти отца, я ему писала 14 сентября, а он еще не получил открытки. Напишите, чтоб он скорее приезжал в Ленинград. Чем скорее уедешь отсюда, тем лучше. На днях сюда пришло 85 писем, и от Вас с Марусей я получила открытку от 10 сентября. Гаря в письме пишет обратиться к Анатолию Петровичу, он Вам все устроит, а фамилию не пишет, а к нам никто не заходил, может, надумает зайти. Я бы от него узнала более точный адрес и телеграфировала ему. На днях, когда я с научным сотрудником Петром Ивановичем (Короткевич. — Р.К.) переносила вещи в кабинет, была большая канонада: вдруг весь дом затрясся, [зазвенело и зажужжало], и он говорит: смотрите, летят бомбы. Через Ваш дом наискось летели одна за другой 3 бомбы, одна упала во дворе аптеки напротив через улицу, так что через Флюгов переулок никого не пропускали; трамвай долго не шел, не было тока. Я пешком прошла 2 остановки и перешла на другой путь, и в 5 часов вечера приехала. С 18 дома, цела и невредима. Крепко целую. Мать.

ТЕЛЕГРАММА Б. В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 3 октября 1941 г.

Соскучилась. Здоров ли? Пиши. Целую. Мать.

И. В. КУРЧАТОВ – Б. В. КУРЧАТОВУ

Казань

Севастополь, 4 октября 1941 г.
ул. Чехова, 43/2, кв. 3

Дорогой Боря!

Получил от тебя недавно письмо. Советую тебе поискать другую комнату, эта у тебя как будто холодная и сырая, и у тебя может опять начаться ревматизм. Я здесь живу вполне прилично, работа идет хорошо – скоро намеченные задачи будут решены полностью.

Очень было приятно узнать, что работа Института налаживается. От мамы получил открытку от 14/IX с описанием последних дней жизни отца.

Не болей и напиши мне сюда. Крепко целую, брат И. Курчатov.

ТЕЛЕГРАММА Б. В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 6 октября 1941 г.

Телеграфируй здоровье. Целую. Мать.

М. В. КУРЧАТОВА – Б. В. И М. Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Ленинград, 8 октября 1941 г.

Дорогие Боря и Маруся!

Сильно беспокоюсь, что не имею писем от Бори. Посылала тебе, Боря, две обыкновенные телеграммы, одну — с просьбой телеграфировать о здоровье, не получила никакого ответа. И так болит душа, вероятно, ты сильно болен. Только и было утешение, что получила от тебя весточку. Сегодня, 8 октября, 40-й день смерти отца. Ходила в церковь, и так целый день тяжело. Прихожу домой в надежде, что есть мне или открытка, или телеграмма, но ничего нет. Гаре посылала открытку, два письма, телеграмму до востребования, и нет никакого ответа. Из двух писем Гари видно, что он до сих пор

не знает о смерти отца, а между тем пишет, что получал от Вас, Маруся, несколько писем. Почему же Вы не напишете ему, что отец умер? Ведь он уезжая знал, что отец безнадежно и трудно болен [...]. Будто он верит, что отец жив. Простился он с отцом наскоро. Отец потом говорил, что любил его больше всех на свете [...]. Борька у нас — душевный человек. И поплакал. И плакали много, прощаясь. И мне это была большая отрада. Я писала Гарю раз пять, но, очевидно, мои открытки и письма не доходят. Так что ты, Боря, и Вы, Маруся, обязательно известите Гарю о смерти отца [...]. Гаря пишет, что он чувствует себя прекрасно, и не подумал приехать в Ленинград. А между тем профессор Александров нашел возможность вернуться из Севастополя. И только не попал в Ленинград, а до Москвы доехал. Гаря, значит, тоже имел возможность приехать [...]. Боря, пиши, пожалуйста, о себе. Возможности приехать пока нет, заботься о себе и старайся питаться получше, ничего не жалей. Как ты там живешь? Ну, всего хорошего. Будьте здоровы. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 11 октября 1941 г.

Дорогой Боря!

Постараюсь приехать при первой возможности, есть и попугайчик, Гарина ассистентка Владислава Казимировна Крицкая. Она ждет приезда Гари, т.к. ей нужен отзыв, она назначена на работу в Сверд[ловскую] область, а еще поедет, может быть, Гарин ассистент Петр Иванович (Короткевич. — Р.К.), жена которого работает преподавательницей в Каз[анской] области. Я здорова, бомбежки не боюсь, уже привыкла, а выстрелы зениток меня не пугают. Будь здоров. Привет Марусе. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 13 октября 1941 г.

Дорогой Боря!

Получила от тебя “молнию” и открытку от 21 сент[ября], а через два дня получила от Маруси открытку. Напрасно Вы пеняете мне, что редко пишу, или письма не доходят, или же идут в пути. От Гари получила два заказных письма, посланные мне с Александровым*, т.е. письма Александров опустил в дороге (1-е письмо — в Вологде, а 2-е — в Москве), а в Ленинград Александров не попал. А Гаря пишет в письмах, что передаст письма Анат. Петр. Александров, он де все расскажет и поможет, в чем нуждается. Почему же Гаря сам не поехал из Севастополя, у него же в Ленинграде остался умирающий отец, старуха мать? У него как бы было больше причин уехать, ведь работа-то у них одна. Я ему посылала без конца открытки, письма и телеграмму до востребования, но ответа на телеграмму не получила. Как ни хорошо ему в Крыму, а все равно придется уезжать, т.к. Джанкой уже эвакуируется, так что и ему придется поторопиться с работой. Напиши ты ему, Боря, и Маруся пусть напишет, и чтобы он привез из Москвы булок, чаю, сахара, масла, шпик, колбасы, а то он здесь с непривычки будет голодать, т.к. продукты только по карточкам и в более чем ограниченном количестве, а именно: на 3-ю категорию полагается в день 200 г черного хлеба, на 10 дн. — 100 г подсолнечного масла, крупы и макарон на 10 дн. — по 10 г, селедок на 10 д. — 100 г, мяса на 10 д. — 100 г, [конфет] на 10 дн. — 100 г и сах[арного] песку — 50 г, и больше ни копя, так что ему подведет животик после сытной жизни. Я же чувствую себя хорошо — отвыкла и от мяса, и от сливочного масла, и от яиц, т.к. эти продукты только 1-й категории. Он же как служащий получит 2-ю категорию: хлеба черного — 300 г в день, сл. масла на 10 дн. — 50 г, песку — 200 г, и все в этом роде, а в Москве, говорят приезжающие, всего вдоволь, карточек нет, и даже есть фрукты. А у нас ни картофеля, ни капусты, ни свеклы, один сельдерей продают на рынке. Молоко можно выменять только на хлеб, что я иногда и делаю. Куплю хлеба на два дня — 400 г и променяю на 1 литр молока, и ем в эти дни какую-нибудь кашу с молоком. Но я вполне здорова. Мясо мне полагается на 10 дн. 100 г, но я беру студень в мясокомбинате, т.к. студня дают вместо 100 г — 300 г, и ем его с большим аппетитом дня два. Вместо селедок в месяц 300 г полагается коробка крабов, но дают ее уже в 3-ю декаду, числа 25-го. Электричества [не более] 14 кВт/час на три комнаты — на месяц и т.д.

* Речь идет об Александрове Анатолии Петровиче. — Р.К.

На меня [на месяц $\frac{1}{2}$ кВт/час], а Вера М. — 5 кВт/час, а за перерасход — суд и тюрьма! Керосин пока в Окт. дор[огe] давали по $\frac{1}{2}$ литра на 10 дн. На промтоварную карточку. Хорошо, что у нас есть дрова, т.к. я истоплю печку, наглушу углей и готовлю на углях.

Сейчас стало спокойнее в Ленинграде, тревог почти нет, дальнобойные тоже не бухают, и совсем не заметно разрушений. Наш Петрог[радский] район — один из счастливых, упало за все время три бомбы, и ни одна не разорвалась, больше страдают Кир[овский] и Невский районы. Я посылала тебе переведенную тобой тысячу рублей, вероятно, уже скоро получишь ее, больше денег не пересылай, ведь я каждый месяц получаю по своей сберкнижке по 3 янв[аря] 600 р., а пенсию мне приносили 65 р., так что хватит, зачем мне? Привет Марусе. Целую. Мать.

Б.В. КУРЧАТОВ – И.В. КУРЧАТОВУ

Севастополь

Казань, 17 октября 1941 г.

Дорогой Игорь!

Пишу тебе по старому адресу, хотя ходят слухи, что тебя перевели на работу в другое место. У нас в Казани все по-старому, жизнь утряслась. Я болел гриппом и бронхитом, лежал у Марины Дмитриевны. Сейчас здоров. От мамы последнее известие были от 7/Х. За нее с каждым днем становится все страшнее, в одном из писем она писала, что бомба одна упала недалеко от вашего дома на Флюговом, во дворе аптеки, когда мама и Короткевич разбирали вещи у тебя в кабинете. Гликина пишет, что ее (Гликину) чуть не убило на трамвайной остановке, так что жизнь там опасная и страшная, а выехать к маме по видимому нельзя. Придется ждать. Береги себя и свое здоровье. Крепко целую. Б. Курчатov.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 20 октября 1941 г.

Здравствуй, дорогой Боря!

Недавно получила твое письмо, написанное 7 сентября. Оно запоздало где-то в пути. Из этой недели сошьют мне шубу, а то ведь холодно будет ехать без шубы. Шьет Евдокия Михеевна, а Соломоновна наотрез отказалась. Софья Гр., М. Сол. давно отказались от работы, сидят дома сложа ручки и ждут

у моря погоды. На днях была в Институте, видела Кобеко, от него узнала, что деловой персонал давно отправляют самолетами, [большинство] людей — по вызову. Так что если Шмидт или Иоффе согласятся сделать вызов мне в Казань, то меня также на самолете довезут до известного безопасного места, а остальной путь можно сделать по железной дороге. Я хотела узнать адрес [Федосеева], вызывали его по телефону, но его не было в учреждении, так что Кобеко хотел с Петром Ивановичем передать нужные мне сведения, т.е. адрес Федосеева и когда он назначит время прийти к нему, и затем [еще] адрес академика Орбелли, т.к. он — главный начальник эшелонной экспедиции. Получу эти сведения, начну хлопотать об отъезде в Казань. Также в Институте узнала, что Александров из Москвы приезжал в Казань. Узнай у него, когда вернется Гаря и почему он застрял в Севастополе. Теперь, пожалуй, и не выбраться ему оттуда, так что вся его работа ни к чему, ведь Мариуполь взят и путь на Кавказ прерван. Напрасно Маруся перевела деньги. Ведь я же писала, что они здесь ни к чему, и у меня их хватает и так. Получил ли 1000 р., переведенные тебе? Я посылала их по телеграфному переводу по почте. Гарины вещи придется оставить здесь в нашей комнате, т.к. на самолете можно брать только 20 кг. Узнала в Институте, что в Казани все по коммерческим ценам. Попроси Марусю сделать для тебя запас яблок и картофеля, а то попроси хозяйку насчет картофеля, а яблоками запасись сам. Чего завтракаешь? Не отказывай себе в еде, хорошо бы запастись шпиком и масла. Будь здоров. Привет Марусе. Крепко целую. Мать.

ТЕЛЕГРАММА [Б.В.] КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 24 октября 1941 г.

Здорова. Хлопочу вылет у Ленсовета. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 24 октября 1941 г.

Дорогой Боря!

Давно хочу написать тебе письмо, да все как-то не удается. За три дня до смерти отца Морозов привез своего хорошего знакомого доктора-старичка, очень напоминающего брата Николая. Он очень отнесся к отцу ласково и внимательно, прописал сердечные капли двух родов, давать по очереди те и

другие через 4 часа, расспросил меня, кто мне помогает ухаживать за больным. Я сказала, что я одна за ним хожу. Он нашел, что необходимо взять домработницу, и узнав, что у Гари есть домработница, посоветовался с Морозовым, бывшим у нас вместе с ним, чтоб она приходила с утра и делала всю черную работу, затем посоветовал на ночь пригласить сестру, т.к., говорит, Вам одной трудно. Уходя, он сказал в передней Морозову, что отец проживет 3 дня. Через 3 дня он вызвал Морозова по телефону и велел ему ехать к нам ночевать. 29 утром в 7 часов отец встал с кровати и подошел к дивану, в это время упал навзничь на спину поперек комнаты головой на мою кушетку, раскинул руки, и сначала был без сознания, а потом, я вижу, он начал шевелить пальцами, и я постаралась переложить его на мою кушетку, где он и лег и спал часа 2. Когда проснулся, я уговорила его съесть яйцо всмятку, и затем он перебрался на свою кровать. Вечером я ему говорю, что я попою его чаем и съезжу на ночь за [А.В.] Морозовым. Он посмотрел на меня и тихо сказал: “Не надо. Не уходи”. В это время — звонок, пришла Дуся. Я послала ее за Морозовым. Это было в начале 9-го вечера. Но он в этот день не задыхался, а лежал тихо на спине. В 40 минут 10-го вечера он тихо умер, закинув руки за голову. Умер незаметно, как заснул. И такое стало у него спокойное лицо [...].

30 августа утром пришел Морозов [...] и начал хлопотать по погребению. Сестра Валентина Андреевна, которая до самой смерти делала ему уколы камфары, сходила в больницу и принесла свидетельство о смерти и много других необходимых еще бумаг. Она оказалась очень милой и симпатичной, каждый вечер пила у нас чай. Морозов поехал заказывать гроб. По росту гроба не оказалось, и он из мастерской прислал мастера снять мерки, затем поехал на Богословское кладбище заказать рыть могилу, а это кладбище очень далеко, за Лесным. Отец велел его похоронить на высоком месте, чтоб было сухо и чтоб больше цветов на гроб. Морозов снял с работы у себя в Институте мужа и жену и заказал привезти хороший венок из живых цветов. Действительно 30-го вечером они вдвоем привезли прекрасный венок, так что он покрывал всего отца, и такие красивые цветы, какие я раньше и не видела. Стоил он 60 р., 31 августа в 4 часа дня приехал катафалк и повез отца на кладбище. А гроб был готов в этот день в 12 часов, и мастер привезти гроб помог, и положили отца. Т.к. на дом теперь священники не имеют права ходить отпевать, то Морозов утром, это было в воскресенье, съездил в церковь на Тучков мост и заочно попросил священника отпеть, и привез что полагается — венчик на лоб, и разрешительную молитву, и землю. Теперь принято заочное отпевание, т.к. на кладбище церкви нет. А кладбище открывают только на 2 часа утром, с 8 до 10 утра, и вечером — с 4 до 6. Провожали только Поройковы (каждый принес красивых

белых цветов) и Морозов. Погода была пасмурная, я одну остановку шла за гробом, а потом меня с Дусей посадили на 1-й номер, и доехали до “Светланы”, а потом ехали долго на автобусе, а Морозов и Поройков и еще один сослуживец Морозова шли до кладбища пешком. Место, действительно, Морозов выбрал очень красивое, и для меня рядышком осталось местечко. Во время погребения уже раздавалась канонада. А вокруг так тихо, тихо. И зелено. Домой вернулись уже в девять часов вечера. На другой день вечером я пригласила Морозова, Поройкова и сестру закусить и выпить чаю. Сварила бульон куриный, а на второе — жареная курица и третье рис, потом кисель. Отец не велел класть его в costume, а несколько раз говорил, чтоб ты его перешил себе, а также шубу его велел перешить на более легкую одежду и сделать черную шелковую подкладку. Очень жалею, что Дунаев уехал, не сказав ничего, а то бы надо тебе передать перчатки, новые галоши отцовские 12-й номер — на валенки и джемпер. При первой возможности постараюсь приехать в Казань. Пожалуйста, хорошенько питайся и береги себя, ведь ты и не отдыхал в этом году. Вот и Гаря застрял в Севастополе. Привет Марусе. Целую. Мать. Будьте здоровы.

ТЕЛЕГРАММА ФЕДОСЕЕВУ

Ленинград, Наука

Свердловск, [октябрь 1941 г.]

Отправьте [в] Казань мать профессора Курчатова. Вице-президент [Академии наук]. Академик Шмидт.

ТЕЛЕГРАММА ФЕДОСЕЕВУ

Ленинград, Наука

Казань, [октябрь 1941 г.]

Очень прошу отправить [в] Казань мать профессора Курчатова. Соминский*.

* Соминский Монуc Самуилович — заместитель А.Ф. Иоффе в ЛФТИ. - Р.К.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, 29 октября 1941 г.

Дорогой Боря!

Это письмо ты, вероятно, получишь, когда я уже буду в Казани. Я здесь хлопотала в Ленсовете об отправке меня самолетом; представили туда мое заявление вместе с ходатайством Физико-технического института и при этом телеграмму за подписью Шмидта и Иоффе. Я была вызвана в Ленсовет и, получив там пропуск, прошла в комнату 437 к научному сотруднику Рейнову. Он является представителем от Физико-техн. института. Он мои бумажки отдал к секретарю Попкова, и потом меня направили к нему в кабинет. Ну, пришла, предложил сесть. Я сказала, что я мать Игоря Васильевича Курчатова — депутата Ленсовета последнего созыва, что по случаю болезни и затем смерти мужа не могла вовремя эвакуироваться в Казань вместе с младшим сыном, а теперь и старший, находящийся в военной командировке в Севастополе, выехал в Казань, где находится Физ.-тех. институт, в котором он работает. Прошу и меня отправить туда самолетом. Попков сказал, что в настоящее время (это было 27 окт.) нет никаких отправок ни самолетом, ни водой, но, говорит, через несколько дней будет отправка эшелонами. Будут предлагать выехать всем желающим, сразу отправят пол-Ленинграда, так что есть надежда и мне выбраться отсюда, но дело в том, что багажу можно брать только 20 кг, так что ты посоветуйся с Марусей, а может и Гаря вернется к тому времени, как поступить с его имуществом. Может, он будет молниировать, чтоб разрешили ему отправить багаж с матерью, т.к. он, по случаю внезапного отъезда в командировку, не захватил с собой ничего отсюда. Поедет Гарина ассистентка Владислава Казимировна Крицкая. Она имеет путевку в Свердловскую область на работу. Все ждала Гарю, т.к. ей нужен отзыв о работе, посылала телеграмму до востребования: Севастополь, 3-е почтовое отделение, но так и не получила ответ. На днях защищает диссертацию, оппонент Поройков, и, может быть, поедет вместе. Карточки продуктовые имею, но получаю на иждивенку очень мало. Сегодня пойду в Дом ученых. Благодарна Ал[ексею] Вас[ильевичу] Морозову. Кобеко прислал мне вчера с Крицкой бумажку — “Ходатайство ФТИ”, чтоб прикрепили меня на обед как иждивенку Гари, а он член Академии наук, профессор и депутат Ленсовета, находящийся в военной командировке. Дом ученых находится недалеко — проехать Троицкий мост, вернуться обратно и пройти по набережной. Сегодня сходила [...]. Там дают [...] суп, кисель (с вырезом талона), дают кашу с маслом, и можно выпить стакан кофе. Хорошо, если бы прикрепили, а то я уже

два месяца не ела супа, [...] и не чувствую слабости. Чтобы не обременять Марусю, попроси хозяйку купить шпика. Можешь сам засолить. С каким бы удовольствием съела кусочек шпика. Иждивенкам не полагается ни сливочного масла, ни сала, а только в декаду 100 г хлопкового масла, а оно горькое, как осина! На рынке же никаких продуктов нет. Картофель не купить ни за какие деньги. За кониной громадная очередь, но я не хочу ее есть. Мяса на рынке нет никакого, на карточку полагается только 250 г в месяц, селедок и рыбы никакой [...]. Ну, пока, до свидания. Привет Марусе.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Ленинград, 8 ноября [1941 г.]

Здравствуйте, дорогие Боря и Маруся!

Вот что-то уже с неделю нет от Вас вестей. Как здоровье? Не приехал ли Гаря, или, может, с дороги написал что-нибудь? У меня дела по-прежнему. Я кажется писала Вам, что подавала в Ленсовет Попкову заявление с просьбой эвакуировать меня в Казань самолетом или еще каким транспортом, основываясь на том, что я — мать профессора и депутата Ленсовета последнего созыва — И. В. Курчатова, находящегося в настоящее время в Севастополе в военной командировке и в скором времени предполагающего быть в Казани. К моему заявлению было приложено ходатайство ЛФТИ и еще две “молнии” от Шмидта и Иоффе. Это все Кобеко сам отвез в Ленсовет и отдал Рейнову, научному сотруднику Института. 26 октября я поехала в Ленсовет. Там мне был пропуск к Рейнову в 437 к., а бумаги мои были у него. Рейнов с моими бумагами сходил к секретарю, вернувшись сказал: Попков примет меня сам. Было воскресенье, и мне пришлось этого удовольствия ждать до 2 ч. дня. Попков мне сказал, что сейчас нет никакой отправки, а вот через некоторое время будут эвакуировать пол-Ленинграда эшелонами всех желающих уехать, велел наведываться, т.е. вызывать Ленсовет [мне велел] и дал адрес телефона. Но т.к. Рейнов мне, провожая к Попкову, сказал, что он не любит читать и чтобы я на словах передала свою просьбу, так я и сделала, и уходя, взяла свои бумаги, а через несколько дней А.В. Поройкова, по моей просьбе, позвонила в Ленсовет. Ей оттуда ответили, что действительно Курчатова 26 октября была принята Попковым, но бумаг не оставила, и велели бумаги переслать заказным письмом в Ленсовет, в общую канцелярию. И велели через несколько дней позвонить, дали адрес телефона Ленсовета и общей канцелярии. Это было 4 ноября. Я так и сделала, а числа 10 ноября А.В. Поройкова позвонит,

какая будет резолюция. Я раньше обращалась к Федосееву в Академии наук, но Федосеев сказал, что они отправляют только академиков, членов-корреспондентов и их семьи, и посоветовал обращаться в Ленсовет, т.к. Гаря — депутат Ленсовета. А.Ф. Иоффе, старая лиса, разве раньше не знал, куда нужно обращаться? И потом недостаточно одной “молнии”, а нужно бы ему написать письмо, а Федосеев говорит, что они не должны подчиняться Шмидту и Иоффе. Вообще этот Федосеев — порядочная свинья, или вернее боров. Спасибо, Маруся, Вам за заботы о Боре, вот меня беспокоит, как он обходится без перчаток? В Казани на рынке не продают ли перчаток. Хорошо бы отдать связать ему варежки или теплые перчатки. Теплая ли у него и у Вас комнаты? На днях приходила тетка Н-а и просила отвезти в Казань плюшевое одеяло, бархатную портьеру, пюпитр и еще несколько вещей. Я наотрез отказалась. О чем думала мать Н-а, когда уезжала в Казань со всеми удобствами? А тетка говорит, что она думала, что это просто увеселительная прогулка. А зачем же она, старуха, ехала, если это только прогулка? И сидела бы здесь в голоде и холоде. Я теперь с 4 ноября хожу обедать в Покровский институт, карточку мне добыл Алексей Вас. Морозов. Спасибо ему за его заботы. А вчера, т.к. столовая в праздники не работает, то он принес мне в колбочке стакан молока и шесть картофелин, и это оторвал у себя, т.к. картофель не купить ни за какие деньги. Ну где же вы найдете еще такого человека — как сын родной заботится обо мне. А ты, Боря, написал бы ему благодарность за его заботы, да как бы не он, я бы давно протянула ноги. Будьте здоровы. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Ленинград, 28 ноября [1941 г.]

Здравствуйтесь, дорогие Боря и Маруся!

Получила на днях завалившиеся две открытки и письмо от тебя, Боря, от 26 октября, от Гари от 14 октября и от Маруси от 21 октября. Жива, здорова [...] желудок приноровился к такому количеству пищи. Главное, окрестности разорены и жители эвакуированы, так что негде купить или променять картофеля, а круп никаких нет. Уже не знаю, что лучше: обедать ли в столовой или пользоваться карточкой иждивенки. Вот я, например, за ноябрь обедала в столовой Покровск. института с ноября по 15-е, а затем мне до 20-го нельзя было, потому что забраны талоны. А вчера и позавчера не пошла из-за тревоги. Да тревога — это бы еще ничего, а стреляли из дальнобойных, и опасно было на улице. А сегодня 28 числа у меня только два талона на крупу. Значит, сегодня

и завтра я могу взять только суп, если он будет, а не будет — и так уйдешь, несолоно хлебавши, а ведь дома ни крупинки, ни былинки, и приходится надуваться кипятком, т.к. чаю полагается 12 $\frac{1}{2}$ г в месяц. Единственный добрый человек — это Александра Федоровна, живущая в том же доме, где и Вы, Маруся, в 236 кв. Она всегда радушно принимала меня, давала полезные советы, [один раз] накормила [...]. Фамилии ее не знаю, но дойдет и без фамилии. Ее все знают. Это она говорила мне, “на случай если я заболею, то ей написать”. Алексей Васильевич Морозов был болен — грипп и осложнение на ухо, а поэтому, говорит, растерял все связи, а то он обещал мне поменять картофеля на какие-нибудь мои вещи. П-ы хороши только тогда, когда сидят у Вас за столом и угощаются; она говорит: “Ах, и надо бы накормить Вас, да нечем”. Я и сама бы не стала у них есть, приходится ходить к ним, говорить по телефону [...].

Ответ из Ленсовета я отдала Жигулеву, и он обещал время от времени справляться в Ленсовете. Жигулев предупредил, что ответ приходит с вечера, а на 2-й день утром нужно быть на аэродроме с небольшим тючком, килограмм 10, так что Гариных вещей не могу привезти, тем более что он пишет, что в Севастополе ему выдали все теплое. Так что пусть сам хлопочет в Ленсовете, чтобы выдали разрешение на перевозку его багажа. В квартире у Вас, Маруся, пока все цело, ходила на днях посмотреть. Владислава Казимировна Крицкая оказалась хорошим человеком. Изредка заходит к мне. Диссертацию будет защищать через месяц. Очень жалеет, что нет ее руководителя, т.е. Гари. Если ему придется писать отзыв о ее работе, то пусть напишет хороший, чего она, вероятно, заслуживает вполне. Я у ней еще в большом долгу. Раз я пришла в столовую обедать, а мне и говорят: “Щей нет, каши нет”. А на сосиски талонов нет, и она настояла, чтобы я взяла у нее талон на 50 г в этом месяце, т.е. через два дня возвращу ей должок. Ведь она тоже голодная. Другая бы и не подумала уступить из последнего. На днях схожу к Жигулеву, попрошу через Ф.Т.И. получить возможность достать картофеля. Институт Ф.Т.И. подал в Дом ученых справку, чтоб взяли меня обедать. Оттуда ответили — пусть Ф.Т.И. улучшит питание матери Курчатовых. Вот я хочу попытаться купить картофеля с их помощью. А дорого ты, Боря, платишь хозяйке. Да еще и Алихановой прислуге тоже ведь платишь. Почему Вы с Марусей поместились в разных домах? Если бы жили вместе, можно бы взять приходящую домработницу на эти деньги. Маруся, если будет возможность, то пусть Боря даст денег, чтоб запасти сало свин[ого] и масла топленого. Будьте здоровы. Целую. Мать.

М.В. КУРЧАТОВА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Ленинград, [ноябрь — декабрь 1941 г.]

[...] Открыток не пишу, потому что в Ленинграде нет сейчас открыток, все разбирают. Погода стоит очень хорошая, солнечная и сухая. Купила тебе на шубу очень хороший черный драп 2 м 90 см, подкладка черная, шелковая, куплена в прошлом году. Купила и воротник — каракуль. Попроси Марусю узнать, есть ли в Казани ватин, а то придется поискать здесь.

Отдала Евдокии Михеевне покрыть свою шубу, предварительно сама распоролa. Верх будет перекрашенный, материал темно-синий. Воротник черный [от старой] шубы. Напиши, что завтракаешь, что ужинаешь и какой у Вас там хлеб, белый, серый и черный и есть ли карточки и [...] колбаса, можно ли купить на базаре яйца, яблоки, масло? Как только начнется отправка эшелонов, так обязательно и приеду.

Будь здоров, привет Марусе. Целую. Мать. Запасайся впрок.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань, Наука

Ленинград, 18 декабря 1941 г.

Здорова. Соскучилась. Целую. Мать.

ТЕЛЕГРАММА-МОЛНИЯ Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань, Наука

Ленинград, 28 декабря 1941 г.

Здорова. Приедем [в] январе. Целую. Мама.

ТЕЛЕГРАММА Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 8 марта 1942 г.

Мамаша находится [в] Вологде, поправляется, чувствует себя хорошо. Шлет привет. Подробности письмом. Хмелинина.

А.Д. ХМЕЛИНИНА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 9 марта 1942 г.

Тов. Курчатов,

[...] Несколько дней тому назад из г. Ленинграда эвакуировалась вместе с эшеленом через г. Вологду Ваша мамаша Мария Васильевна.

Она была очень слабенькая, и в дальнейшем ехать до места назначения она не смогла бы. Когда мы делали обход по эшелону, я попросила врача оставить ее в Вологде для поправки здоровья. Я — комсомолка-дружинница, мобилизованная Вологодским комитетом обороны для работы в медпункте по приемке эвакуированного населения. И вот тогда мы решили ее снять с вагона и положить в больницу. Я сама лично снимала ее из вагона, посадила в автомашину и отвезла в больницу.

Она тогда себя чувствовала плохо, но вместе с ней ехала одна гражданочка, которую Мария Васильевна называла Люсей. Фамилия ее, как мне помнится, Крицкая. Она меня попросила узнать, куда положат Марию Васильевну, и сообщить Вам, и я ее просьбу выполняю.

Ваша мамаша лежит в г. Вологда в стационаре. Я ее ходила навещать два раза. Чувствует она сейчас хорошо, но только слабенькая. Когда я была у нее, температура у нее была 36,7. Когда я ей стала говорить, кто я есть, то она, конечно, ничего не помнит, как мы ее снимали с вагона, потому что была очень слаба.

Я ей предложила услуги, принести что-нибудь покушать, но она отказалась. Чувствует слабость и кушает мало, только просила одного, чтобы я Вам написала письмо и попросила Вас, чтобы Вы ей послали денег и постарались после выздоровления побыстрее отсюда вывезти. Вот и все, что я хотела Вам написать. Я, конечно, буду ее навещать, и после выхода из больницы могу приютить у себя на квартире.

[...] Пишите мне по [домашнему] адресу: г. Вологда, улица Б. Октябрьская, 33, Хмелининой Августе Дмитриевне, [или] адресу производства: г. Вологда, Советская, 5, Горжилуправление, секретарю Хмелининой.

Адрес Марии Васильевны: г. Вологда, Советский проспект, д. № 54, стационар № 3, палата 3, [внизу], Курчатовой Марии Васильевне. А. Хмелинина.

ТЕЛЕГРАММА Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 11 марта 1942 г.

Здоровье улучшается. Выписка неопределенна. Переведите 600 руб. Целую. Мама.

А.Д. ХМЕЛИНИНА – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 11 марта 1942 г.

[...] Сообщаю, что сегодня еще раз навестила Вашу мамашу и спешу сообщить о состоянии ее здоровья.

Мария Васильевна чувствует, уже можно сказать, себя хорошо, из низу — более тяжелой палаты, ее перевели вверх. Уже может сидеть и ходить самостоятельно. Я с ней очень долго разговаривала, она очень обрадовалась, когда я к ней пришла, и я ей сказала, что сообщила Вам о ее здоровье, и она очень осталась благодарна. Чувствует себя хорошо, поэтому, я думаю, что ее скоро выпишут из стационара. Денька через два я еще схожу к ней, если ее выпишут, то увезу ее к себе на квартиру.

Мамаша Ваша беспокоится только о том, что после выхода из больницы ей не в чем будет ходить, т.к. обувь, которая у нее была взята с собой, увезла Крицкая, потому что мы ей не посоветовали оставить здесь, т.к. Мар. Вас. была очень слаба и могла растерять. А потому, она просит, если можно, то чтобы послали обувь, хоть посылкой. Я бы написала Крицкой, но не знаю ее адреса, потому что, которое письмо получила от нее, то она писала его еще с дороги. Мамаша шлет Вам горячий привет.

СРОЧНАЯ ТЕЛЕГРАММА Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 16 марта 1942 г.

Здоровье мамаша прекрасное. Скоро выпишется. Временно остановится у нас. Дальнейшая поездка с попутным поезд[ом]. Хмелинина.

ТЕЛЕГРАММА А.Д. ХМЕЛИНИНОЙ – Б.В. КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 25 марта 1942 г.

Состояние здоровья мамы хорошее. Перспективы быстрого выздоровления. После выхода больницы остановится у меня. Позабочусь, не беспокойтесь. Густя.

М.В. КУРЧАТОВА – И.В., Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Вологда, 27 марта 1942 г.

Дорогие Гаря, Боря, Маруся!

Я поставила и себя, и Вас в самое безвыходное положение. Завтра уезжает Марушевич, но [я] еще слишком слаба, говорят, больных из этой больницы [переводят] в военный госпиталь. Вся моя беда в том, что отвращение к пище...

Прислала ли Вам Крицкая сбер. книжк[и] В.А. Курч[атова] и свидетельство его смерти? Зачем-то она захватила мои две оправдательные квитанции на отправленные в Казань на три мои сберкнижки (книжки отправлены мною 26 октября 1941 г., а вторая сберкнижка — 19 декабря 1941 г.). Узнайте через Нарком-прос, где работает Крицкая.

В саквояже находится отцовский костюм, черная шелковая подкладка для шуб и воротник, шелковые два тонких покрывала, зимнее белье и несколько Ваших. Извещение на 600 р. получила, а денег еще нет, хотя удостоверение засвидетельствовано доктором и приложена докторская печать, и она (доктор. — Р.К.) знает, кому нужно получить [...]. Вот все думаю, как доберусь в валенках; мне бы обыкновенные боты 8-й номер с застежками. Ах, как я хочу кислого питья из клюквы. Самое простое — умереть, но Бог посылает такое долгое испытание. Помогите, как быть? Пишите мне, [мои дети, любимые].

Забыла точный Гарин и Борин адрес, напишите. Крепко целую, [любимые]. Мать. Мария Курчатова.

М.В. КУРЧАТОВА – И.В., Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Вологда, апрель 1942 г.

Пишу по просьбе Вашей мамы Марии Васильевны письмо, т.к. она оставила очки в личных вещах, которые отправлены в дезинфекционную камеру; письмо пишет больной, лежащий в той же больнице и следующий в Казань в командировку Муштатенко Николай Антонович.

Здравствуйте, дорогие дети: Гаря, Боря и Маруся. Спешу Вам сообщить, что в данное время нахожусь на излечении в больнице в г. Вологде. Моя болезнь в дороге вызвана исключительно поздней эвакуацией, когда силы были уже сильно подорваны, а также трудностями в дороге.

Выехала я из Ленинграда 18 февраля вместе с Крицкой и Ларой Беляевой, и следовали до Вологды, где по состоянию здоровья (общая слабость) меня сняли с поезда. Причем часть вещей была мной потеряна на ст. Борисова грива, где пришлось ждать автомашину почти целую ночь, а другую часть вещей — чемодан — пришлось сдать Крицкой и Беляевой, которые следовали в Киров. Это было вызвано исключительно моим слабым здоровьем. Кроме того, оставшуюся после смерти отца сберкнижку взяла Крицкая. На этой книжке значилось денег 2550 р. Свидетельство о смерти отца также находилось при этой сберкнижке. Кроме того, у них остались квитанции о пересылке Вам трех сберегательных книжек, на которых оставалось денег в общей сумме около 3000 р. Крицкая также взяла на дорогу часики отца, которые предназначались для Игоря. Сукно, купленное для шубы Боре, пришлось оставить в Ленинграде у Нины Ивановны Княжевой для передачи П.П. Кобеко.

Теперь несколько слов о себе: здоровье мое, после того как сняли меня с поезда в г. Вологде, постепенно улучшается, но я еще настолько слаба, что с постели пока еще не встаю. Я очень сожалею, что решилась на эвакуацию, понадеясь на свои уже слабые силы, и тем самым создала Вам уйму хлопот и беспокойств.

Прошу Вас, в силу особых обстоятельств, жить дружно и чтобы Гаря и Маруся берегли здоровье Бориса, особенно об этом прошу Марусю, которая бы заменила ему и мать, и сестру. (Далее написано рукой М.В. Курчатовой.)

Дорогие Гаря, Боря и Маруся!

Простите меня и не сердитесь, что вышло так неудачно. Мне так хотелось повидаться с Вами. Но вряд ли смогут сбыться мои желания. Крепко, крепко целую и благословляю на добрую жизнь. Ваша Мать Мария Курчатова. (Далее написано рукой Муштатенко.) Денег у меня осталось триста пятьдесят руб., в телеграмме я просила выслать.

М.В. КУРЧАТОВА – И.В., Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Вологда, [апрель 1942 г.]

Здравствуйте, дорогие дети: Гаря, Боря и Маруся!

По моей просьбе Николай Антонович [Муштатенко] пишет Вам второе письмо, которое лично доставит Вам. Состояние здоровья моего пока без перемен, силы постепенно как бы восстанавливаются, но страдаю отсутствием аппетита, доктор говорит, что это основное в моем выздоровлении, иначе не удастся выбраться из больницы.

Гаря! Я прошу выяснить положение вещей — о чемодане, который взяла с собой Крицкая, о чем я сообщила Вам в прошлом письме. Прошу через Наркомпрос узнать адрес Крицкой, которая поехала на работу в г. Киров. Сообщите мне, возможно, сама Крицкая уже сообщила Вам о своем местопребывании и целости вещей. Это меня беспокоит. Дорогой Гаря! Сколько времени я пробуду в больнице, сказать точно невозможно. Приближение весны с ее грязью и сыростью пугает меня тем, что по выходе из больницы я могу очутиться без соответствующей обуви и одежды, т.к. эти вещи пропали в дороге. Обувь я ношу 38-й номер, а галоши 8-й номер, а также какой-нибудь головной убор на усмотрение Маруси.

Дорогие дети! Хочется как можно быстрее увидеть Вас всех здоровыми и веселыми. Сильно соскучилась по Вам. Гаря! Я давала телеграмму, но не знаю, получали ли Вы или нет. В этой телеграмме я просила, чтобы Вы послали мне 600 р. денег, а также сообщите, получали ли Вы мое письмо или нет.

Пока до свидания, целую Вас всех крепко, крепко. (Далее написано рукой Марии Васильевны.) Целую Вас и простите за беспокойство, любимые мои. Мария Курчатова.

СРОЧНАЯ ТЕЛЕГРАММА АКАДЕМИКУ ИОФФЕ

Казань

Вологда, больница, 12 апреля 1942 г.

Состояние Курчатовой очень тяжелое. Главврач.

А.Д. ХМЕЛИНИНА – И.В., Б.В. И М.Д. КУРЧАТОВЫМ

Казань

Вологда, 12 апреля 1942 г.

Здравствуйте, Игорь Васильевич, Борис Васильевич, Марина, простите, я Вас так назвала, потому что не знаю Вашего отчества. Письмо Ваше от 25/III 42 г. получила и спешу ответить. В первых строках моего письма сообщаю, что самое главное это здоровье Марии Васильевны. Жалко, что Вас это очень огорчит, но все ж таки приходится писать. Я не знаю, что за причина перемены здоровья Марии Вас. Я беседовала с врачом и сестрами, которые ее лечат, но и они также точно не могут объяснить этого. Представить как-то странно. Хотя бы сегодня — она себя чувствует хорошо, а на следующий день — плохо. Я ходила к ней дня за два, как я Вам подавала телеграмму, [т.е. 10 апреля], и она себя чувствовала еще хорошо. Но я очень расстроилась тогда, когда пришла и мне сказали, что чувствует себя плохо, а в этот день я ей носила молока, клюквенного сока, и она у меня молоко не взяла, только взяла клюквенный сок. Я ей писала в записочке, что в следующий раз принесу масла и песку. Но она мне ответила: “Не носите, я кушать это не смогу”. Так что, чем я теперь стану ей помогать, прямо не знаю. Я очень и очень по ней расстраиваюсь. Я ее жалею и как родную мать полюбила. От всего того, что я ей скажу, что принесу, она отказывается. Но ничего, не расстраивайтесь. Быть может, это только перелом болезни, и она, может быть, себя опять будет чувствовать хорошо. Я буду ходить ее проведывать и в дальнейшем. Кроме того, я еще и по телефону каждый день спрашиваю о ее здоровье. Борис Васильевич! Вы не беспокойтесь об ее участии, если она выздоровеет и выйдет из больницы. Я для нее все достану и жить устрою у себя. Правда, здесь из-за питания очень трудно. Проезжают очень много эвакуированных, и цена на всякие товары и продукты так возросла, что прямо невозможно. Но еще кроме того, на деньги ничего не купить. Большинство меняют на хлеб. А хлеба здесь дают по 400 г только. Может быть, Вы не поверите, что так все дорого, но это правда.

Я ей носила еще клюквенного экстракта, что здесь тоже очень трудно достать, но я достала через знакомого врача, носила молока, которого тоже трудно достать. Но сходила променять свои 500 г хлеба и купила молока. Если Мар. Вас. будет поправляться, то куплю масла, песку и снесу ей.

Борис Васильевич, насчет обуви здесь тоже очень плохо, все меняют также на хлеб, на деньги не продают ничего. Все на обмен, даже клюкву, и ту стали менять, но если продают и на деньги, то по 8—10 р. стакан. Но описать всего этого не описать. Если здесь не жить и не попереживать этого, то никак не представить здешней жизни. Только что живем, одно название. Но Вы не

беспокойтесь насчет Мар. Вас, если она выздоровеет, я позабочусь. Я уже ей говорила несколько раз, что после выхода приходите ко мне жить и живите до наступления тепла. Места не жалко, наоборот, очень рада, что смогу ей помочь хоть чем-нибудь, разделю последний кусок.

Борис Васильевич! Насчет отправки: я постараюсь достать билет в классный поезд. У меня на железной дороге есть знакомые, которые смогут достать билет, но, конечно, им за это придется поплатиться. Если Вы не против этого, то я дам им денег из тех, что Вы послали. Опишите, как мне поступить насчет санитарки, чтобы довезти до Казани [...]. А. Хмелинина.

ТЕЛЕГРАММА А. Д. ХМЕЛИНИНОЙ КУРЧАТОВЫМ

Казань

Вологда, 12 апреля 1942 г.

Выезжайте немедленно, состояние здоровья мамы изменилось в худшую сторону. Деньги пятьсот получила, что просила [в] письме. Передала. Густя.

ТЕЛЕГРАММА ПРОФЕССОРУ КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 15 апреля 1942 г.

Курчатова Мария Васильевна умерла 12/IV. Ждем Ваших распоряжений. Главврач Царева.

СРОЧНАЯ ТЕЛЕГРАММА КУРЧАТОВУ

Казань

Вологда, 15 апреля 1942 г.

Мама умерла*. Очень жалею, что не пришлось спасти. Ответом задержалась из-за командировки. Оставшиеся деньги перевозю обратно. Густя. Врач Царева.

* Курчатова М. В. умерла 12 апреля 1942 г. Похоронена в Вологде на Пошехонском кладбище (не в общей могиле, а отдельно от всех, кого хоронили в тот день). В 1983 г. на могиле было установлено надгробие, на котором написаны ее фамилия, имя, отчество, годы рождения и смерти. — Р. К.

ИЗ ПИСЕМ РОДНЫХ-УРАЛЬЦЕВ, ДРУЗЕЙ И ТОВАРИЩЕЙ (1942-1971)

Н. САТРАПИНСКАЯ* – Б. КУРЧАТОВУ

*БАССР, Нурыманский р-н, 43/2, кв. 3,
с. Никольское, 23 сентября [1942 г.]*

Казань

Дорогой Борис Васильевич!

Сегодня получила Ваше письмо. Поплакали мы с мамой. Действительно, письмо Ваше очень тяжелое, соответствует перенесенным событиям. Такова уж сейчас жизнь. Везде горе. И когда конец этому извергу? Так жаль милую Марию Васильевну. Ведь в ней еще столько было энергии! И как Вам сейчас, наверное, одиноко...



Нонна Сатрапинская [Начало 1940-х гг.]

* Сатрапинская Нонна – двоюродная сестра И.В. и Б.В. Курчатовых, дочь Елизаветы Васильевны, родной сестры Курчатовой Марии Васильевны – матери И.В. и Б.В. – Р.К.

Павлуши** тоже нет дома. Он призван в ряды РККА. Его адрес: ППС № 986, СП 989, 1 б-н, 1 рота. Хорошо, если бы кто из вас черкнул ему хоть пару слов. Мы его почти не сумели проводить. В августе заболела мама, Шурочка уехала к ней. (Мама жила с Сашей — сыночком Павлуши — у меня в с. Никольском, а я сама была в Уфе на курсах.) Затем и я уехала. А его и призвали. Мы — я, Шура и Сима — успели приехать только перед самой отправкой его из Уфы, часа два в общей сложности видели его. А мама и совсем не простилась. К нашему счастью, мама поправилась. Сейчас здесь, в Никольском, мы живем втроем — я, мама и Саша. Шурочка в Уфе одна. Она учится в медицинституте. Перешла на III курс. Но сможет ли без Павлуши продолжать учебу — пока трудно загадывать.

Как Ваше здоровье? Как Вы устроились в Казани? Я никак не могу представить той обстановки, чем та, когда Вы все были вместе. И веселые, громкие разговоры Василия Алексеевича*** сопровождались мягким смехом тети**)... Сколько хорошего она мне сделала! А я ничем ее не сумела отблагодарить.

Как здоровье М.Д. и И.В.? Им не так вдвоем тоскливо. Передайте им от нас всех большой привет.

Если будет у Вас желание — напишите нам поподробнее о себе. Так радостно иметь весточку от родного человека, живя в такой глуши, как я здесь живу, и особенно в такое тяжелое время.

Антон Николаевич пропал без вести. Жена его, по-видимому, осталась во временно оккупированной зоне. Екат[ерина] Павл[овна] тоже о них все плачет.

Большое Вам спасибо за подробное описание известий о дорогих нам дяде и тете. Желаю Вам здоровья.

Если по состоянию здоровья Вам нужно будет отдохнуть в сельской обстановке — всегда рада Вас видеть. Проезд ко мне очень прост — парходом. Будете дорогим гостем.

Ваша Нонна Сатрапинская.

** Павел — родной брат Ноны и двоюродный — И.В. и Б.В. Курчатových. — Р.К.

*** Отец и мать Курчатových И.В. и Б.В. — Р.К.

Н.И.Курчатов* – Б.В.Курчатову

г.Сим, Челябинской обл.

7 апреля 1960 г.

Москва

Здравствуйтесь, уважаемые Борис Васильевич, Марина Дмитриевна и Людмила Никифоровна!

Мы еще раз всей семьей выражаем Вам наши самые сердечные чувства в связи с постигшей Вас тяжелой утратой и желаем скорейшего выздоровления от перенесенных потрясений.

Ваше теплое и неожиданное письмо несказанно обрадовало нас, но тяжелая и длительная болезнь помешала мне скоро ответить на все Ваши вопросы.

Борис Васильевич! Посылаю Вам 2 фотографии, снятые в нашем городке, на которых запечатлены здания, связанные с жизнью Игоря Васильевича и Ваших родителей.

На фото 1 на переднем плане снят домик, в котором в давнее время жила семья Алексея Константиновича, Вашего деда. Затем он выстроил кирпичный 2-х этажный дом, расположенный рядом. По сведениям, услышанным мной от стариков, кирпичный дом построен в 80-годах прошлого столетия [1880-е гг. – Р.К.]. Другой 2-х этажный дом расположен в переулке. На снимке справа видна часть крыши этого дома. В этих домах жила вся большая семья Алексея Константиновича. Здесь (вероятнее всего, в первом-малом домике) родился Ваш отец Василий Алексеевич. Это известно мне от моей 87-летней бабушки, которая хорошо знала всю семью Алексея Констан[антиновича] и няньчила некоторых его детей, видимо последних. Она умерла в октябре 1959г.

В начале этого столетия Василий Алексеевич работал в Симе землеустроителем (прорубал лесные просеки, которые живы и сейчас) и жил в доме лесничества (фото 2). Кроме бабушки, это мне подтвердил 80-летний Китаев Я.В., который в свое время работал подручным у Василия Алексеевича.

Предполагается, что именно в этом доме и родился Игорь Васильевич. Это можно проверить у сестры Вашего отца Таисьи Алексеевны, проживающей в Аше (40 км от нас), ... При первой же поездке в Ашу я попытаюсь уточнить у Таисьи Алексеевны место рождения Игоря Васильевича и тогда предприму некоторые шаги в нашем горсовете. Сейчас в этом доме расположен Симский приборостроительный техникум.

* Николай Иванович Курчатов – двоюродный брат Б.В. и И.В. Курчатовых по отцовской линии с Урала. – Р.К.



За последние 2-3 года в связи с подготовкой к празднованию 200-летия нашего города я видел много старых фотографий, на которых запечатлены многие члены семьи Курчатовых. Одна из таких фотографий, снятых в 1890-х годах, хранится в нашей семье. На ней сняты оба Ваших деда — Алексей Константинович Курчатov и Василий Антонович Остроумов, а также Иван Алексеевич Курчатov. Правда, фотография сильно пожелтела, но в условиях Москвы ее можно реставрировать. Если Вас заинтересует это фото, я могу прислать почтой.

Борис Васильевич! Вы спрашиваете меня о Ваших родных, проживающих на Урале. Мне известна Таисья Алексеевна и дочь Ивана Алексеевича — Зоя Ивановна Куренкова, которая также живет в Аше. В прошлом письме я их и имел в виду.

В 1947 году в нашу семью, проживающую недалеко от домов А.К.Курчатова, принесли письмо из Болгарии от Сергея Алексеевича. Письмо принесли случайно, как однофамильцам. Мой отец ответил ему и у них завязалась переписка, которую после смерти отца ведет моя мать. Сергей Алексеевич умер 14.08-54 г., а его жена, Надежда Александровна, живет сейчас в Софии у сына, который работает ст.научным сотрудником в Болгарской Академии Наук. Внук Сергея Алексеевича, Алмазов Сергей Борисович, приехал в СССР и живет в Алма-Ате. В переписке с Болгарией ни слова не упоминалось о Вашей семье. Вот все основное, что я знаю о Ваших родных.

Вас, Борис Васильевич, также интересуют вообще Курчатovy, проживающие на Урале. Только в нашем городке живет до 10 обособленных линий Курчатовых, к одной из которых относится и наша семья. Наша фамилия встречалась мне в Челябинске, Свердловске, Уфе, Ташкенте и в Москве, не считая соседних городков, вроде Аши и Миньяра.

Теперь, по Вашей просьбе, несколько слов о себе и о моей семье. Я родился в Симе в 1919 году и вырос здесь. До войны работал во многих городах Урала, в частности, в Касли, Карпинске, Серове, Челябинске, Златоусте. Окончил Симский техникум. Сейчас работаю заместителем главного инженера машиностроительного завода. На заводе работаю непрерывно уже 18 лет. Моя жена, Тамара Александровна, занимается общественной работой в школе и в клубе. Имеем 2-х детей — сына Олега 12 лет и дочь Ирину 8 лет. Оба учатся в школе. Живем хорошо. Вот и Все.

Борис Васильевич, Марина Дмитриевна и Людмила Никифоровна! Городок наш старый и грязный. Но красота природы нашего края необыкновенна. Только за последние 5 лет свыше 30-ти художников Свердловска, Челябинска и Уфы приезжали работать к нам над уральскими пейзажами.

На предстоящей выставке художников России Вы можете увидеть картины, написанные на мотивы симской природы. Я прошу Вас всех простить за вольность обращения, но от имени семьи я приглашаю Вас к нам на Урал в гости. В августе-сентябре у нас прекрасная пора: чудесные картины природы, охота, рыбная ловля, ягоды, грибы и чистый воздух – хорошие спутники отдыха. Конечно, если только не будет дождей.

Второй раз прошу прощения за слишком длинное письмо. Но в нем я хотел выразить Вам самые хорошие чувства и пожелания.

С горячим приветом Н. Курчатова



Василий



Мартирий



Таисия



Курчатовы. Алексей Константинович – дед И. В. и Б. В. Курчатových (в центре) и его дети (слева направо)



Сергей



Владимир (справа)



Елена (?)



Ольга

М.И.Луценко* – И.В.Поройкову**

Баку
24.03.1960 г.

Москва

Дорогой Иван Васильевич!

Получил от Володи*** письмо, где он пишет о том, что Марина Дмитриевна собирает материалы о жизни Игоря и передал Вашу просьбу о том, что если у меня имеется что-либо, то выслал бы все на Ваше имя.

У меня сохранилось довольно большое количество фотографий, а также ряд оттисков его работ. Из фотографий, которые возможно отсутствуют у Марины Дмитриевны, у меня сохранились следующие снимки: Игорь в последнем классе гимназии или на 1-ом курсе университета, 3 разных фотографии, снятые в Баку и Ленинграде. Из общих снимков есть фотография, снятая в Симферополе в саду. На снимке, кроме Игоря Курчатова – Коля Правдюк, Боря Курчатов, Володя Луценко, я и Коля Верзильев. Несколько снимков имеется, где мы в обществе профессора Усатого (там же Коля Правдюк, Володя Луценко).

Из оттисков работ Игоря пока обнаружил у себя следующие:

1. Диэлектрические свойства сегнетовой соли.
2. Принцип подобия электропроводности твердых диэлектриков.
3. Пробой каменной соли.
4. Исследование диэлектрической постоянной сегнетовой соли при коротких электрических импульсах.
5. Твердые или вентильные фотоэлементы.
6. Твердые выпрямители.
7. Электрические свойства кристаллов сегнетовой соли с примесью NaRbTl.
8. Нижняя точка Кюри в сегнетоэлектриках.
9. Зависимость поляризации от силы тока поля в сегнетоэлектриках, вне области спонтанной ориентации.
10. Untersuchung der spezzschichtphotozellen.
11. On the transmissions of low velocity electron sthrough thin metallis foils.

* Мстислав Иванович Луценко – товарищ И. В. Курчатова и И. В. Поройкова в Симферопольском университете. – Р. К.

** Иван Васильевич Поройков – товарищ М. И. Луценко и И. В. Курчатова со времени учебы в Симферопольском университете. Письмо передано Б. В. Курчатову И. В. Поройковым. – Р. К.

*** Владимир Иванович – брат Мстислава Ивановича Луценко. – Р. К.

Возможно, что Марине Дмитриевне неизвестно или мало известно о совместной нашей с Игорем жизни и работе в Гидрометцентре Черного и Азовского морей в г. Феодосии, а также на постройке железной дороги Сюрень-Бешуйские Копи (около Бахчисарая). Жили очень дружно. Там же в бюллетене Гидрометслужбы были опубликованы 3 первых работы Игоря. Это 2 работы о сейшах Черного и Азовского морей и работа по определению мутности морской воды с помощью фотоэлементов. (Я думаю, что оттиски этих работ можно достать).

Что касается меня, то все в полном порядке. Настроение и самочувствие хорошие. Квартира постепенно превратилась в какой-то гибрид химической лаборатории, библиотеки и ботанического сада. Скучать я, несмотря на солидный возраст, до сих пор не научился.

Большой, большой привет и крепко жму руку, кроме Вас, и Анне Васильевне. * Потом младшему поколению, количество которых периодически, должно, увеличиваться.

Прошу также передать привет Марине Дмитриевне и Боре Курчатову.

Слава

Если, что-либо понадобится, сочту своим долгом выполнить. Мой адрес: г. Баку, ул. Корганова, дом № 24, кв. 35, Луценко М.И. Если напишите, то посылайте лучше заказным.

Письмо посылаю через Колю**, т.к. хорошо помню дом и квартиру, но не помню точного адреса.

* Анна Васильевна Поройкова – жена И.В. Поройкова и соученица И.В. Курчатова, М.И. и В.И. Луценко в Симферопольском университете. – Р.К.

** Вероятно, Николая Федотовича Правдюка, также университетского товарища, работавшего в Институте атомной энергии. – Р.К.

А. С. Клименко* – Б. В. Курчатovu

г. Симферополь
11 апреля 1960 г.

г. Москва

Дорогой Боря!

Задержал ответ на твое первое письмо, а вчера получил второе.

Спасибо, что откликнулся подробным ответом на мое письмо. Я ждал результатов на свое предложение. Ходил по инстанциям и только в субботу 9-го получил относительный результат. Он меня лично не вполне удовлетворяет, я постараюсь добиться большего.

Хочу, чтобы мой город должным образом хранил память о великом русском ученом. Поскольку школа № 1 (быв|шая| наша гимназия) тоже хочет увековечить память Игоря, — думаю сделаем больше. В свободный час я зайду в школу, в Пед|агогический| институт**, свяжусь и там. Надеюсь, общими усилиями наше желание претворится в жизнь.

Прошу передать Марине Дмитриевне и Людмиле Никифоровне мой большой привет, а также то, что я считаю своим гражданским долгом содействовать увековечению памяти Игоря Васильевича. Спасибо, Боря, за все сведения. Мне кажется, ты ошибаешься относительно дат проживания в доме Жукова (с 1914-? до осени 1921 г.г.).

Познакомился с тобой я, поступив в подготовительный класс, где мы учились в 1915-м и 1916-м годах. Вы жили еще на Набережной улице, во дворе, во флигельке. Я частенько бывал у тебя, приходил узнать уроки и очень хорошо помню эту квартиру.

Там же я познакомился с Игорем, отцом и мамой. Дома сохранились — и Жукова, и юриста Мечинского, который находился около усадьбы Ново-польских.

Согласен с тобой, что мемориальные доски надо установить на зданиях пед|агогического| института, школе и доме Жуковых.

Здание физической лаборатории, также аудитории (быв|шего| госпиталя) не сохранились. Уничтожили немцы. Здание “Толмцтары” есть.

Жизнь — прожита большая. Ты помнишь меня мальчиком, а сейчас мне исполнилось уже 54 года.

Пед|агогического| ин|ститу|та по лингвист|ическому| отделению я не закончил, а, окончив Театр|альный| техникум, всю жизнь отдал театру. До войны

* Алексей Сергеевич Клименко (См. с. 34) — Р.К.

** Бывший Симферопольский университет. — Р.К.

работал непрерывно в Киеве в Русс|ком| др|аматическом| театре им|ени| Леси Украинки. Война все перевернула, и много пришлось пережить. Свидимся, расскажу. Вот уже четыре года как вновь вернулся в Симферополь, под родную крышу. Работаю режиссером нашего русского театра, в том же здании, каким оно сохранилось в твоей памяти. Женат. Жена Татьяна Николаевна, с которой прожил всю жизнь (31 год как женаты), тоже актриса драмы. Сейчас она работает со мной, но подумывает уходить на пенсию. В ней нашел верно-го, преданного спутника жизни. Детей, к сожалению, у нас нет. И мы будем переживать одинокую – бездетную старость.

Жива еще у меня мама, ей исполнится 91 год 12 мая.

Сохранился наш маленький домик и сад, которым мы увлекаемся. Свободные часы (хотя их и немного) проводим в заботах о цветах, деревьях. За это время много развел чудесных роз, которые всегда любил, а теперь люблю еще сильнее.

Очень рад, что круг жизни завершаю в городе для меня родном и полном воспоминаний.

Если окажитесь в Симферополе, Марина Дмитриевна, Людмила Никифоровна и ты, всегда, в любое время будете дорогими гостями. Только летом мы обычно уезжаем на гастроли. А до конца мая здесь. В этом году еще наш маршрут не определился.

Жена и я шлем самые лучшие пожелания.

Крепко жму руку.

Старый соученик Алексей Клименко.

Клименко А.С. – Курчатову Б.В.

Симферополь

Москва

Дорогой Боря!

Поздравляем тебя и твою супругу с наступающим праздником! Шлем самые лучшие пожелания! Посылаю тебе вырезку из нашей газеты – о подготовке спектакля, повествующем о жизни Игоря!

Музей в б|ывшей| гимназии открыт. Отличные стенды о жизни и деятельности Игоря. И сам музей истории гимназии интересен! Будешь в Крыму, загляни!

Обнимаю тебя. Твой Алёша

Клименко.

М.И.Луценко – Б.В.Курчатову

Баку
05 июня 1960 г.

Москва

Дорогой Борис!

Извини, пожалуйста, что я задержался с ответом, но дело в том, что я был в командировке в районах Ленкорани и Астары и только что вернулся.

Первым делом отвечу на твои вопросы. 1-ая работа Игоря “Опыт применения гармонического анализа и исследования приливов и отливов” была напечатана в 1924 году летом. Работа выполнялась в начале под руководством профессора Николая Николаевича Калитина (очень известного метеоролога), потом ею руководили профессора Лондис и А.С.Шимановский. Калитин и Лондис уже умерли, а Шимановский, по последним сведениям, был директором Иркутской обсерватории. Работа была выполнена в короткий срок, не удивляйся. Дело в том, что мы работали по 12-14 часов. Как это выходило, поймешь из нижеследующего описания: Игорь, профессор Калитин и я жили, в так называемом Карантине, снимая комнату у маячного сторожа. Вставали рано, часов в 6 утра. Иногда шли купаться, пили чай и к 7 часам были в Гимецентре. Вели утренние наблюдения, работали часов до 2-3.

Работа Игоря состояла в математической обработке таблиц записей мореографов, на основании чего и была написана статья. После “обеда” (питались обычно дома) часов в 7-8 отправлялись опять в Гимецентр и работали там часов до 11 вечера. Сидели мы оба в бюро погоды. Обстановка и сотрудники были очень хорошие и к нам относились исключительно доброжелательно. Обычно вечером собирались почти все работники (нужно это было или не нужно). В свободное время читали много беллетристики, т.к. из каждой полочки все сотрудники отчисляли некоторую сумму на покупку интересных книг. Вобщем получилась неплохая библиотека.

Калитин довольно скоро от нас уехал, а мы остались жить с Игорем до тех пор, пока меня не командировали в г. Геническ. Оттиск первой работы с трогательной надписью Игоря у меня был, но я среди книг моей библиотеки никак не могу его найти. Если я не найду, паче чаяния, то здесь в Баку года 2 тому назад умер (наше большое начальство по Гимецентру) профессор Белонгин. Мы с ним случайно встретились и бывали друг у друга. Возможно, что все эти бюллетени с работами Игоря остались у него в архиве. Жена его жива и я как-нибудь к ней зайду. Пороюсь и у нее. В крайнем случае, возможно, что я летом буду в Феодосии и тогда зайду в бывший Гимецентр.

Коротко остановлюсь на совместной жизни с Игорем на постройке железной дороги Сюрень-Бешуйские Копи. В конце июля 1920 года Игорь, я и некий Яшвиль пошли искать работу. Добрались до Бахчисарая и устроились там чернорабочими на гостройку. Яшвиль проработал 1 день и ушел. Мы с Игорем остались. Жили под навесом в поместье какого-то Лункевича, рабочими мы проработали всего 2 дня, а потом нас перевели в “администрацию”. Таким образом, затем мы помогали прорабам в их подсчетах. Кормили нас вполне прилично. В свободное время путешествовали по реке Каче, осмотрели пещерный город, некий курган и т.д. Проработали до 20 сентября 1920г.

Если, я что-нибудь пропустил, напиши.

О смерти Игоря я узнал по радио, ночью. Как раз сражался в шахматы и вдруг – правительственное сообщение. Конечно, мне стало не до шахмат. Ты не представляешь, как мне было жалко Игоря, чудного, жизнерадостного, хорошего товарища, с которым проходили, пожалуй, наиболее трудные годы нашей жизни.

Коротко о себе. Живу я в той же квартире, где жил Игорь.

Мстислав Иванович Луценко

Куренкова З.И.* – Курчатову Б.В.

г. Аша, Челябинская обл.,
ул. Озимица, 79.
26 января 1962 г.

г. Москва

Здравствуйте, дорогие наши, Борис Васильевич и Людмила Никифоровна! Привет вам с родного седого Урала из Аши, расположенной в 120 км от Уфы в сторону Челябинска и в 40 км от г. Сим – родины нашей и наших отцов. Много лет прошло со времени отъезда вашей семьи в Симбирск, но память хранит дорогие образы дяди Васи, тети Маруси, Ниночки, Игоря и Бори. Да, я хорошо помню новогоднюю елку в вашей семье и отъезд из Сима. Вы с Игорем были еще малышами. Как много прошло времени, событий, но память хранит следы родственных чувств и отношений.

О вас я знаю со слов уфимцев – Толи, Симы и тети Лизы**. Я была у них на похоронах тети Лизы... Сплошная грусть в этой семье. На днях поеду в Уфу и схожу к ним. В Уфе (новой) живет моя сестра Елена Ивановна Рудакова, дочка с зятем – Мельнишкие. Они каждое лето отдыхают у нас в Аше. Природа, родные места привлекают их сюда. Дочь окончила пединститут и работает преподавательницей химии в школе г. Уфы, зять инженер-нефтяник, работает преподавателем в нефтяном институте. Все хорошо, отрадно в нашей семье. Живем хорошо. Сын мой Валентин работает в Аше на заводе начальником сбыта. У него двое детей, жена учительница. Наша семья – потомственная семья учителей. Моя бабушка – учительница. Школ не было, обучала на дому. Тетя Оля жила со мной 40 лет. Мы ее схоронили в 1959 г. Осталась из родных одна тетя Тая, которая прикована к постели. Я навещаю ее. Дочь Аля часто бывает у меня. В Симе родных нет, однофамильцев много.

Дом, в котором протекало наше счастливое детство – “жив”. Он двухэтажный, каменный. А вот дуб, посаженный в год рождения Игоря, два года тому назад при строительстве жилого дома был срублен. Я вспоминаю вас, проходя мимо того места. Я работала учительницей в Симе, а с 1932 г. – в Аше. На родине бываю часто.

* Куренкова Зоя Ивановна – двоюродная сестра Б.В. и И.В. Курчатовых по отцовской линии. – Р.К.

** Анатолий Дмитриевич и Серафима Дмитриевна Курчатовы, двоюродные брат и сестра Б.В. и И.В. Курчатовых по отцовской линии, тетя Лиза – сестра матери, М.В. Курчатовой. – Р.К.



Южный Урал. Поселок Симский завод Уфимской губернии



Воскресным днем в Симском заводе. Конец XIX в.



Остроумовы: Василий Антонович —
дед Б.В. и И.В. Курчатовых



Их тетьа Елизавета Васильевна и мать — Мария Васильевна.

В моей памяти сохранились образы членов вашей семьи: жизнерадостного, веселого дяди Васи и добрая, ласковая улыбка тети Маруси. Не пришлось мне с ними повидаться. Мой папа — Иван Алексеевич был братом дяди Васи. Их давно нет в живых. В Миассе живет мой брат Юрий*.

Как хорошо было бы встретиться с вами. Я только что приехала из Миасса. Вспоминали вас и живем надеждой встретиться у нас. Будем рады вашему приезду летом. Родные, а не знаем хорошо друг друга. А что знаете о родных вашей мамы? Я совсем не знаю их. Тетя Лиза говорила, что кто-то из них живет в Уфе.

Вы, конечно, очень заняты работой — понятно, но я жду от вас весточки.

Я состою в совете краеведческого музея и меня очень просили написать вам и запросить материалы об Игоре Васильевиче. Фото мы передали, но [музею нужны] материалы как биографического порядка, так и о его многогранной работе. Материалов из газет мало. Если вы найдете возможным, весь материал вышлите мне, а я передам в музей и сообщу вам, что будет там сделано... Пусть молодая смена учится на ярком примере борцов за передовую науку. Нам будет интересно все, все.

Сообщите, возможно ли это?

Передайте привет Марине Дмитриевне от нашей семьи. Ее мы также приглашаем на Урал. Много я написала, вероятно, утомила своим письмом.

Желаю вам успехов в работе и большого личного счастья.

Ваша сестра Куренкова Зоя Ивановна.

З.И.Куренкова – Б.В.Курчатову

23 февраля 1963 г.

г. Москва

Здравствуй, дорогой Боря!

Высланные на мое имя материалы о жизни и научной деятельности Игоря, мне очень дороги. Я с глубоким удовлетворением перечитываю строки материалов.

В краеведческий музей все передала. Достаточно теперь. Не беспокойся, что было нужно, все выслано. Теперь и я узнала от Али (сестра — Р.К.) о вашей жизни с Людмилой Никифоровной. К сожалению, Аля не могла рассказать о наших Курчатовых, ведь она молода, и знает только меня и Лену¹ с Юрой².

* Юрий Иванович Курчатов — двоюродный брат Б.В. и И.В. Курчатовых. — Р.К.

¹ Елена Ивановна Рудакова — двоюродная сестра Б.В. и И.В. Курчатовых — Р.К.

² Юрий Иванович Курчатов — Р.К.

Все же ее приезд к вам внес новое. Я рада, что вы живете хорошо и процветаете на благо грядущих поколений. Отрадно и горжусь Вами. Обстоятельства жизни разделили, но родственные чувства многогранны и ищут путей сближения. Будем не просто родными, а близкими.

С родителями мы расстались давно. Как бы они были рады за нашу жизнь. Мы должны остаться благодарными им за наше воспитание в труде. |...|

Дорогой Боря! Напиши мне, что больше тебя интересует (конкретно), а то я могу писать много, а это будет повторением. Я не хочу отвлекать тебя от больших дел. Я хорошо уловила и поняла, что тебя интересует твоя бабушка Мария Сергеевна³. Охотно выполню, что смогу. Я знала ее брата, сестру. Охотно опишу все, что узнаю. Дядя Вася (отец Б. В. — Р. К.), вероятно, рассказывал о ней. Но он был лет девяти, когда она умерла. А моя бабушка мало мне рассказывала о ней. Я могу выслать материал о возникновении завода и о родных, каких я знаю.

Мне было девять лет, когда вы уехали из Сима, но память хранит образы. Игоря мы звали Гарей, он был худенький, а ты был, как шарик. Ниночку⁴ я представляю, она была, вероятно, в возрасте 11 лет? Ошибаюсь? При возможности, вышли мне фотографию вашу с дядей Васей и тетей Марусей. Вы, вероятно, фотографировались. У нас есть фотография — мы на пасеке. Там из детей: я, Лена и Алеша — мой брат, папа, мама и дядя Вася с тетей Марусей. Аля говорит, у вас она есть. Лена с дочкой Инной⁵ живут в Новой Уфе, которая стала большим промышленным центром. Был ли ты в Уфе?

У нас есть фотографии домов дедушки Алексея. В стареньком деревянном родился и рос дядя Вася. А двухэтажный принадлежал после раздела моему папе. Я в нем росла, в нем протекали мои годы детства и юношеские. Он сейчас принадлежит не нам. В деревянном доме жила моя бабушка, Любовь Филаретовна Полушкина. О вашей бабушке — Марии Сергеевне, что узнаю, напишу и вышлю. С бабушкой Любой я росла до 12 лет, а потом меня взяли родители. Я безумно любила и люблю ее. Я знаю, что могила вашей бабушки с дедушкой в Симе — рядом.

Желаю Вам хорошего здоровья и счастья.

Сестра Зоя Куренкова.

³ Мать Василия Алексеевича Курчатова и бабушка Игоря и Бориса Курчатовых. — Р. К.

⁴ Родная сестра Бориса и Игоря Курчатовых. — Р. К.

⁵ Двоюродные сестра и племянница Б. В. и И. В. Курчатовых. — Р. К.



В “каникулы” 1929 г. в окрестностях Уфы.



**На отдыхе в Дюртюлях. Б.В.Курчатov 2-й справа.
За веслами И.В.Курчатov [1929 г.].**

Б. В. и М. Д. Курчатовы. 30-е гг.
Фото И. В. Курчатова.



Б. В. посреди водопадов.

КУРЧАТОВЫ НА ОТДЫХЕ В ДЮРТЮЛЯХ

*П. Н. Остроумова **

Хорошо помню приезд в Уфу Игоря, Марины и Бориса Курчатовых летом 1929 г. и то, как мы вместе отдыхали в Дюртилях. Выехать вместе со всеми на пароходе мне не удалось, заканчивались экзамены: я тогда училась. Пришла на Сафроновскую пристань проводить их.

Шла посадка пассажиров на пароход. Первыми из наших поднялись с чемоданами Игорь, Марина и Борис. Далее по трапу шли их родители — Василий Алексеевич и Мария Васильевна, затем Нонна Остроумова и ее брат Павел Аркадьевич. А завершала подъем на пароход Симочка (Серафима Дмитриевна Курчатова) с начищенным медным самоваром в руках. Я поднялась на пароход, зашла в их каюту. У всех было очень веселое настроение. Игорь и Борис меня звали по-своему, не Прасковьей, а Пашерой. Крепко пожав мне руку, они приглашали меня в Дюртили.

Прошло три дня. Экзамены у меня прошли хорошо, и вскоре я выехала на пароходе в Дюртили. На пристани меня встречали почти все. Привели в дом на самом берегу Белой, рядом с ним на берегу реки стояли на приколе две лодки. Родители Игоря были заняты приготовлением пирога с рыбой и заливного из стерляди. До обеда оставалось более трех часов. Игорь, Борис и Павел усадили всех женщин в лодки и переправили на другой берег Белой. Вдали виднелся поселок Венеция. Мы начали собирать ягоды, малину.

Когда наши ягодные сборы закончились и мы вернулись домой, все стали есть малину с молоком. Игорь, обращаясь ко мне, сказал: “Пашера! Ты удивляешь меня, малина с молоком, — это же лакомство. Почему не кушаешь?” Я улыбнулась и ничего не ответила. Тогда Игорь добавил: “Я решил попросить тебя о другом. Спой нам что-нибудь хорошее, тем более экзамены по пению у тебя прошли на “отлично””.

Я спела романс “Уймись волнения, страсти”, затем “Я помню чудное мгновенье”. Но когда я запела “Есть на Волге утес”, песню подхватили все присутствующие, а Игорь Васильевич встал и пропел вместе со мной песню до самого конца.

* Остроумова Прасковья Никоновна — двоюродная сестра И. В. Курчатова. — Р. К.

Вскоре из дому вышла мама Игоря и пригласила всех в дом на пирог с рыбой. После вкусного пирога опять сели в лодки и переправились через Белую на песчаный берег, где загорали, купались, пели, весело шутили. Потом пошли в поселок Венеция. Всем понравилось это красивое место. Свежий речной воздух, покой, красивая природа. Здесь я провела несколько счастливых дней своей жизни...

На каникулы в Уфу Игорь, Марина и Борис приезжали из Ленинграда и позднее. Отдыхали на Белой, Деме, Уфимке.

М.И.Луценко – Б.В.Курчатову

Баку
24 декабря 1966 г.

Москва

Дорогой Боря!

Поздравляю тебя и глубокоуважаемую Людмилу Никифоровну с наступающим Новым годом и очень желаю Вам доброго здоровья и хорошего настроения. У меня такое впечатление, что ты немного обленился (ничего не пишешь) и мне кажется, что начал отращивать себе брюшко и терять спортивную форму.

Что касается меня, то все в полном порядке. В Баку у нас пока тепло и снега я еще не видел. И как только вы там терпите в Москве и метели, гололед и прочую гадость?

Не нужно ли тебе чего-нибудь? Пиши, не стеснясь.

Крепко, крепко жму твою лапу и желаю Вам обоим всего самого, самого хорошего

Мстислав.

Г.Титов* и П.Асташенков – Б.В.Курчатову**

*г. Москва
29.04.1968 г.*

г. Москва

Дорогой Борис Васильевич!

Сердечно поздравляем Вас и Вашу семью со славными весенними праздниками – 1 Мая и Днем Победы!

Желаем Вам и всем Вашим близким здоровья, счастья и успехов в работе и жизни!

С уважением

Летчик-космонавт СССР

Герой Советского Союза Г.Титов

П.Асташенков

А.Н.Васильев* – Б.В.Курчатову

*г. Саранск-16, МАССР,
ул. Полежаева, 111, кв. 22
17 сентября 1968 г.*

г. Москва

Глубокоуважаемый Борис Васильевич!

Позвольте мне предложить Вам маленькую “викторину”.

Вопрос первый:

Когда и в каком учебном заведении список учеников одного из классов начинался Азаровым и Балашевым, и кончался Эйдиновым и Ястребковым?

Вопрос второй:

Кто и к кому взывал: “Господин Кравченко, выйдэтэ вон, я Вам говору!”?

Вопрос третий:

Где еще найдете Вы такого чудака, который, злоупотребляя своим пенсионерским досугом, способен беспокоить сумасбродными письмами солидных ученых мужей?

* Герман Степанович Титов – летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза, генерал-лейтенант авиации. – Р.К.

** Петр Тимофеевич Асташенков – писатель, автор книги “Курчатов”. М. Молодая Гвардия. 1967, главный редактор ж. “Техника – молодежи”. – Р.К.

*** Васильев Алексей Николаевич – соученик Б.В.Курчатова по Симферопольской гимназии. – Р.К.

Как и во всякой викторине, ответы посылать не обязательно.

Однако, если, паче чаяния, захотите ответить, то пишите по адресу: г. Саранск-16 МАССР, улица Полежаева 111, кв. 22, Алексею Николаевичу Васильеву.

С уважением А. Васильев

Б. В. Курчатов – А. Н. Васильеву

г. Москва

[сентябрь 1968 г.]

г. Саранск

Глубокоуважаемый Алексей Николаевич!

Получил от Вас письмо – Викторину. К сожалению, память моя сохранила только фамилии Ястребкова и Васильева. Их я помню только как соучеников по “общеобразовательному” техникуму в г. Симферополе. Ястребков был сыном учителя рисования, умершего от голода, я немного помогал Ястребкову подготовиться к экзаменам по математике. Экзамен Ястребков сдал хорошо к общему удивлению и удовольствию. Особенно был рад Михаил Григорьевич Виторгон, наш преподаватель математики в техникуме. Васильев Леня (а не Алексей) был высокий парень, носил пенсне, выглядевший гораздо взрослее, чем мы, мальчишки. Похоже, – это другой Васильев. “Господина Кравченко” не помню, высылал |вежливо| из класса его, вероятно, учитель истории, по имени Платон (а может – по фамилии Платонов). Это относится к более ранней эпохе обучения в Симферопольской казенной гимназии. Однако, соучеников по имени Васильева из других перечис|ленных| Вами, я не помню. Сейчас эта гимназия носит название 1-я школа 2-й ступени имени Ушинского (когда-то была имени Императора Александра 1-го Благословенного). Улица Карла Маркса, 32. Школа сейчас собирает сведения о своих выпускниках и их фотографии и рассчитывает устроить встречу старых выпускников в конце года. Я был бы рад узнать от Вас, где же Вы учились, какой были из себя, на какой парте сидели? Кого еще помните и как распорядилась с Вами судьба? Меня нашел только Клименко |Петя|, (учившийся со мной в одном классе). Он стал режиссером в Крымском театре и недавно ушел на пенсию.

С приветом Б. Курчатов.

А.Н.Васильев – Б.В.Курчатову

2 октября 1968 г

г. Москва

Глубокоуважаемый Борис Васильевич!

Я получил Ваш ответ. Теперь мне ясно, что вместе с Вами я ни в одном классе гимназии не учился, но в одной гимназии и примерно в одно время мы учились: ведь я тоже родился в 1905 году.

В 1915 году я поступил в 1-й класс гимназии (той самой, “Благословенного”), а в конце 1920 года мы переехали в Севастополь, где я продолжал учиться в Казенной гимназии, превратившейся затем в школу I и II степени (как и везде, конечно). Таким образом, я проучился в Симферополе с 1-го класса по 5-й и 2 месяца в 6-м.

И все это время со мной учились и Ястребков (его отец, Александр Андреевич, тогда еще работал; умер он, по-видимому, зимой 1921-22 года, когда свирепствовали голод и его спутник – сыпняк), и Леня Васильев, сидевший чаще всего на одной парте со мной, а через несколько лет оказавшийся в Ногинске на каком-то заводе (может быть, это и не тот Леня В|асильев|, о котором пишете Вы, но он тоже был высоким брюнетом, но очков еще не носил), и (подхожу к главному вопросу) Курчатов, которого, кажется, звали Владимиром (но я думал, что память мне изменила), с которым мне также приходилось сидеть на одной парте (в последние годы совместной учебы).

Это был симпатичный, одержимый мальчик, разделявший со мной пальму первенства по успеваемости в нашем классе. А был этот класс основным. Может быть Вы учились в параллельном классе или были “моложе” на один класс? Помню, что у нашего Курчатова тоже был брат в каком-то старшем классе. Однажды он даже зашел в наш класс во время перемены и я отчетливо помню, как он стоял, прислонившись спиной к стене. Но черты лица его в памяти моей не сохранились, да и было это только один раз. Ведь у нас вообще не в моде было посещать младшие классы.

Как видите, и мне есть над чем погадать.

Теперь о моей “викторине”, которая служила своего рода зондом и дала свои результаты. Я мог бы привести на память почти весь список своих одноклассников, но Вам это вряд ли будет интересно. Скажу только, что в нашем классе учились также сыновья обоих гимназических “законоучителей” – Игнатенко и Медведко, причем оба они были далеко не самые примерные ученики.

Учился с нами и некий верзила Кучерявцев. Кажется, он попал к нам где-то “в пути”, оставшись на второй год. Учился он неважно и своими выходками

допекал некоторых незадачливых учителей, таких, как Платон Васильевич Ларьонович-Валовский и Иустин Анастасьевич Грещинский. Доставалось им и от Безобразова, тоже верзила и тоже, кажется, второгодника. Это одному из них (кажется, Кучерявцеву) кричал доведенный до белого каления Иустин Анастасьевич: “Господин Кравченко, выйдэтэ вон, я Вам говорю”.

Почему “Кравченко”, так и осталось неизвестным. Ученика с такой фамилией, по крайней мере у нас в классе, не было. Напоминаю, что И.А.Грещинский преподавал латинский язык.

Начиная с 1956 года, я не раз бывал в Крыму и всякий раз совершал путешествие к нашей б|ывшей| гимназии. Сначала видел на ней вывеску шк|ола| им. Шевченко, а потом им. Ушинского. Видел и мемориальные доски — в память Менделеева и в память Игоря Васильевича. Тогда-то у меня и зародилось впервые подозрение, что я учился с его братом, но о Вас я еще не знал, а когда узнал, то долго не решался написать, т|ак| к|ак| твердо помнил, что “наш” был Владимир, а не Борис.

По-видимому, так оно и есть. Но где же он и имеет ли какое-нибудь отношение к Вам?*

С приветом А. Васильев

P.S. — Очень жаль, что, не будучи выпускником Симферопольской школы, не могу принять участие в “слете”.

А. Васильев

P.P.S. — Хотя мы и учились в разных классах, у нас, может быть немало общих воспоминаний о Симферопольской гимназии, о наших учителях. И если будете иметь время и желание, то пишите.

Знаю, что Ольга Евг|еньевна| Усольцева (франц|узский| яз|ык|) умерла несколько лет тому назад.

О других не знаю ничего. Впрочем, мало кто из учителей может быть еще жив. Ведь прошло 50 лет!

А. Васильев

P.P.P.S. — Упоминание о “пальме” не сочтите за хвастовство. Это просто историческая справка и относится больше к Курчатovu, чем ко мне. Что было, то было.

А. Васильев

* Владимир Иванович Курчатov не состоял в родстве с братьями Борисом и Игорем Курчатovыми, дружил с ними в отрочестве. В 1960-е гг. писал несколько писем Б. В. Курчатovu. Ученый биолог, руководил кафедрой биологии в Краснодарском Медицинском институте. — P.K.

Б.В.Курчатов – А.Н.Васильеву

г. Москва

[после 2 октября 1968 г.]

г. Саранск

Глубокоуважаемый Алексей Николаевич!

Получил Ваше письмо от 2.10., позавидовал Вашей памяти. Фамилии наших общих учителей, почти что все позабыл. Насчет 3-го Курчатова – это был Владимир Иванович Курчатов – наш однофамилец. Отец его И.М.Курчатов работал под одной крышей с моим отцом В.А.Курчатовым в здании Христофорова. Мой отец в Землеустроительном отделе, а Володин – помнится, – в Удельном ведомстве. Знакомство произошло по линии отцов.

Владимир был старше меня и моложе Игоря. В школе мы распределились по разным уровням, скажем, в 1914-м Игорь в IV классе, Владимир в I, а я в – приготовительном. Владимир Курчатов стал тоже ученым, в последних годах вел кафедру биологии в Краснодарском Медицинском институте. Уже 2 года от него нет вестей, похоже его-таки догнал “кондратий”.

На счет “слета” выпускников у Вас излишний формализм, школа перестраивалась в 20-х годах, я ведь тоже формально выпускник не нашей общей школы, а “общеобразовательного” техникума, куда собрали последние 2 класса... мужской и женской средних школ. Очень советую связаться с советом музея нашей школы и написать воспоминания... Особенно о преподавательском составе.

На этом текст обрывается.

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Д.11/1. Черновик на 1 л.

А.Н.Васильев – Б.В.Курчатову

28 декабря 1968 г.

г. Москва

Здравствуйте, многоуважаемый Борис Васильевич!

Давно я не писал Вам, хотя надо было бы сделать это сразу по получении Вашего письма. Признаю свою вину.

Это послание придет к Вам, очевидно, к Новому году.

От души поздравляю Вас с Новым годом и желаю исполнения всех Ваших желаний в наступающем году.

А теперь по поводу Вашего последнего письма (от 12/Х).

Почему-то мне казалось, что у Владимира Курчатова тоже был старший брат, учившийся в нашей гимназии. Но, видимо, это ошибка?

Дом Христофорова на Мюльгаузенской улице я помню, но никогда не знал, что за учреждения там помещались. Впрочем, я видел этот дом уже в последние годы моего пребывания в Симферополе.

Кажется, именно этот дом горел и из его подвалов рекой лилось вино на радость всем питухам, но я этого не видел.

Да простится мне дерзость, с которой я позволю себе исправить допущенную Вами неточность: исходя из того, что я и Владимир поступили в I класс в 1915 году и, что Игорь Васильевич окончил гимназию в 1920 году, находим, что в сентябре 1914 года Игорь Васильевич был, действительно, в III кл|ассе|, но Владимир был только в подготовительном или же, подобно мне, готовился дома к поступлению в I класс, а Вы еще не учились в гимназии.

Как же это Вы потеряли из виду своего друга? Пытались ли Вы узнать о нем? Было бы грустно узнать, что он ушел из жизни. Хочется верить, что это не так.

(Далее письмо не сохранилось. – Р.К.)

М.И.Луценко – Б.В.Курчатову

г.Баку
23 апреля 1969 г.

г.Москва

Дорогой Боря!

Поздравляю тебя и Людмилу Никифоровну с праздником 1-ого мая и желаю всего, всего самого хорошего. Надеюсь, что ты находишься в хорошей спортивной форме и не разучился играть в шахматы. Слышал, что умерла Марина Дмитриевна, но причины неизвестны.

Что касается меня, то все в полном порядке. Возможно, что летом поеду в Ленинград и тогда по дороге, конечно, засвидетельствую тебе свое почтение.

Крепко обнимаю

Мстислав.

З.И.Куренкова – Б.В.Курчатову

Уфа-40, Кольцевая 36, кв.38
12 сентября 1969 г.

г.Москва

Дорогой наш Борис Васильевич!

Здравствуйте!

Собралась и я написать Вам, о чем думала еще с июля. На все есть обстоятельства: переезд на жительство в Уфу – рассталась с тем, что заполняло мою жизнь, оставила родные места.

Теперь все вошло в колею, но мысленно переносюсь в родной Сим, Ашу.

Жизнь разбросала по всей стране родственников, но старое, милый братец, не забыто. Оно лишь, осторожно отодвинуто в сокровенный уголок, что зовется памятью сердца. Да, дорогой Боря, памятью сердца. Теперь – я в кругу родных. Нет с нами Али. В семье дочери Инны с сестрой мне легче коротать старость. А жизнь моя уж завершает круг. Я, старшая осталась из внуков в семье внуков дедушки Алексея Константиновича. Я не знала его, а росла с бабушкой Любой. Какую любовь к ней я пронесла через свою жизнь – знали бы Вы!. Моя поездка в Сим, в сопровождении Али, доставила мне много приятных минут. Одно слово – родина говорит о многом. Как много изменилось за это время. Только окружающие чары с 3-х сторон хранят историю этого старейшего города Южного Урала. Фильм “Остановка 2 минуты”¹ показывает много важного в истории города – родины уральских революционеров М.В.Гузакова, И.М.Левезгина и прославленного ученого И.В.Курчатова. Дети продолжают дело отцов – вот лейтмотив этого фильма.

Юра говорил со мной по телефону в октябре и сообщил, что фильм демонстрировался по Челябинскому телевидению, его просматривали по городам Миасс, Златоуст, Куса, Юрезань, Усть-Котав. А вот Сим и Аша пользуются передачами Уфимского телевидения. Возможно, был показ фильма, но я не видела. Может быть Вам выслали пленку?

Да, дорогой братец, обидно, что мы не смогли встретиться, поговорить, вспомнить о наших родителях. Встреча с молодыми ребятами “Юными курчатовцами” произвела сильное впечатление. Из них выйдут ученые люди. Восхищена и представителями вашего института Атомной энергии. Знал бы какую любовь к нашему брату они пронесли во все дни пребывания в Симе. Со мной они разговаривали тепло и оправдали с честью возложенное на них дело.

¹ Первый документальный фильм о И.В.Курчатове и его родине. Центральная студия документальных фильмов г.Москва, 1969 г. Реж. Л.Бродский. – Р.К.

Мне было много оказано внимания. Всего не опишешь. Ждали, очень ждали Вас! Конечно, жаль, очень жаль, что поездкам болезни мешают. Спасибо Але, что сопровождала меня везде и всюду. Одна я бы не справилась. В Симе я забыла о своих болезнях и чувствовала себя значительно лучше. Была и моя дочь Инна с зятем, Александром Георгиевичем, но их убедили, что и мне необходимо присутствовать там. И я поехала.

Гостеприимно встречали нас директор школы имени Игоря Васильевича Курчатова Лидия Константиновна Шапошникова и учитель истории Леонид Григорьевич Решетов.

Да, дорогой Боря, в Москве сооружается памятник Игорю Васильевичу, а в Челябинской области и на родине [в Симе – Р.К.] создано научное общество учащихся “Юный Курчатовец”. Мне был приколот значок “Юный Курчатовец”, а я его подарила своему внуку, сыну своей дочери – Игорю Мельницкому, ученику 5 класса.

На митинге я приветствовала “Юных Курчатовцев” от имени большой семьи Курчатовых. Мне и Але ребята приподнесли букет ромашек. Самых настоящих полевых цветов! Мы привезли их домой. Все неповторимо дорого, дорогой!

Присланные тобой фотографии нам с Леной дороги и близки сердцу. Вот перед нами милые, дорогие сердцу дядя Вася (мой крестный) и тетя Маруся, такие близкие и родные. Я и Лена вспомнили наши встречи с ними в детстве – далеко, неповторимо и взаимоотношения, которые существовали у наших родителей. Такой близости не было у нас с семьями дяди Мартирия, дяди Миши, дяди Сережи. Правда, мы были близки и к семье дяди Мити. Вашу Ниночку мы вспоминаем и представляем, и помним Игоря-Гарю, и маленького Борю. Помним и преданную Марью², которая уехала с Вами – она была привязанной к Вашей семье и всех Вас вырастила. Память о Вашей семье сохраним на всю жизнь. Помним и Ваш отъезд из Сима в Симбирск. Была ночь, кажется, это было осенью. Наш папа поехал на станцию Симская, 8 км от города, а я, Лена, мама остались в квартире. После отъезда мы с мамой обнаружили в буфете серебряную чарочку. Она до сих пор, как семейная реликвия, хранится у Лены. И мы из нее по праздникам выпиваем и вспоминаем родных. Наша мама писала тете Марусе: “забыли чарочку”, а она в ответ: “Пусть останется на память”.

² Няня Б.В. и И.В. – Р.К.



Родители Б.В.Курчатова: Мария Васильевна и Василий Алексеевич. Симский Завод [1895г.]



Мария Васильевна с семьей брата Николая Остроумова. На переднем плане в центре сестра Бориса и Игоря Курчатовых Ниночка (Антонина). Симский Завод Около 1900-го г.



Поездка по окрестностям поселка семей Остроумовых–Курчатовых. Начало XX века.



Мария (Марья) – няня Бориса и Игоря Курчатовых. Начало XX века.

Нам все дорого. Теперь про фотографии о наших домах. Дом первый – деревянный, позади него – каменный – они и есть дедовы, о чем писала Лена с моих слов. В деревянном доме родился Игорь (мне рассказывала тетя Оля). Я знаю точно, Ваши папа с мамой раньше жили в нем. В саду были качели. На них качались и мы с Ниночкой, твоей³ крестной. В последнее время родители жили в 2-х этажном доме – каменном, который виден вдали. Провожали Вас мы из него. Теперь мы с Володей и Алей проехали по этим местам: каменный дом стоит, а деревянный снесен в связи со строительством. Не сомневайтесь, это тот самый деревянный дом, в котором жили Вы. Я – живой свидетель. Подтверждал и Китаев Я. В.⁴, работавший с дядей Васей. Дом стоял на перекрестке улиц вблизи территории завода. Никого больше не надо спрашивать. Сведения точные: в этом доме проживала я с мужем в 1921–1922 гг. Мне тетя Оля рассказывала, что в саду, огороженном забором, в углу рос дубок, посаженный дядей Васей в год рождения Игоря. Да, он рос. Я его помню. На фотографии в углу виднеется деревце, это он и есть. Живя в Симе, я всегда поглядывала на дубок – он рос, поднимался, как наш богатырь, Игорь. Когда снесли этот дом, я точно не помню, полагаю, в середине 1950-х гг. Жаль, не сохранили его. Дом принадлежал лесничеству. Никаких других подтверждений не требуется: мы, родные, живые свидетели истории нашей семьи.

Вот передо мной фотографии дяди Васи с тетей Марусей, совсем юные⁵. Такими я их не знала. Спасибо, Боря за этот снимок. Трудно сказать, где они фотографировались, в Симе или в Уфе. Судя по печатной надписи, (работа фотомастерской Волкова) – сделана она была в Уфе. Мы с Леной сравнили свои фотоснимки – [на них] точно такая же надпись. Все подлинники фотографии Волкова сделаны на светло-коричневом фоне. Жаль нет надписи какого года снимок.

У какого дома они снимались? Думаю, только не у того, в котором жили Вы – нет, это не он. А вот на дедушкин дом похож, схожи и ставни, и фундамент. Вероятно, они снимались, когда приезжали из Илека в гости в Сим. Думаю, что снимались у дома деда Алексея Константиновича. Возможно, фотограф приезжал в Сим, для коллективных съемок по заказам управляющего заводом. У жителей города Сима много коллективных фотоснимков рабочих и служащих, сделанных фотографией Волкова. Вероятно, фотографы выезжали в Сим по приглашению. Итак, мое окончательное мнение, считаю,

³ Антонина – Сестра Б. В. и И. В. – Р. К.

⁴ Старожил г. Сима, работал вместе с В. А. Курчатовым. – Р. К.

⁵ Имеется в виду фото родителей Курчатовых в национальных русских костюмах. – Р. К.

что снимались Василий Алексеевич и Мария Васильевна около дома деда Алексея Константиновича. В нем и жил наш прадед Константин. В этом доме доживала свои годы наша бабушка Люба⁶ с тетей Олей. В нем было 4 комнаты. Теперь этого дома нет – на месте его пустырь...

Как-будто все описала. Утомила Вас своим письмом – извините, пожалуйста. Сердечный привет от меня и Лены Людмиле Никифоровне.

Обнимаю, Зоя.

Г.Н.Флеров* – Б.В.Курчатову

*г.Дубна, Московской обл.
|декабрь 1971 г.|*

г.Москва

Сердечно поздравляю Вас и Ваших близких.
Желаю здоровья в 1972 году.
Ваш Г.Флеров

⁶ Бабушка Люба – Любовь Филаретовна Полушкина, вторая жена деда Алексея Константиновича Курчатова, неродная мать Василия Алексеевича, на которой А.К. женился после смерти своей первой жены и родной матери Василия Алексеевича – Марии Сергеевны. – Р.К.

* Георгий Николаевич Флеров – физик, академик, Герой Социалистического Труда, ученик И.В.Курчатова. – Р.К.

Из разных писем по увековечиванию памяти И.В.Курчатова (1962-1971)

Ю.А.Забусов – Б.В.Курчатову

Черноморское пароходство
12 июля 1962 г.

г. Москва

В первых числах июля в строй Черноморского пароходства вступило новое океанское судно, носящее имя Игоря Васильевича Курчатова. “ФИЗИК КУРЧАТОВ” – так называется турбоход, построенный на Херсонском судостроительном заводе. Это судно оснащено новейшими приборами и оборудованием, позволяющими ему делать длительные океанские переходы в любых условиях.

Наш экипаж гордится тем, что судну присвоено великое имя человека, который так много сделал для всего человечества.

Мы обещаем, что имя Игоря Васильевича мы с честью пронесем под нашим флагом по всем морям и странам.

Капитан турбохода “Физик Курчатов”
Помощник капитана по полит. части

Забусов Ю.А.
Горяинов В.С.



Помощник капитана корабля “Физик Курчатов” [?] в гостях у Б.В. и Л.Н. Курчатовых. Москва. После 1969 г.
Фото Д.С.Переверзева.

Г.С.Ермушкин – Б.В.Курчатову

*г. Симферополь
4 декабря 1962 г.*

г. Москва

Уважаемые Марина Дмитриевна и Борис Васильевич!

С удовольствием сообщаю вам, что 15-го декабря 1962 года школа* будет отмечать 150-летний юбилей. В этот день будет проведено торжественное заседание педагогического совета школы, совместно с представителями партийных, советских и общественных организаций города.

Приглашаем вас приехать к нам на наш праздник.

Если вам по какой-либо причине не удастся приехать, то просим прислать несколько строк воспоминаний о гимназии, об учебе Игоря Васильевича, о Вашей учебе, Борис Васильевич, в ней, пожелайте хорошее учителям и ученикам школы.

Если не затруднит вас, пришлите ваши фотографии и новые фотографии Игоря Васильевича. В школе организуется музей истории школы и все интересное будет помещено туда.

Мною найдены две книжки об истории гимназии, но обе они описывают период от 1812 по 1881 год, а период с 1881 по 1917 год нигде и никем не освещен. А этот период истории гимназии не менее интересен, чем другие.

Извините за беспокойство. Желаю вам здоровья, успеха в делах.

С приветом директор Средней школы № 1 Симферополя

Г.С.Ермушкин

Б.В.Курчатов – Г.С.Ермушкину

*г. Москва
Ул. Карла Маркса
Школа имени Ушинского*

г. Симферополь

ТЕЛЕГРАММА

[До 15 декабря 1962 г.]

Поздравляю коллектив преподавателей и учащихся симферопольской средней школы имени Ушинского с нашим общим праздником со столетия десятилетним юбилеем школы.

* Симферопольская Мужская Александра I Благословенного гимназия, в которой учились братья Курчатовы. – Р.К.

У нашей школы славное прошлое. Здесь работал выдающийся русский педагог Ушинский. Начиная свою трудовую деятельность великий Менделеев.

Тысячная армия выпускников школы много сделала для развития культуры и экономики нашей Родины.

В 1920 году ее окончил с золотой медалью Игорь Васильевич Курчатов – выдающийся советский ученый физик. Несомненно у школы впереди еще более славное будущее. Из ее стен выйдут новые талантливые исследователи, изобретатели, новаторы производства, активные строители коммунистического общества.

Желаю всему коллективу больших успехов в труде и учебе.

Выпускник школы, доктор химических наук

Борис Курчатов

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И. В. Курчатова.

Коллекция Б. В. Курчатова. Д. 11/1. Черновик на 1 л.

Л. Г. Решетов – Б. В. Курчатову

Челябинская обл., г. Сим

5 ноября 1962 г.

г. Москва

Уважаемый, Борис Васильевич!

Ваше письмо было получено мною накануне праздника Октября и было приятной новостью для нас Ваше внимание к нашей просьбе.

Очевидно, Вам известно, что город Сим возник двести лет тому назад, как чугуноделательный завод и принадлежал поколениям Балашевым. Район нашего города был ареной острой борьбы отрядов повстанцев во главе с Салаватом Юлаевым в годы Крестьянской войны (недалеко от нас находится селение, где родился этот бесстрашный сподвижник Пугачева).

Неказистым и невзрачным был наш город Сим в прошлом. Почерневшие домики, обросшие полынью да крапивой ютились около заводика.

Ранним утром по хриплому заводскому гудку понуро шли к проходным рабочие, утопая в непролазной грязи разбитых и изъезженных улиц. Мало, чем отличался внешне Сим от деревни. В настоящее время Сим превратился в довольно культурный городок. Здесь, кроме школ, имеются: профессионально-техническое училище, машиностроительный техникум с вечерним и дневным отделениями, филиал политехнического института с вечерним отделением. Короче говоря, наша молодежь может, не выезжая из города, получить

высшее техническое образование. В центре города отстраивается здание нового Дворца культуры. Мы, учителя и учащиеся, с нетерпением ждем перехода в новое здание школы одиннадцатилетки, которое должно войти в строй с нового года, т.е. после января. В новой школе будут прекрасные условия, хорошо оборудованные кабинеты, спортивный зал, столовая и т.д. Все это благоприятно повлияет и на создание при школе своего краеведческого музея. А материал для него мы уже начали собирать. Совсем недавно ребята обнаружили в огороде одного жителя ствол пушки, вполне вероятно, что она могла быть свидетелем событий Пугачевского движения. Собраны у нас воспоминания участников революций и гражданской войны, и т.д. И вполне понятно, каким ценным материалом мы будем располагать, если Вы поможете нам прислать материал об Игоре Васильевиче Курчатове. Борис Васильевич, просим Вас отобрать снимки о детских, юношеских и студенческих годах Игоря Васильевича, в период его деятельности в последние годы, снимки с его наград и т.д.

Если возможно, то пришлите в дар нашему музею что-либо из небольших вещей Игоря Васильевича (карандаш, например, или еще что-либо). Вы, очевидно, понимаете, насколько это будет интересно для наших учащихся.

С нашей стороны, если Вас интересует что-либо о нашем городе или фотографии его окрестностей, то мы с удовольствием можем выполнить Вашу просьбу и выслать Вам.

С товарищеским приветом

Л. Решетов

Л.Г. Решетов – Б.В. Курчатову

Челябинская обл., г. Сим

13 января 1963 г.

г. Москва

Уважаемый, Борис Васильевич!

Позвольте от имени наших учащихся и себя лично сердечно поблагодарить Вас за оказанное внимание в выполнении нашей просьбы – пакет с фотографиями мы получили вовремя, накануне юбилея Игоря Васильевича. В эти дни мы записали ряд воспоминаний жителей нашего города, связанных с пребыванием Василия Алексеевича (Курчатова – Р.К.) и вашей семьи в Сими, установили дом, в котором проживал Игорь (это здание нынешнего техникума), нашли могилу деда – Алексея Константиновича и место его дома. Самая интересная и теплая встреча произошла в нашем районном центре – Аше (в 60 км от нас), где проживают тетя Ваша – Таисия Алексеевна и двоюродная

сестра Зоя Ивановна. Тетя, пожилая женщина, много пришлось ей увидеть на своем веку, на ее глазах произошел разлом в судьбах людей и все связанное с революцией и рождением нового мира. Но, к большому сожалению, в ее воспоминаниях часто нет четкости, она путает события, а о других просто забыла. Делилась своими воспоминаниями и Зоя Ивановна. Они оставили в душе самые светлые воспоминания о Вашей семье.

Результатом этих встреч явилось опубликование материала об Игоре Васильевиче в нашей районной газете, которую я высылаю Вам. В школе мы провели беседы об Игоре Васильевиче и оформили выставку с фотографиями, присланными Вами. Ее приходят смотреть и жители нашего города. Небольшие выставки были оформлены и в наших городских библиотеках.

Борис Васильевич, если это возможно, поясните, почему у нас в городе не установлен бюст Игорю Васильевичу, ведь он является трижды Героем Социалистического Труда?

Вопрос об увековечивании памяти Игоря Васильевича у нас в Симе я буду продвигать дальше.

Борис Васильевич, если возможно и Вас не затруднит, просим Вас выслать нам то, что опубликовано об Игоре Васильевиче в связи в его 60-летием, т.к. у нас невозможно достать. Также очень желательны некоторые дополнительные снимки: например, фотография с учрежденной золотой медали Академии Наук СССР им. Курчатова и все другое, что еще возможно, пришлите нам. Чем можем мы Вам помочь? Сообщите. Все, что в наших силах, постараемся выполнить.

Еще раз, спасибо за внимание, желаем здоровья, успехов в Вашей работе.

С уважением

Л. Решетов

Л. Г. Решетов – Б. В. Курчатovu

Челябинская обл., г. Сим
2 ноября 1963 г.

г. Москва

Здравствуйте уважаемый Борис Васильевич!

Прежде всего, разрешите поблагодарить Вас за внимание к нашим запросам и во вторых, поздравить Вас с праздником Великого Октября. Работу по сбору материалов об Игоре Васильевиче мы не прекращали за весь этот отрезок времени, когда Вам писали последнее письмо. Занятия с нового учебного года начались у нас в здании новой четырехэтажной школы. Это

большая радость для наших учащихся. Одну из комнат выделили под школьный музей. И сейчас ведем большую оформительскую работу. Нужно затратить еще много сил в поисках экспонатов и необходимых данных и как можно лучше оформить стенды.

Центральное место в нашем музее будет отведено отражению жизни замечательного нашего земляка, нашей гордости – Игорю Васильевичу Курчатову. Мы приступили к переделке стенда, который был изготовлен к 60-летию Игоря Васильевича. Основой этой экспозиции являются фотографии, полученные от Вас. Мы искали людей, которые могли бы нам рассказать хоть крупинцы из того, что известно о пребывании родителей Игоря Васильевича и его детстве в Симе. Но к большому сожалению более-менее полных сведений собрать и выявить не удалось. Очень смутны и разноречивы они, а самое главное бедны, т.е. скудны. В нашем районном архиве мы нашли книгу записей рождений за 1903 г. и в ней запись о рождении Игоря Васильевича. Если это будет необходимо Вам, мы можем выслать фотографию этой записи.

Уважаемый Борис Васильевич, обращаемся к Вам с просьбой, посоветуйте нам, что лучше представить в нашем музее? Очень хотелось бы поместить в нашем музее какие-либо предметы или предмет, принадлежавший Игорю Васильевичу. Вы, очевидно, понимаете, какая это будет ценность для нас и как будут горды и рады наши учащиеся. В нашем музее мы думаем поместить и бюст Игоря Васильевича, который изготовлен нашим бывшим учеником. Но работа эта, конечно, далека от совершенства.

Просим Вас оказать нам помощь по всем этим вопросам. Кто еще может оказать нам посильную помощь? Учащиеся нашей школы обратились с письмами в институт Атомной энергии им. И. В. Курчатова, а также к дирекции “Моснаучфильма” (последним был недавно снят фильм “Прометеи нового века”). В них мы просим эти организации тоже оказать нам посильную и возможную помощь.

Хочется представить ярче и интереснее все, чем мы сейчас располагаем.

От всего сердца желаю Вам творческих успехов в работе и доброго здоровья.

С большим уважением к Вам

Л. Г. Решетов

Б. В. Курчатова – Л. Г. Решетову

г. Москва

г. Сим, Челябинская обл.

Здравствуйте, дорогой Леонид Григорьевич!

Получил от Вас письмо с поздравлением, спасибо за память. Посылаю Вам симское фото Игоря для газеты. Фото “На качелях” одно из наиболее слабых. Мне кажется, лучше есть другие фото, более удачные.

Мы были рады узнать об открытии мемориальной доски на ДOME культуры г. Сим. Получили 2 фотографии, запечатлевшие этот момент. Спасибо за внимание.

Желаю Вам крепкого здоровья и успехов в работе.

Б. Курчатова

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И. В. Курчатова.
Коллекция Б. В. Курчатова. Д11/1. Черновик на 1 л.

Б. В. Курчатова – Средняя школа № 61

г. Москва

27 июля 1966 г.

г. Фрунзе

Дорогие ребята!

Получил письмо от вас, а также другое письмо на имя Президента Академии Наук. Второе письмо было переправлено из секретариата Академии Наук в Институт Атомной Энергии и, конечно, в конечном счете, ко мне.

Посылаю для музея некоторые материалы из газет и журналов в виде фотокопий, фото 2-х макетов, установленных на международной выставке Академии Наук СССР, и 2 фото Игоря Васильевича. Некоторые фотографии Игоря Васильевича я вышлю дополнительно, скорее всего осенью когда их подготовит институтский фотограф Дмитрий Семенович Переверзев, бывший секретарь Игоря Васильевича. В отношении макетов установок: к сожалению, выслать такие не можем и в Институте их нет, и изготовление стоит очень дорого. Мне кажется, здесь нужно вам проявить инициативу и самим изготовить схемы ядерных реакторов и атомной электростанции.

Относительно воспоминаний об Игоре Васильевиче. Опубликованы воспоминания Гуревича, Алиханова (ж. “Аврора”, № 1, 1963), Кикоина, Гончарова (ж. “Атомная энергия”, 1963, юбилейный номер), Иоффе (ж. “Успехи физических наук”). Я высылаю вам эти материалы, какие частично, какие

полностью. Обращаться за воспоминаниями к Президенту Академии Наук — понятие смелое, но, по моему мнению, совершенно безнадежное, учитывая громадную загруженность Президента работой.

Фото мое (вместе с И.В.) пришло позже.

Детей у И.В. не было.

Кажется, дал полный ответ на ваши вопросы.

Искренне желаю всем вам хорошего отдыха и здоровья.

Б.Курчатов

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Д.11/1. Черновик на 1 л.

Куча Сальманович Ахмедов — Б.В.Курчатову

*г.Махачкала
15 сентября 1966 г.*

г.Москва

Здравствуйте, дорогой Борис Васильевич!

Дорогой Борис Васильевич!

Дорогие члены семьи Игоря Васильевича!

Несколько лет тому назад, Вы, Борис Васильевич, прислали мне пакет, в котором оказались бесценные для меня и для многих моих товарищей фотографии покойного Игоря Васильевича Курчатова. Начиная с этого времени, я собираю в доступной мне форме материал, касающийся жизни и деятельности Игоря Васильевича Курчатова. Много интересных фотографий И.В.Курчатова поместил журнал “Наука и жизнь”. Когда, Борис Васильевич, я прочел очерк в “Правде” об Игоре Васильевиче Курчатове, я поставил перед собой задачу (ведь я же пропагандист) в доступной форме показать величие подвига Игоря Васильевича перед Родиной и величие Игоря Васильевича как Человека перед природой.

За эти три-четыре года в этом направлении я добился определенных успехов.

Я бесконечно рад, что сейчас в “Дагестанской правде” идет публикация глав из книги И.Головина “У истоков атомной эры”. С большим нетерпением ожидаю каждый день получение очередного номера газеты.

Дорогой Борис Васильевич!

В ноябре месяце мы в своей школе собираемся провести вечер, посвященный Игорю Васильевичу Курчатову с приглашением воинов Махачкалинского

гарнизона. Уже сейчас идет подготовка к этому вечеру. В связи с этим у меня к Вам небольшая просьба. Если к этому времени выйдет из печати книга И. Головина, то вышлите, пожалуйста, мне тоже один экземпляр. Если ожидать ее появления в Дагестанской книжной лавке, то придется ожидать несколько лет.

Кроме того, хотел бы узнать, можно ли через почту “Книга-почтой” заказать труды Игоря Васильевича.

На этом кончаю, дорогой Борис Васильевич, свое длинное письмо и в конце – желаю Вам крепкого дагестанского здоровья и счастья в личной жизни.

Передайте, пожалуйста, горячий дагестанский “салям” супруге Игоря Васильевича.

Приезжайте, Борис Васильевич, в Дагестан, в Махачкалу. Наверное, когда-то и Игорь Васильевич проезжал мимо Махачкалы? У нас летом очень хорошо, море, горы, фрукты... Примем мы Вас, как самого дорогого гостя.

К.Ахмедов

Средняя школа № 61 – Б.В.Курчатову

г. Фрунзе
[апрель] 1966 г.

г. Москва

Дорогой Борис Васильевич!

Извините, что так долго не давали ответа на Ваше письмо. Дело в том, что нам хотелось послать Вам материалы по проведению традиционного праздника школы – Дня рождения Игоря Васильевича Курчатова.

К проведению этого дня школа начала готовиться с первых дней декабря 1966 года.

День 12 января у нас был праздничным (конечно все учились), к этому дню во всех классах были проведены беседы о жизни и научной деятельности Игоря Васильевича, выпущены специальные номера стенных газет. Все учащиеся школы посетили музей Игоря Васильевича, демонстрировался кинофильм “Человек и атом”, школьный радиозел передавал музыкальные произведения, которые любил слушать Игорь Васильевич, передал выступление Игоря Васильевича с трибуны XXI съезда КПСС. Дети, учителя и все работники школы были празднично одеты. Школа выглядела, как никогда, торжественно!

В пионерских отрядах проведены сборы, посвященные нашему празднику.

12 января был проведен вечер, посвященный дню рождения Игоря Васильевича для учащихся старших классов, на котором присутствовали все учителя школы, ученые Академии Наук Киргизской ССР, преподаватели

высших учебных заведений города, представители органов народного образования, корреспонденты республиканских газет и радио.

На вечере профессор Рязин П.А. и кандидат физико-математических наук Прудников В.Н. выступили с воспоминаниями о работе под руководством Игоря Васильевича.

Вечер прошел организованно. Участники вечера вынесли Вам горячую благодарность за активную работу по созданию музея и за активное участие в работе музея.

Борис Васильевич, Вы избраны почетным членом Совета музея. Убедительно просим выслать для музея несколько Ваших фотокарточек и сообщить о себе: как и где Вы учились, над какими проблемами работаете и все, все что можете сообщить о себе, если можно, вышлите свои работы.

Одновременно просим сообщить адрес музея Игоря Васильевича в Москве, с которым мы хотим держать тесную связь.

Борис Васильевич, совет музея, учащиеся и учителя школы поздравляют Вас с наступающим праздником весны и мира — Первым мая.

Передайте сердечный привет и поздравление с 1 Мая от всех нас Марине Дмитриевне.

Желаем Вам крепкого здоровья, успехов в работе, личной жизни и долгих, долгих лет здравствования.

По поручению совета музея
Зав. музеем Хамитова М.А.

Средняя школа № 61 – ИАЭ им.И.В.Курчатова

*г.Фрунзе
2 марта 1967 г.*

г.Москва

Дорогие товарищи!

Обращаются к вам учащиеся Фрунзенской средней школы № 61 имени выдающегося советского ученого академика И.В.Курчатова. В нашей школе есть музей И.В.Курчатова, где собраны материалы об этом замечательном Ученом, Человеке, Гражданине.

В сборе материалов для музея неоценимую помощь оказал нам Борис Васильевич Курчатов. Поэтому мы решили избрать его почетным членом нашего музея. А Борис Васильевич о себе скромно умалчивает, у нас нет даже его фотографии.

Мы знаем, что он работает у вас в институте Атомной энергии. Поэтому просим выслать нам материалы о жизни и деятельности многоуважаемого Бориса Васильевича Курчатова.

Есть еще просьба: вышлите, пожалуйста, воспоминания людей, близко знавших Игоря Васильевича.

И последняя просьба: сообщите, пожалуйста, куда нужно адресовать письмо, чтобы оно попало в судно-институт “Академик Курчатов”*.

С горячим пионерским приветом

Совет музея

Б.В.Курчатов – Школа № 61

г.Москва

г.Алма-Ата

Дорогие ребята!

Получил от вас большую посылку с 2-мя альбомами и извещением о избрании меня почетным членом музея И.В.Курчатова.

Большое спасибо за подарок и внимание.

Когда будет организован музей И.В.Курчатова (а его еще нет), я передам ваши подарки в музей. Это интересные экспонаты, особенно отчет о вечере. Только у меня появились опасения, не слишком ли много труда пришлось затратить на оформление альбомов и не отразится ли это на ваших занятиях?

Высылаю вам одну фотографию, сделанную Д.С.Переверзевым, на которой я снят вместе с Игорем Васильевичем под Новый год (1957г.), а также книгу об Игоре Васильевиче, написанную сотрудником Игоря Васильевича И.Н.Головиным.

Поздравляю с наступающим праздником 1 Мая, желаю успешного окончания учебного года и хорошего летнего отдыха.

Б.Курчатов

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Д.11/1. Черновик на 1 л.

* По-видимому речь идет о научно-исследовательском судне “Академик Курчатов”. – Р.К.

П.Н.Поспелов – Б.В.Курчатову

Президиум АН СССР

г.Москва

21 декабря 1967 г.

г.Москва

Глубокоуважаемый Борис Васильевич!

Академия наук СССР выражает Вам глубокую благодарность за предоставление на юбилейную выставку “Академия наук СССР за 50 лет Советской власти” материалов Вашего брата академика Игоря Васильевича КУРЧАТОВА и передачу в Архив Академии наук СССР уникальных фотографий.

Член Президиума АН СССР

академик

П.Н.ПОСПЕЛОВ

Б.В.Курчатов – Редактору газеты

г.Москва

“Ульяновская Правда”

г.Ульяновск

[март] 1967 г.

Уважаемый тов. редактор!

Большое спасибо за внимание и экземпляр газеты “Ульяновская Правда” от 19-03-67 г. с материалами об И.В.Курчатове.

Обращаюсь к Вам с просьбой сообщить мне, как связаться с Ульяновским Госархивом. Мне хотелось получить для будущего музея фото-копию с таблицы Игоря Курчатова, о котором упоминается в статье “И.В.Курчатов и Симбирск-Ульяновск”.

Заранее признателен

Б.Курчатов

Дом-музей И.В.Курчатова. Ф.2. Рукописное собрание.

Коллекция Б.В.Курчатова. Д.11/1. Черновик.

Лидия Никитична – Б.В. Курчатову

г. Симферополь
23 апреля 1968г.

г. Москва

Уважаемый Борис Васильевич!

В ноябре-декабре 1967 года ребята 8 класса “б” начали с Вами переписку. Вы прислали очень много ценных фотографий. Вам ребята писали, что они явились инициаторами создания музея “История нашей школы”. Я классный руководитель 8 класса “б” и вместе с ребятами работаю по созданию музея в нашей школе. Ваши письма помогли нам во многом. Мы нашли Вашего соученика Клименко. Он тоже заинтересовался этой работой и нам очень помогает. Начинаем мы историю нашей школы с открытия Симферопольской гимназии и кончаем нашими днями.

Борис Васильевич, история нашей школы действительно богата: в гимназии работал в 1855 г. великий ученый Менделеев, уроки в гимназии посетил хирург Пирогов, съезд учителей в нашей школе проводил великий педагог Ушинский, учился в гимназии Айвазовский, организовал ботанический кабинет в школе основатель Никитского ботанического сада Стевен, окончил гимназию великий ботаник Вульф (о нем упоминается в большой энциклопедии), окончил гимназию великий композитор Спиндиаров, окончил с золотой медалью Ваш брат Игорь Васильевич. Сейчас у нас уже очень много интересного материала с времен гимназии. Мы нашли адреса многих гимназистов и они дали нам много фотографий, написали свои впечатления, воспоминания о гимназии.

Получили мы письма и от соучеников Игоря Васильевича (от профессора Даля, профессора Альбова).

Борис Васильевич, Вы также окончили Симферопольскую гимназию и являетесь большим ученым. Очень просим прислать Вашу фотографию и маленькое воспоминание о гимназии и о Вашем жизненном пути.

В ноябре или в декабре этого года мы хотим организовать встречу всех гимназистов, проживающих в Симферополе и других городах.

Мы переписку с Вами будем продолжать и если будет возможность, будем рады видеть в нашей школе.

С большим уважением к Вам
Классный руководитель 8“б”
Лидия Никитична

Дом-музей И.В. Курчатова. Ф.2. Рукописное собрание.
Коллекция Б.В. Курчатова. Д.11/1. Подлинник.

В.Невский – Б.В.Курчатову

*пос. Заречный,
Сведловской обл.
3 апреля 1969 г.*

г. Москва

Уважаемый Борис Васильевич!

25 апреля 1969 г. исполняется 5 лет Белоярской атомной электростанции, носящей имя выдающегося ученого нашего времени – И.В.Курчатова.

Отмечая поистине неопенимые заслуги И.В.Курчатова в деле развития ядерной науки и техники и желая увековечить память об И.В.Курчатове, мы открываем в этот день 6-метровый наружный барельеф И.В.Курчатова на фасаде реакторного здания станции.

Коллектив Белоярской АЭС приглашает Вас – ближайшего родственника, друга и соратника И.В.Курчатова приехать на станцию для ознакомления и участия в открытии барельефа.

С уважением

Директор В.Невский

Дом-музей И.В.Курчатова. Рукописное собрание. Ф.2. Коллекция Б.В.Курчатова. Подлинник, Автограф.

Б.В.Курчатов и М.Д.Курчатова – Коллективу Белоярской АЭС им.И.В.Курчатова

г. Москва

[после 3 апреля 1969г.]

Сердечно поздравляем коллектив строителей и работников Белоярской атомной электростанции с пуском первого блока и выдачей промышленного тока.

Осуществилась заветная мечта Игоря Васильевича – поставить атомную энергию на службу мирному труду советских людей.

Ваша работа особенно радостна для нас, так как ваша станция носит имя самого дорогого для нас человека – академика Курчатова.

Желаем самых больших успехов в освоении проектной мощности и пуске новых агрегатов Белоярской атомной.

Борис Васильевич Курчатov
Марина Дмитриевна Курчатова

Дом-музей И. В. Курчатова. Рукописное собрание. Ф. 2.
Коллекция Б. В. Курчатова. Д. 11/1. Черновик на 1-м л.

М. Н. Парфенов* – Б. В. Курчатovu

г. Уфа-25, ул. Октябрьской
революции, 23, кв. 19.
24 октября 1969 г.

г. Москва

Дорогой Борис Васильевич!

Получил Ваши 20 рублей и смутился. Вы прислали немного лишнего. Ну, что ж!

Книгу в тот же день высылаю.**

Смотрите в ней: 1). На последней странице формулы Василия Алексеевича. 2). На 572-ой – его личный штамп. 3). На 187-ой – его личная подпись, дата и адрес.

На 1-ой и предпоследней| странице появились штампы организации и букиниста, где мы узнаем, что книга в 1956 г. была продана за 7 рублей. Эти штампы (как новейшее наслоение) надо химически убрать. Также надо заказать новый переплет, получше, с сохранением старой обложки. И тогда сдать в музей или хранить пока у себя.

Если что в дальнейшем встретится, связанное с именем Курчатова, то сообщу Вам опять.

С уважением Михаил Николаевич Парфенов

* Михаил Николаевич Парфенов, краевед из Сима, вел переписку с Б. В. Курчатovым. Найденные документы по истории семьи Курчатovых, в т. ч.: послужной список отца – В. А. Курчатова, книгу “Симская горнозаводская дача господ Балашевых” – 1905 г. и др. Б. В. Курчатov выкупил у него. – Р. К.

** Речь идет о книге “Логарифмическо-тригонометрическое руководство барона Георга Вега” издательства Вейдмана в Берлине и товарищества Вольфа (С.-Петербург, 1912 г.). – Р. К.

И.В.Шадрина – Б.В.Курчатову

г. Фрунзе
29 декабря 1971 г.

г. Москва

Здравствуйте, уважаемый Борис Васильевич!

От имени большого коллектива средней школы 61 имени И.В.Курчатова города Фрунзе поздравляю Вас с Новым годом!

Все мы желаем Вам крепкого здоровья, бодрости, успехов, счастья – всего самого, самого лучшего!

Борис Васильевич, пишет Вам тот абстрактный директор школы, которому Вы так много и сердечно помогали в течение ряда лет.

За эти годы наш музей и, собранные в нем материалы, стали очень дорогим, важным в жизни коллектива делом, помогающим воспитать преклонение перед теми, кто отдает жизнь науке, Родине. В активе музея у нас появилось много энтузиастов из числа учителей и ребят.

Очень приятно, что Вам понравились значки, их изготовили нам в подарок на одном из заводов города Фрунзе. На традиционном школьном празднике 12 января* мы вручим значки группе лучших учеников школы, присвоив им почетное звание КУРЧАТОВЦЕВ.

Благодарю Вас за теплое письмо, присланные книги и фотографию памятника Игорю Васильевичу.

Книга Асташенкова была у нас в магазинах, мы успели приобрести достаточное количество экземпляров для классов и библиотеки.

Сейчас мы готовимся к конференции, а с февраля месяца думаем начать постепенное переоформление музея – дополнить его новыми материалами, углубить содержание стендов, сделать более современным стиль оформления.

С Новым годом!

Пусть он будет для Вас радостным, освещенным человеческим вниманием и любовью!

С глубоким уважением

Шадрина Ирина Викторовна

* День рождения Игоря Васильевича Курчатова – Р.К.

Б. В. Курчатова, М. Д. Курчатова

Об Игоре Васильевиче КУРЧАТОВЕ*

(Краткие биографические сведения)

Школьные годы

Среднее образование получил в Симферопольской мужской гимназии, где учился с 1912 по 1920 г.г. Учился отлично, обладал прекрасной памятью, хорошим развитием, большими математическими способностями. Поэтому домашние уроки у него отнимали мало времени, и он имел много досуга, который заполнял, как большинство сверстников, играми, чтением и различной самодеятельностью, увлекаясь то — тем, то — другим.

В первом классе зачитывался детективной литературой. Однако тоненьких книжек с описаниями походов знаменитых сыщиков ему явно не хватало для удовлетворения читательского аппетита. И детективы скоро уступили место многочисленным героям Майн-Рида и Жюль-Верна. Романы этих писателей в то время издавались полными собраниями сочинений в виде приложений к журналу “Вокруг света”. Игорь Курчатова прочитал их все от корки до корки. Читал всегда много и быстро.

Школьных и внешкольных увлечений было много — французская борьба, футбол (то и другое в виде самодеятельности), выпиливание по дереву.

Довольно продолжительной (2-3 года) была полоса увлечения музыкой — играл в струнном школьном оркестре на балалайке и мандолине. Исполнял больше народные песни (“Коробейники”, “Вот мчится тройка почтовая...”) и итальянские мелодии.

Спортом специально не занимался. Его в то время в царской России по существу и не было. Спорт заменяли игры с братом на воздухе. Кроме футбола много играл со сверстниками в крокет, в лапту и различные игры с малым резиновым мячом. Последние требовали большой физической выносливости, а подчас и спартанской стойкости к боли.

В старших классах игры уступили место трудовой деятельности. Материальные условия в семье ухудшались с каждым годом войны в связи с ростом дороговизны и экономической разрухой в стране. Игорю необходимо было

* Материал был подготовлен для школьного физического кружка до 1969 г. Авторизованная машинопись. — Р.К.

помогать отцу. Изредка удавалось давать уроки, но большей частью подрабатывал физическим трудом, работал на огороде, пилил дрова на консервной фабрике, “творил” по вечерам в кустарной деревообделочной мастерской. В летние каникулы ездил с отцом на землеустроительные работы в качестве рабочего. Одно лето работал чернорабочим на Бешуйской железной дороге.

В последних классах гимназии много читал. Сказалось влияние его любимого преподавателя словесности Л.В.Жирицкого, привившего своим ученикам интерес к отечественной и мировой литературе. Л.В.Жирицкий имел большую личную библиотеку и постоянно приходил в школу с кипой своих книг, из которых немало приходилось на долю Игоря, который давал читать их мне (Б.В. — Р.К.).

В это время у него начал складываться интерес к технике. Он мечтал в школе о будущей профессии инженера-кораблестроителя, собирал литературу по технике, изучил самостоятельно аналитическую геометрию в объеме университетского курса.

В целях подготовки к будущей инженерной деятельности занимался один год по вечерам в ремесленной школе Кузьмина в г.Симферополе. Выучился в этой школе на слесаря, выполнив все требуемые квалификационные работы (около 12 проб растущей сложности).

Гимназию закончил с золотой медалью в 1920 году.

Университет

Поступил в Крымский университет в 1920 году на математическое отделение физико-математического факультета. Учился урывками, одновременно зарабатывая на жизнь. Работал нарядчиком в гараже, воспитателем в детдоме, препаратором в физической лаборатории университета. Университет окончил за три года, обратив на себя внимание профессоров своими математическими способностями.

С 1925 г. И.В.Курчатov начал работать в Ленинградском физико-техническом институте.

Будучи еще молодым ученым, И.В. достиг замечательных результатов в исследовании диэлектриков, которые в то время были еще мало изучены. Уже тогда им были созданы основы теории и положено начало всестороннего экспериментального изучения нового класса материалов — сегнетоэлектриков, приобретших большое практическое значение.

В тридцатые годы И.В. занимался исследованиями по физике атомного ядра. В 1935 году он открыл весьма важное явление ядерной изомерии.

В 1940 году по инициативе и под руководством И. В. были выполнены исследования, которые привели к замечательному открытию самопроизвольного деления ядер урана.

Во время Великой Отечественной войны И. В. Курчатова отдавал все свои силы и знания укреплению оборонной мощи нашей Родины.

За выдающиеся научные заслуги Академия наук СССР избрала И. В. Курчатова в 1943 году действительным членом академии.

В дальнейшем вся его деятельность была связана с проблемами использования атомной энергии, и до конца жизни он беспрерывно руководил этими работами в Советском Союзе. Под его научным руководством и при его непосредственном участии была создана в нашей стране атомная техника и подняты на новую высокую ступень исследования атомного ядра, развиты работы по управляемым термоядерным реакциям, разработаны пути использования атомной энергии в различных областях народного хозяйства. И. В. Курчатовым были воспитаны многочисленные кадры ученых и инженеров в этой новой области. Академик Курчатова был не только виднейшим ученым, но и виднейшим государственным деятелем, страстным борцом за мир. Он неоднократно избирался депутатом Верховного Совета СССР. Его выступления на XX, XXI съездах КПСС, сессиях Верховного Совета СССР за запрещение ядерного оружия, за использование атомной энергии в мирных целях, за мир во всем мире воспринимались советским народом с большим удовлетворением.

Выступая на сессии Верховного Совета СССР 15 января 1960 года Игорь Васильевич говорил: “Я счастлив, что родился в России и посвятил свою жизнь атомной науке великой Страны Советов. Я глубоко верю и твердо знаю, что наш народ, наше правительство только благу человечества отдадут достижения этой науки”.

Блестящие способности ученого, огромная энергия, талант выдающегося организатора и исключительная работоспособность счастливо сочетались с редкими душевными качествами И. В. Курчатова. Он пользовался искренним уважением и горячей любовью всех, кому посчастливилось работать вместе с ним и под его руководством.

Игорь Васильевич был отзывчивым и чутким человеком, заботливо и очень внимательно относился к своим товарищам по работе. Его открытый и жизнерадостный характер, постоянный живой интерес к работе вдохновляли на творческий труд во имя советской науки и нашей Родины всех окружающих его людей.

На досуге

Игорь Васильевич очень любил музыку, которую он знал и понимал. Как только позволяло время он посещал концерты. Любил Чайковского, — все его симфонии; произведения Бородина, Рахманинова-(Колокола). Музыку Рахманинова любил слушать в исполнении пианиста Святослава Рихтера, на концертах которого бывал много раз. Всегда с удовольствием слушал Бетховена, Моцарта. Любил русские оперы: “Князь Игорь”, “Борис Годунов”, ходил слушать их по нескольку раз.

Очень любил русскую литературу и до последних дней читал Л.Толстого, Гоголя, Чехова, Горького. “Коляску” Гоголя читал за несколько дней до смерти. Из последних произведений ему понравилось “Живые и мертвые” К.Симонова. Любил “12 стульев” Ильфа и Петрова. Томик избранных произведений Пушкина всегда был под рукой. Перечитывал Кольцова, Некрасова, Блока. Обладая хорошей памятью, много стихотворений знал наизусть. Из советских поэтов любил Твардовского. “Василия Теркина” не раз перечитывал и слушал по радио, если позволяло время.

Из области изобразительного искусства Игорю Васильевичу нравились морские пейзажи, так как сам очень любил море. Когда бывал в Феодосии заходил в музей Айвазовского. Собирался приобрести морской пейзаж Кукрыниксов. Посещал почти все выставки советских и иностранных художников, выставившихся в Москве. Одной из последних выставок была выставка картин Рериха. Она очень понравилась и И.В. приобрел монографию.

Со спортом он дружил всю жизнь.

В период научной деятельности в Ленинграде увлекался теннисом и добился неплохих результатов. Прекрасно плавал, на воде мог держаться часами. Заплывал даже в большие штормы, когда страшно было смотреть на море, и скрывался в волнах.

Дом-музей И.В. Курчатова. Ф. 2. Рукописное собрание. Д. 11/1.
Записи в блокноте. Черновик. Автограф.

ЗАМЕТКИ О БРАТЕ...

Попробую добавить еще свои отдельные впечатления к тому образу И[горя] В[асильевича], который нарисован в имеющейся о нем литературе. (Борец, ученый, патриот своей Родины.)

Я думаю (считаю, мне представляется), что редкой и отличительной чертой Игоря было удивительное личное обаяние, под влияние которого попадал любой человек, с которым он работал, начиная от лаборантов, рабочих или тех[нического] персонала до ученых [независимо] от возраста или общественного положения, от руководящих работников вплоть до министров (находил общий язык). Это, возможно, идет от опыта работы и [от воспитания]. (И быстрота сближения с сотрудниками.)

Я думаю, что в основе его обаяния лежали [доброжелательность] и любовь [прежде всего] к людям и их делу. Он ожидал услышать от собеседника ценные мысли, интересные идеи, ценные предложения, замечания и просто дельные замечания, радовался каждой светлой мысли. Все полезное от визита подхватывалось Игорем Васильевичем и немедля обсуждалось им с участием специалистов и всеми приглашенными заинтересованными работниками...

Мало кому из советских ученых выпала такая яркая жизнь, в которой было [все и много]: вдохновенный труд ученого, открытия, борьба с трудностями роста, [в лабиринте тяжелых сомнений и переживаний] [...] и в период решения поручения Правительства [по испытанию первой советской атомной техники] [...] и планов советских ученых, [новые пути атомной энергетики — управляемый термоядерный синтез].

(Включить откровенную оценку.) (Далее несколько слов неясно. — Р.К.). И на промышл[енных] предприятиях, и в лабораториях, и на полигонах, на кораблях, в морском флоте — всюду он. Взгляд его [серых] глаз был живой, нес заряд, отражавший обычно его бодрое и жизнерадостное настроение. Таким его видел и любил коллектив. [Иногда дома он был и другим.] Сядет у камина, закурит и крепко задумается (на лице озабоченность), [не вполне], не все-то гладко сейчас в его обширном хозяйстве.

Игорь Васильевич никогда не проявлял чувства ревности к чужим идеям. Он радовался чужим мыслям, [подхватывал их, надлежащая же роль отдавалась авторам].

Глава 2
Воспоминания
о Б.В. Курчатове

ПЕРВЫЙ НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ РХЛ

В 1924 г. я был переведен в Казанский университет (как и Б. В. Курчатов и Т. Ф. Исаева) из закрытого (в 1924 г.) в Воронежском университете физико-математического факультета. В тот год в Казанский университет было переведено много студентов. Только химиков на втором курсе оказалось около 240 вместо обычного числа в 25–30 человек. Я и Б. В. попали в разные учебные группы. Лабораторные занятия выполняли в разное время. Встречались только на лекциях, посещение которых в то время было не обязательно. Я, как многие “крымцы” и “воронежцы”, поселился в неблагоустроенном общежитии (без отопления и без воды), Б. В. с мамой – на частной квартире. Также редко мы встречались и на старших курсах, так как Б. В. в качестве узкой специальности выбрал физическую химию, а я – аналитическую.

В Казанском университете Б. В. был одним из наиболее талантливых



¹ Николай Павлович Руденко – радиохимик, д.х.н., профессор, товарищ Б. В. Курчатова по учебе в университете и сотрудник по радиохимической лаборатории в НИИЯФ МГУ, с 1950 г. (после Б. В. К.) – заведующий этой лабораторией.

и преданных науке студентов. Заведующий кафедрой физической химии профессор Алексей Федорович Герасимов очень хотел видеть его после окончания университета на своей кафедре и рекомендовал Б.В. в аспирантуру. Но Б.В. с мамой переехали в Ленинград, где уже несколько лет жил и работал его старший брат Игорь Васильевич. Туда же перебрался работать и его однокурсник и товарищ по кафедре физической химии Иван Семенович Морозов. С ним Б.В. в Ленинграде часто встречался.

Я встретился с Б.В. уже в Москве в 1944 г. По его рекомендации я был отозван Д.В. Скобельцыным² с прежнего места работы в организовавшийся научно-исследовательский Институт ядерной физики (НИИЯФ), (тогда НИФИ-2). До войны я занимался проблемами аналитической химии минеральных объектов (в том числе и определением их радиоактивности) и был далек от вопросов, которые ставила ядерная физика перед химиками в 1946 г., и которые должна была решать и радиохимическая лаборатория в НИИЯФ.

Постановлением СНК об организации при МГУ научно-исследовательского института по ядерной физике – НИФИ-2, в его структуре была предусмотрена радиохимическая лаборатория (РХЛ), значившаяся как “Лаборатория № 3”. Перед РХЛ, кроме участия в учебном процессе, поставили задачи, в некоторой степени сходные с теми, которые решались радиохимическим сектором (РХС) института (Лаборатории № 2), руководимого Игорем Васильевичем Курчатовым, в т.ч.: проведение научных работ вместе с физическими лабораториями института и выполнение собственной научной тематики радиохимического характера. Большое сходство в характере двух последних областей деятельности двух радиохимических лабораторий побудило Д.В. Скобельцына – в то время директора нашего института просить Бориса Васильевича Курчатова принять на себя, хотя бы временно, научное руководство радиохимической лабораторией НИФИ-2.

Игорь Васильевич Курчатov, доброжелательно относившийся к нашему институту и помогавший его становлению, дал разрешение, а Борис Васильевич согласился на работу в НИФИ-2 по совместительству. Благодаря доброму отношению братьев Курчатовых к молодому НИФИ-2, мне и старшему лаборанту РХЛ, Н.И. Мертц до окончания работ по строительству и оборудованию РХЛ выделили рабочие места в Лаборатории № 2 и предоставили возможность облучать нужные материалы на циклотроне и в ядерном реакторе.

² Дмитрий Владимирович Скобельцын – физик и общественный деятель, академик АН СССР, директор ФИАН в 1951–1972 гг., создал школу физиков (ядерная физика и физика космических лучей). – Р.К.

В то время под научным руководством Бориса Васильевича были выполнены исследования по сорбции и разделению некоторых продуктов деления урана, по изучению ядерных процессов, происходящих при бомбардировке кадмия дейтронами различных энергий (определены выходы радиоактивных изотопов серебра, кадмия и индия, вычислены значения порогов и сечений соответствующих реакций и другие характеристики процессов), и начаты другие исследования.

В эти годы совместной работы я узнал Б.В. значительно лучше, чем в студенческие. Меня поражала его высокая, разносторонняя эрудиция и, несмотря на слабое здоровье его работоспособность. Он часто прихварывал, но и в этом режиме продолжал работать. Рядом с его кроватью стоял столик со стопкой научных книг и журналов на нем. Он вызывал (лучше сказать, приглашал) своих сотрудников, в том числе и меня для обсуждения хода экспериментов или опубликованных научных новинок, давал советы по работе. Бурно развивавшаяся в те годы ядерная физика ставила перед химиками (ведь мы работали в физических институтах) подчас очень трудные задачи. Б.В., сознавая их важность, безоговорочно брался за них и успешно решал. В процессе работы у него рождалось много интересных мыслей, которыми Б.В. щедро делился с товарищами, подсказывая пути решения задач, не претендуя на соавторство и на зарплату, хотя уделял много времени Лаборатории радиохимии НИФИ-2, особенно в годы ее организации. Мне приходилось прибегать иногда к хитрости: расписываться за него в зарплатной ведомости “получил по доверенности Н.Руденко” и затем отвозить ему деньги домой. Все мы, кто работал во время руководства Б.В. в РХЛ НИФИ-2, и, прежде всего, я, счастливы считать себя его учениками.

Директор НИФИ-2 Д.В.Скобельцын и ученый совет института высоко оценивали научную деятельность РХЛ. Такую же высокую оценку работам, выполненным в ней давал и научно-технический совет при Президенте АН СССР. Академик Д.В.Скобельцын считал необходимым знание основ радиохимии для специалистов в области ядерной физики. Студентам Отделения ядерной физики читался курс радиохимии и в практикуме ими выполнялись две работы по радиохимии. Все это произошло благодаря деятельности у нас и Бориса Васильевича Курчатова, одного из крупнейших радиохимиков нашей страны. К сожалению, он недолго оставался сотрудником НИФИ-2. Ухудшение здоровья вынудило его оставить лабораторию, но еще долго после ухода он безотказно консультировал нас по всем проводившимся в РХЛ работам.

**Б.В.Курчатов. Ленинград. Лесное.
Начало 1930-х гг.**



**В лаборатории академика А.Ф.Иоффе
в ЛФТИ. 1-я половина 1930-х гг.**



Научные работники Ленинградского ФТИ АН СССР Ю.А.Дунаев (справа) и Б.В.Курчатов выдвинуты кандидатами на соискание Сталинской премии. Ими разработан новый тип твердого выпрямителя, работающего на очень больших плотностях тока. Ленинград. ЛФТИ. 2-я половина 1930-х гг.

Дома у И.В.Курчатова на ул. Красных Зорь. Ленинград 1929 г.
Фото И.В.Курчатова.



О РОЛИ Б.В. КУРЧАТОВА В ОТКРЫТИИ ИЗОМЕРНОГО СОСТОЯНИЯ У РАДИОАКТИВНОГО БРОМА

Открытие и исследование изомерного состояния у искусственно полученных изотопов брома является одной из лучших работ братьев Курчатовых с сотрудниками, выполненных ими в ранние, довоенные годы. Это открытие дало начало целому новому направлению научных исследований в ядерной физике. Однако ни тогда, когда оно было сделано, ни теперь, когда его значение стало очевидным, не была подчеркнута особая роль Бориса Васильевича в успехе этой работы. Может быть, так получилось потому, что это замечательное достижение никогда не было описано со всеми поистине драматическими деталями сложнейшего радиохимического исследования. Авторы работы не считали это необходимым, а современники и более поздние популяризаторы могли их и не знать.

Судьбе было угодно, чтобы эти интереснейшие детали стали известны автору настоящей статьи, который попытается рассказать о них читателям достаточно подробно, популярно (без химических формул) и, по возможности, интересно. Но сначала несколько слов об упомянутой выше судьбе.

Конечно, несмотря на мой весьма солидный возраст, я не мог быть сознательным очевидцем описываемой работы и рассказать о ней, пользуясь своими личными воспоминаниями, так как в это время (начало 1935г.) ещё только учился в школе. Но зато позднее, в 1960-е годы, обстоятельства сложились так, что мне много лет подряд довелось проводить свой летний отпуск вместе с Б.В. Курчатовым, так что я имел возможность подолгу беседовать с ним, в том числе по ядерной физике и, в частности, о его участии в работе по исследованию ядерной изомерии брома. Для автора данной статьи эти беседы были

¹ Константин Никифорович Мухин – физик-экспериментатор, доктор ф.м.н., профессор, заслуженный деятель науки Р.Ф., лауреат Государственной и др. премий, автор учебника и трудов по ядерной физике; в Лаборатории № 2 – Курчатовском институте с 1944 г. по наст./время: зав.лабораторией, главный научный сотрудник; брат Л.Н.Курчатовой. – Р.К.

очень важны потому, что в те годы он работал над книгой по ядерной физике, один из разделов которой был посвящен ядерной изомерии. Поэтому совершенно естественно было использовать столь счастливый случай и подробно “допросить” самый надёжный первоисточник, которому лучше всех остальных соавторов работы были известны подробности радиохимической части исследования. Итак, вот как всё это было.

Со времён опытов Э. Ферми² по изучению искусственной β^- -радиоактивности, возникающей в (n, γ) -реакциях (1934г.), было известно, что встречающийся в природе бром при облучении его нейтронами становится β^- -активным, причём его β^- -активность характеризуется двумя периодами полураспада $T_{1/2}^{(1)} = 18$ мин. и $T_{1/2}^{(2)} = 4,5$ ч.³ Поскольку бром встречается в природе в виде естественной смеси двух стабильных изотопов $^{79}\text{Br} + ^{81}\text{Br}$ (знаком плюс мы как раз и подчёркиваем, что экспериментаторы вынуждены были работать одновременно с обоими *неразделёнными* изотопами брома), этот результат казался вполне естественным. При захвате нейтрона одним из стабильных изотопов брома (^{79}Br), образуется радиоактивный изотоп ^{80}Br , а при захвате другим стабильным изотопом (^{81}Br) — ещё один радиоактивный изотоп брома ^{82}Br . Вот эти два радиоактивных изотопа брома $^{80}\text{Br} + ^{82}\text{Br}$ (тоже в виде смеси) и несут ответственность за два периода полураспада $T_{1/2}^{(1)}$ и $T_{1/2}^{(2)}$. Оба эти периода полураспада в измерениях радиоактивности проявляются одновременно в виде суммарного эффекта $T_{1/2}^{(1)} + T_{1/2}^{(2)}$, но их разделение (в отличие от разделения изотопов) трудностей не представляло. И во всех последующих исследованиях радиоактивностей брома, выполненных после опытов Ферми, неизменно обнаруживались упомянутые два периода полураспада: 18 мин. и 4,5 ч. Вот на таком фоне и появилась в 1935г. первая работа группы И.В. Курчатова из цикла исследований, посвященных изучению явления ядерной изомерии.

Эта работа была выполнена Б.В. Курчатовым, И.В. Курчатовым, Л.В. Мысовским и Л.И. Русиновым и носила довольно скромное название “Об одном случае искусственной радиоактивности, вызванной бомбардировкой

² Энрико Ферми — итальянский физик, один из родоначальников нейтронной физики, нейтронной оптики и нейтронной спектрометрии. С 1939 г. работал в США. Впервые в мире первый построил ядерный реактор и впервые в мире осуществил на нем 2 декабря 1942 г. цепную реакцию деления урана. — Р.К.

³ Периодом полураспада $T_{1/2}$ называется промежуток времени, по прошествии которого распадается половина радиоактивных ядер. Через $2T_{1/2}$ нераспавшихся ядер остается только четверть и т.д. — К.М.

нейтронами, без захвата нейтронов”. А рассказывалось в ней о том, что в результате облучения брома нейтронами авторам работы удалось обнаружить при измерении его γ -излучения⁶ не два, а три периода полураспада: два известных (18 мин. и 4,5 ч.) и один новый, гораздо более длинный – 36 ч. Но тогда у читателя сразу могут возникнуть два вопроса: 1) как удалось обнаружить третий совершенно неожиданный период полураспада, который никто не замечал раньше и 2) каково его происхождение, если у брома только два стабильных изотопа, из которых в ((n, γ)-реакции) может образоваться не больше двух радиоактивных?

Ответ на первый вопрос был получен методами ядерной физики и, ввиду общеизвестности этих методов среди специалистов, в статье об этом, разумеется, ни слова не сказано. Однако в нашем популярном очерке мы вкратце о них расскажем.

При оценке активности какого-либо препарата, обладающего несколькими, например, тремя периодами полураспада, одновременно измеряется их суммарный эффект. При этом в начальный период измерения, сравнимый по длительности с первым самым коротким периодом, максимальный вклад в измеряемый эффект при прочих равных условиях даст именно та составляющая радиоактивности, которая отвечает за данный период. Затем, когда эта составляющая в значительной степени распадется, основной вклад в эффект будет вносить составляющая со следующим по длительности периодом и, наконец, после распада (в основной) части можно будет заметить вклад от третьей составляющей.

Таким образом, чтобы обнаружить первый, самый короткий период полураспада, надо после сравнительно непродолжительного облучения очень быстро переносить облучённый образец на счётчик и проводить измерения, пока не распалась радиоактивная составляющая с самым коротким периодом. Тогда период полураспада можно будет обнаружить по быстроубывающему эффекту в начальный период измерений. Если же надо обнаружить третий, наиболее длинный период (значительно длиннее 4,5ч. в нашем примере), то нужно, во-первых, очень долго (можно сказать, “неразумно долго”, если не ждёшь появления длинного периода) облучать образец (чтобы соответствующая радиоактивность накопилась), а, во-вторых, очень долго (опять, казалось бы, неразумно долго) проводить измерения (чтобы после распада основных

⁶ β^- -радиоактивность, возникающая при облучении ядер нейтронами, обычно сопровождается γ -радиоактивностью с тем же периодом полураспада, которую удобнее наблюдать из-за ее большей проникающей способности. Авторы обсуждаемой работы регистрировали оба вида радиоактивности. – К.М.

частей двух более короткоживущих компонент стал, наконец, заметен эффект от третьей долгоживущей компоненты). Сейчас эта процедура представляется очевидной и достаточно простой. Но в то время заметить столь слабый (при “разумных” длительностях облучения и измерения), а, главное, неожиданный эффект было очень непросто. Основным исполнителем этой части исследования, по-видимому, являлся Игорь Васильевич, который в тридцатые годы много занимался изучением β -радиоактивности по методу Э. Ферми. В статье по данному поводу сказано только, что облучение длилось 60 часов, из чего можно предположить, что третий период полураспада был обнаружен именно так, как мы написали выше.

Ответ на второй вопрос — о происхождении третьего периода был получен методом радиохимии, и здесь пальма первенства принадлежит Борису Васильевичу. Напомним, что главная трудность заключалась в наличии у брома только двух стабильных изотопов, в связи с чем было непонятно, кто отвечает за появление третьего периода полураспада, если не они?

Простейший ответ на этот вопрос заключается в предположении образования радиоактивного изотопа селена ($^{79}_{34}\text{Se}$ или $^{81}_{34}\text{Se}$) в реакции захвата бромом нейтрона с одновременным вылетом протона (так называемая (n,p) -реакция). Однако Борис Васильевич показал, что при добавлении в радиоактивный раствор солей стабильного селена и последующего их осаждения радиоактивность в осадке не обнаруживается.

Второе предположение заключалось в возможности протекания при облучении брома нейтронами так называемой (n, α) -реакции, то есть захвата изотопами брома нейтрона, сопровождающегося вылетом α -частицы. Легко видеть, что в результате такой реакции могут образоваться радиоактивные изотопы мышьяка ($^{76}_{33}\text{As} + ^{78}_{33}\text{As}$). Но и эта возможность была опровергнута Борисом Васильевичем, который показал, что при добавлении в радиоактивный раствор солей стабильного мышьяка и последующего их осаждения радиоактивности в осадке также не обнаруживается. В обоих случаях она проявлялась только в растворах, содержащих соли брома и в осадках бромистого серебра. А дальше мы процитируем статью, потому что точнее её авторов не скажешь: “Для контроля радиоактивный осадок бромистого серебра был затем обработан тиохромовой смесью. Бром освобождался и его пары поглощались аммиачным раствором, откуда он заново был выделен в виде осадка бромистого серебра, который, как казалось, содержал весь начальный радиоактивный продукт. Таким образом, было доказано, что радиоактивный элемент является ничем иным, как новым неустойчивым изотопом брома”.

Итак, за третий период полураспада отвечает какой-то “новый неустойчивый изотоп брома” и авторы начинают обсуждать проблему его происхождения. В принципе можно было рассматривать три гипотезы:

- 1) Существование у брома третьего незамеченного раньше стабильного изотопа, из которого после захвата нейтрона образуется третий радиоактивный изотоп. Однако авторы статьи сразу же отбрасывают эту гипотезу поскольку из систематики стабильных ядер с нечётным числом протонов (к числу которых относится и ^{35}Br) следует, что они не могут иметь больше двух стабильных изотопов. Впоследствии это заключение было подтверждено методами масс-спектрологии, в которых было оценено возможное содержание в естественном бrome новых стабильных изотопов, кроме известных ^{79}Br и ^{81}Br . В результате оказалось, что доля любого нового изотопа в пределах массовых чисел 73-87 меньше $1/3000$, в связи с чем из них не могут образоваться новые радиоактивные изотопы при разумных значениях эффективного сечения (вероятности) реакции (n, α).
- 2) Вторую гипотезу авторы статьи обсуждают более подробно. Они предположили, что третий радиоактивный изотоп брома ^{78}Br мог образоваться из стабильного изотопа ^{79}Br в процессе так называемом ($n, 2n$)-реакции, то есть захвата одного нейтрона с одновременным вылетом двух (авторы статьи этот процесс считают происходящим без захвата нейтрона, который, однако, приводит к испусканию ядром ^{79}Br одного из своих нейтронов, то есть превращению его в ^{78}Br). Произведя необходимые расчёты, авторы справедливо указывают, что предполагаемый процесс может идти только от достаточно быстрых нейтронов, в связи с чем намечают программу контрольных экспериментов: изучение продуктов ($n, 2n$)-реакции при различных энергиях нейтронов.
- 3) И только третья гипотеза — образование изомерного состояния у одного из радиоактивных изотопов брома (^{80}Br или ^{82}Br) в данной статье авторами совсем не обсуждается, а лишь упоминается, причём в таком контексте, что с ней вроде бы не стоит и считаться (“...если не принимать специальной гипотезы о возможности существования двух изомерных ядер...” и дальше подробно о гипотезе №2). А ведь именно эта “изомерная” гипотеза впоследствии оказалась верной!

Естественно, что в разговоре с Б.В. я спросил его: как же так? Вы что совсем не верили тогда в эту гипотезу? — Ну, что Вы! Как можно такое подумать! Просто мы боялись высказать её более определённо, не проверив другие возможности объяснения существования третьего периода. Слишком заманчивой

была эта гипотеза! Ведь с 1921 г., когда О. Ган⁷ впервые наблюдал ядерную изомерию у естественно-радиоактивного ядра ${}_{91}^{234}\text{Pa}$, никто ничего подобного не видел. Кроме того, нас несколько смущало весьма специальная (неправдоподобная) гипотеза Г.А. Гамова⁸, выдвинутая им для объяснения изомерии (Гамов предположил, что в ядре существуют антипротоны!). Нельзя было ошибиться. Нужно было сделать контрольные опыты по гипотезе №2. Вот так и появилась эта фраза насчёт “специальной гипотезы”. Этой фразой мы отнюдь не отказывались от “изомерной” гипотезы, а, наоборот, “застолбили” её как одну из возможных. И уже в конце того же 1935 г. Игорь Васильевич в одной из своих лекций, а затем (в марте 1936 г.) в выступлении на сессии Академии наук СССР называет изомерию (но не по Гамову) как вполне реальное объяснение существование трёх периодов полураспада у двух радиоактивных изотопов брома ${}^{80}\text{Br}$ и ${}^{82}\text{Br}$. Вот его слова: “Говоря об изомерии ядра, не следует трактовать её в том узком смысле, который был указан Гамовым. Ядра-изомеры в нашем случае — это ядра с одним и тем же зарядом, одним и тем же массовым числом (неразличимые поэтому α -спектрографически), но разной структуры”.

Такое утверждение подкреплялось тем, что в это время контрольные опыты по гипотезе №2 были выполнены, причём оказалось, что все обнаруженные три периода (18 мин., 4,5 ч. и 36 ч.) наблюдаются при облучении стабильного брома медленными нейтронами, когда реакция ($n, 2n$) идти не может. В результате стало ясно, что за третий период полураспада отвечает не ${}^{78}\text{Br}$, а либо ${}^{80}\text{Br}$, либо ${}^{82}\text{Br}$, и гипотеза о существовании у одного из них изомерного состояния приобрела законное право на дальнейшее обсуждение и исследование.

Группа И.В. Курчатова, в частности, очень серьёзно занялась изучением механизма происхождения третьего периода. Были измерены интенсивности и энергии γ -квантов и электронов, испускаемых в процессе изомерного перехода, и показано, что эти электроны имеют конверсионное происхождение, а также, что вообще основным механизмом изомерного перехода является не γ -излучение, а испускание электронов внутренней конверсии.

Но, рассказывая обо всём этом, Борис Васильевич почему-то ничего не сказал о том, как была решена проблема выбора одного из двух изотопов. И мне пришлось спросить его: почему?

⁷ Отто Ган — немецкий радиохимик и физик, член Берлинской академии наук, лауреат Нобелевской премии. — Р.К.

⁸ Георгий Антонович Гамов — американский физик-теоретик (род. в России). В 1920-х — начале 1930-х гг. работал в ЛФТИ — СССР, с 1933 г. — в США. — Р.К.

– Потому, что из-за отсутствия в СССР действующего циклотрона мы эту задачу решить не могли. Правда, для наших работ по исследованию механизма изомерного перехода, знать, какой из изотопов (^{80}Br или ^{82}Br) отвечает за два периода было и не обязательно. Однако, поскольку Вы спросили, то я расскажу, как эту, в сущности, очень простую задачу решили в 1937 г. В. Боте⁹ и В. Гентнер¹⁰.

– Облучив протонами циклотрона ядра лития, они получили очень жёсткие (17 МэВ) γ -лучи, с помощью которых осуществили (γ, n)-реакцию (перекрёстную по отношению к (n, γ)-реакции) на стабильных изотопах брома $^{79}\text{Br} + ^{81}\text{Br}$. В результате стабильные изотопы брома преобразовались в радиоактивные $^{78}\text{Br} + ^{80}\text{Br}$ и опять с тремя периодами полураспада (6,4 мин, 18 мин. и 4,5 ч.).

– А поскольку ^{80}Br возникал как в (n, γ)-, так и в (γ, n)-реакциях и в обоих случаях среди периодов полураспада наблюдались два одинаковые (18 мин. и 4,5 ч.), то однозначно получается, что носителем изомерного состояния является изотоп брома ^{80}Br , которому и следует приписать периоды 18 мин. и 4,5 ч. Как видите, задача действительно оказалась очень простой и мы, конечно, знали как её надо решать, но не могли этого сделать, так как в 1937 г. советский циклотрон Радиевого института ещё только начали запускать.

Итак, двумя периодами полураспада (18 мин. и 4,5 ч.)¹¹ обладает радиоактивный изотоп брома ^{80}Br , из чего следует, что это ядро образуется из ^{79}Br при захвате нейтрона не только в основном состоянии, характеризующимся периодом полураспада 18 мин., но и в долгоживущем (метастабильном), возбуждённом, изомерном состоянии $^{80}\text{Br}^m$, которое отвечает за распад со вторым периодом полураспада 4,5 ч. Упрощённая схема распада ядра ^{80}Br заключается в следующем. Образующееся в реакции захвата нейтрона возбуждённое ядро $^{80}\text{Br}^*$ может распадаться двумя способами. При распаде первым способом ядро быстро (за 10^{-13} с) переходит в основное состояние с последующим β -распадом с периодом 18 мин. При распаде вторым способом ядро $^{80}\text{Br}^*$ быстро переходит в метастабильное (долгоживущее, изомерное) состояние $^{80}\text{Br}^m$, а затем медленно (за 4,5 ч.) в основное с последующим β -распадом с тем же (4,5 ч.) периодом полураспада.

⁹ Вальтер Боте – немецкий физик, один из пионеров ядерной физики, создал школу физиков, труды по атомной и ядерной физике, физике космических лучей, ускорительной технике, нейтронной физике. – Р.К.

¹⁰ Вольфганг Гентнер – немецкий физик-ядерщик, экспериментатор, член Гейдельбергской академии наук. – Р.К.

¹¹ Обратим внимание, что один из этих периодов (4,5 ч.) пришлось “отобрать” у ^{82}Br , которому он раньше был ошибочно приписан и которому, теперь надо приписать третий, вновь обнаруженный период 36 ч. – К.М.

Вскоре вслед за бромом ядерная изомерия была обнаружена у некоторых изотопов других элементов, и началось детальное исследование её закономерностей. При этом большое значение, в том числе для построения теории изомерии, имело полученное группой И.В. Курчатова экспериментальное доказательство того, что изомерный переход ядра происходит, главным образом, не за счёт γ -излучения, а за счёт испускания электронов внутренней конверсии.

Теория ядерной изомерии была создана К. Вейцзеккером¹² в 1936 г., т.е. через год после завершения работы группы И.В. Курчатова, причём основные выводы теории как бы опирались на результаты этой работы.

Согласно Вейцзеккеру, природа ядерной изомерии объясняется существованием у ядра-изомера метастабильного уровня с большим спином I по сравнению с основным состоянием (в случае с бромом $\Delta I=4$) и небольшой энергией возбуждения (в нашем примере $\Delta E=0,1$ МэВ). Из теории следует, что в подобных случаях γ -излучение оказывается сильно заторможенным и переход из изомерного состояния осуществляется в основном за счёт испускания электронов внутренней конверсии (как это и было экспериментально доказано группой И.В. Курчатова).

В настоящее время известны ядра – изомеры с периодами полураспада, находящимися в пределах от $2,8 \cdot 10^{-10}$ с. до 5000 лет, причём около сотни из них являются достаточно долгоживущими, т.е. фактически проявляют себя как новые стабильные ядра, свойства которых резко отличаются от свойств ядер с тем же Z и A , находящихся в основном состоянии. Среди радиоактивных ядер-изомеров имеются ядра не только с двумя, но и с тремя периодами полураспада. У β -стабильных ядер изомерия проявляется в виде процессов заторможенного γ -излучения и (или) испускания электронов внутренней конверсии, выбиваемых из K или L оболочек атома.

Систематическое изучение свойств ядер-изомеров привело к открытию так называемых островов изомерии, т.е. концентрации ядер-изомеров в нескольких определённых диапазонах изменения числа нейтронов и протонов, содержащихся в ядрах. Это открытие послужило очень сильным аргументом в пользу одной из самых плодотворных и популярных моделей атомного ядра – модели ядерных оболочек. Оболочечная модель правильно объяснила особую устойчивость ядер, содержащих так называемое магическое число нуклонов (2,8,20,50,126), а также предсказала повышение устойчивости нестабильных ядер в области $Z=114$. В самом конце XX-го столетия в ОИЯИ

¹² Карл Фридрих фон Вейцзеккер – немецкий физик-теоретик и астрофизик, член Геттингенской академии наук – Р.К.

(г.Дубна) действительно был обнаружен новый 114-й элемент, время жизни которого (≈ 30 с) в 10^6 раз превышает значение, вытекающее из известной закономерности убывания времени жизни элементов с ростом Z .

Добавим к сказанному выше, что некие аналоги ядерной изомерии обнаружены не только в процессах γ -излучения, но и в двух других радиоактивных процессах. Это так называемая изомерия формы в процессе спонтанного деления и изомерный протонный распад. (Описание этих процессов выходит за рамки настоящей статьи, но они существуют!). Поистине, открытие и последующее исследование изучения ядерной изомерии нельзя переоценить. А ведь всё началось с пионерских исследований свойств радиоактивных изотопов брома, в которых решающую роль сыграл Борис Васильевич!

Написано автором в августе-сентябре 2004 г.
Подлинник. Автограф.

НЕСКОЛЬКО ЭПИЗОДОВ ИЗ ВСТРЕЧ С Б. В. КУРЧАТОВЫМ – КЛАССИКОМ СОВРЕМЕННОЙ РАДИОХИМИИ

В 40-х годах на третьем этаже Главного здания располагались друг напротив друга помещения секторов 3 и 7, которыми десятилетиями руководили, как нам тогда казалось “маститый ученый”, Борис Васильевич Курчатов и ужасно молодой, совершенно не похожий на начальника кандидат физ.-мат. наук Г. Н. Флеров². Много позднее бывший “аквариум” со стеклянными стенами, не скрывавшими согбенных сотрудников сектора 7, превратился в малый конференц-зал В. А. Легасова³, на колонне у входа в бывшую лабораторию Б. В. (так именовали Бориса Васильевича среди “своих”) появилась мемориальная доска, а радиохимики и физики перебрались в другие здания, более приспособленные для проведения радиационно-опасных работ. Но в те времена, о которых мой рассказ, в обоих секторах днем и ночью возились с источниками значительной активности, и условия проведения экспериментов были далеки от современных. В надежде улучшить используемую технологию нанесения урана на пластины руководитель нашей группы Е. Д. Воробьев⁴ обратился за советом к Борису Васильевичу Курчатову. Тогда такие пластины мы готовили в секторе 7 для планируемой Памирской экспедиции, имевшей целью измерить высотный ход нейтронной компоненты космических лучей. Эта, как представляется с первого взгляда, академическая задача, далекая от проблемы ядерного оружия, волновала Игоря Васильевича Курчатова, поскольку резкое возрастание нейтронного потока за пределами атмосферы могло вызвать ложное срабатывание спецзаряда на ракете.

¹ Юрий Васильевич Сивинцев – физик-ядерщик, д.ф.м.н., в Лаборатории № 2 – Курчатовском институте с 1948 г. по настоящее время: ст. лаб., м.н.с., нач. отдела, сектора, лаборатории, гл. научный сотрудник. – Р.К.

² Георгий Николаевич Флеров, физик, с 1968 г. – академик. – Р.К.

³ Валерий Алексеевич Легасов, химик, в 70-е гг. заместитель директора института атомной энергии им. И. В. Курчатова, академик. – Р.К.

⁴ Евгений Дмитриевич Воробьев, физик, в то время с.н.с., во второй половине 50-х гг. советник по вопросам развития ядерной энергетики в КНР, д.ф.м.н. – Р.К.

Малые потоки нейтронов космических лучей требовали высокой чувствительности детекторов, а этого можно было достичь только за счет увеличения количества урана в камере делений. Тогдашняя технология состояла во многочасовом втирании (пальцами!) порошкообразной двуокиси урана в пористые пластины. Пришедший на совет Б.В. долго обсуждал возможности замены нашего метода более производительным, но в результате все согласилось, что единственный путь — повышение числа пластин в камере делений. Что же касается урана, то его придется втирать в пластины и далее... Вот так получилось, что, по иронии судьбы, первые годы наших контактов с Борисом Васильевичем, когда мы, выходя из дверей, часто встречались в коридоре почти лоб в лоб, наше знакомство было только “шапочным”.

Через несколько лет, после моего перебазирования из Главного здания в шлакоблочный домик, где располагался формировавшийся тогда отдел метеослужбы (таков был шифр отдела радиационной безопасности), контакты невольно стали реже, но, даже нечастые, сколько же пользы принесли они и мне — молодому и неопытному начальнику, и моему заместителю Л.А. Маркову, и многим другим сотрудникам ОМС, и особенно созданной в нашем отделе группы радиохимиков. Эта, если так можно выразиться, “продуктивность” наших контактов на новом витке была вызвана тем, что 50-е годы стали периодом формирования нового раздела прикладной ядерной физики — дистанционного наблюдения за атмосферными ядерными взрывами. Его создателями оказались не только физики И.К. Кикоин⁵ и Д.Л. Симоненко⁶, физико-химики И.В. Петрянов⁷ и Н.Н. Семенов⁸, геофизики М.А. Садовский⁹ и Е.К. Федоров¹⁰ (от которого, как говорят, и началась “Е.К.логия”), но и радиохимик Б.В. Курчатov вместе с выращенным им сектором № 3. Барражировавшие на больших высотах самолеты, gondолы которых были оснащены фильтрами Петрянова, собирали рассеянные в атмосфере продукты испытаний,

⁵ Исаак Кушелевич Кикоин — академик АН СССР, в те годы заместитель академика И.В. Курчатова в Лаборатории измерительных приборов и начальник Отдела приборов теплового контроля (ОПТК). — Р.К.

⁶ Данила Лукич Симоненко — физик, д.ф.м.н., начальник сектора в ОПТК. — Р.К.

⁷ Игорь Васильевич Петрянов-Соколов — физико-химик, академик АН СССР. — Р.К.

⁸ Николай Николаевич Семенов — химико-физик, академик АН СССР, лауреат Ленинской, Государственной и Нобелевской премий. — Р.К.

⁹ Михаил Александрович Садовский — физик, один из основоположников физики взрывов, академик АН СССР, лауреат Ленинской и Государственных премий. — Р.К.

¹⁰ Евгений Константинович Федоров — геофизик, академик АН СССР, государственный и общественный деятель. — Р.К.

научно-исследовательские суда (в том числе, прошумевшее тогда своими походами к атоллау Бикини НИС “Витязь”) привозили уникальные пробы осадков, полученных в непосредственной близости от границ американских испытательных полигонов (а то и внутри этих границ!), невольными “информаторами” оказывались даже собранные в тех же местах гидробионты с большими коэффициентами накопления радионуклидов. Все эти необычные для лабораторий пробы и образцы, содержащие невообразимую “кашу” продуктов деления урана, активационных продуктов и смесей актиноидов, к тому же зачастую весьма большой активности, “раскладывал по полочкам” коллектив, которым руководил Борис Васильевич Курчатov. При этом нельзя не подчеркнуть, что после каждого взрыва это была работа – без преувеличений! – и днем и ночью, поскольку надо было успеть выделить и измерить многие радионуклиды с малыми периодами полураспада. Такие проблемы решал сектор №3, располагавшийся в Главном здании.

А почти рядом с ним, в дожившим до наших дней шлакоблочном домике, что находится за мехмастерскими ОЯФ, с похожими проблемами столкнулся ОМС. Перед этим отделом Курчатov поставил задачу не только дозиметрического контроля за персоналом, но и объективной и достоверной оценки воздействия выбросов и сбросов с ядерных объектов Института (тогда еще ЛИПАНа) на окружающую среду. Для этого надо было отделять естественные и искусственные радионуклиды в пробах воды и донных отложений из Москвы-реки, в воздухе нашего интенсивно застраивавшегося жилого массива, на почве и в растительности прилегающего района. Научиться этому без радиохимиков было невозможно. Помощь Б.В. при этом была неоценима.

Вспоминаю два характерных эпизода: один из них связан с радиоактивностью Москвы-реки, другой – с “открытием” нового элемента при контроле за работами с большим количеством плутония. Сначала – о пробах песка, отобранных вблизи сброса охлаждающей воды из испытательного реактора МР, который незадолго до описываемого события был введен эксплуатацию на объекте 37. Узнали мы об этих пробах из письма сотрудников одного из уважаемых академических институтов (название которого умолчу, по понятным читателю причинам) не мало не много – в ЦК КПСС! Бдительные научные работники этого института, отобрав такие пробы, измерили их бета-активность и, сопоставив с допустимыми величинами, пришли к тревожному заключению: “Столице угрожает опасность, поскольку радиоактивность проб из Москвы-реки *выше* города по течению в сотни раз превышает предельно допустимую”. Вот тут-то мы и увидели силу радиохимиков Б.В.Курчатова. Хотя в секторе № 3, как правило, работали с концентрациями радионуклидов

в тысячи раз выше природных, а тем более кларковых, из проб все-таки был выделен носитель бета-излучения. Им оказался *естественный калий*! Так мы, из уст энциклопедиста Б.В. впервые услышали о естественной радиоактивности, о том, что любая проба калия содержит в ничтожной доле (всего 0,012%!) его природный радиоизотоп калий-40, и именно он обуславливает значительный вклад в мощность дозы над почвой! Б.В. не только рассказал о неведомой нам сфере знаний, но и порекомендовал хоть редкие, но все же доступные книги по геохимии, и принял на обучение наших сотрудников. Ведь в те годы не было никаких книг по этой теме на русском языке! В таких условиях создание группы радиохимиков в ОМС было первым кирпичиком формирования, как тогда говорили, “системы внешней дозиметрии” – постоянного контроля за концентрациями радионуклидов для выявления зоны влияния выбросов наших реакторов на окружающую среду. Нельзя не добавить, что по первоначальным оценкам эта зона простиралась до Кремля, что привлекало особое внимание Средмаша к нашей деятельности. В этой связи Б.В. приходилось не только обучать молодых людей, выпускников московских вузов, но и защищать их от чрезмерного пресса некоторых из “власть имущих”, обеспокоенных возможностью “переоблучения” выбросами ЛИПАНа.

Второй пример широты знаний Б.В, его энциклопедичности и бережного внимания к подрастающим МНСам – открытие “поликарпия”. Выше уже было упомянуто, что это событие связано с проведением в Институте одной из работ высочайшей радиационной опасности – электромагнитного разделения 30 граммов плутония, смертельная доза которого при вдыхании составляет один микрограмм. Надо ли говорить, что соответствующая установка в отделе электроаппаратуры (ОЭА) была обвешена всей мыслимой аппаратурой радиометрического контроля, а в целях минимизации потенциальных жертв переоблучения работу вели ночью. Пробы аэрозолей, которые отбирали в ОЭА, срочно доставляли в шлакоблочный домик ОМС, где радиометристы должны были на предельно ранней стадии обнаружить утечку плутония, если она (не дай бог!) произойдет. Хорошо помню эту ночь – внешний покой (хотя ждем результатов, затаив дыхание), тишина и вдруг топот сапог и появляющийся на пороге инженер-радиометрист В.И. Поликарпов¹¹, врывающийся со словами “Поликарпий открыл!”. Наша тревога быстро рассеялась – утечки плутония нет, а недоумение возросло – ни энергия альфа-частиц, ни период полураспада пробы не соответствовали ни одному из известных тогда

¹¹ Владимир Ильич Поликарпов, физик, позже – начальник лаборатории в Союзном научно-исследовательском институте приборостроения (СНИИП). – Р.К.

изотопов. Понятно волнение, с которым дожидается утра, и бежим к Б.В... Мудрый профессор не стал смеяться — он дружелюбно, спокойно помог нам “открыть” смесь естественных, природных продуктов распада радона и даже указал, что первая научная работа его брата, Игоря Васильевича была посвящена этой проблеме. При нас Б.В. смеяться не стал, но случай был столь замечательный, что, вероятно, он пересказал его заместителю Бороды¹², Игорю Николаевичу Головину¹³. Думаю так потому, что “Усы” (так называли между собой Игоря Николаевича молодые начальники) не раз “подначивал” нас этим “удвоенным открытием” в области радиохимии...

Вполне вероятно, что эти два близких по времени случая побудили Бориса Васильевича провести с нами нечто вроде миникурса лекций по проблеме достоверности определения радиоактивности. Организовано все это было не в форме длинных лекций у доски, а дружеских бесед в те часы, которые он иногда мог выделить для таких встреч, обычно — поздним вечером. Шаг за шагом он приучал нас к самокритичному восприятию результатов собственных измерений, крайне важному при измерениях проб низкой активности, необходимости знать погрешности (тогда говорили “ошибки”) и границы применимости используемых методов. Б.В. смог внушить нам любовь к определению, как теперь принято формулировать, оцененных данных, перекрестно полученных несколькими независимыми способами. Тогда это оказалось исключительно созвучно громким последствиям нескольких публикаций отечественных исследователей. В близкой нам сфере ядерной физики это были псевдооткрытия варитронов в составе космических лучей и сверхтонкой структуры (“расщепления”) линейчатого



Профессор Б.В.Курчатов. [1970 г.]

¹² “Борода” — прозвище Игоря Васильевича Курчатова. — Р.К.

¹³ Игорь Николаевич Головин — физик, доктор ф.м.н., профессор. — Р.К.

спектра гамма-излучения, а в биологии публикации книг Лепешинской и Бошьянца (ТАК?), к тому же удостоенных Сталинских премий первой степени в области науки. С той поры автор этих строк навсегда проникся уважением к статистической обработке данных и недоверием к открытиям очередных “поликарпиев”. Кстати говоря, В.И.Поликарпов со временем вырос в серьезного научного работника и долгие годы возглавлял одну из лабораторий в соседнем с нами Институте приборостроения (в том числе дозиметрического и радиометрического для первых атомных подводных лодок и атомных ледоколов).



Б.В.Курчатov вручает правительственные награды сотрудникам своего сектора.
Слева в первом ряду сидят А.П.Александров и И.В.Курчатov.
Москва. ИАЭ. [1950-е гг.]



На заседании Ученого совета ИАЭ. [1960-е гг.]



На совещании в институте. Выступает академик И.К.Кикоин.
Конец 1960-х – начало 1970-х гг.



На Курчатовском Ученом совете в ИАЭ имени И.В.Курчатова в 101-м здании.
В 1-м ряду слева Л.Н. и Б.В.Курчатовы. [Конец 1960-х гг.]

В заключение несколько слов о внешнем облике Бориса Васильевича, как он запечатлелся в моей душе. Общепринятое восприятие старшего и младшего братьев хорошо известно каждому – старший поопытнее, поспокойнее, менее подвижен, тогда как младший больше “шустрик, чем мялик”. Для нас, молодых безусых и неопытных МНСов, одна из удивительных черт братьев Курчатовых – полная противоположность традиционной точке зрения. Старший (И.В.) – более порывистый, энергичный, стремительный; младший (Б.В.) – как влитой, соответствует облику “настоящего” профессора. Он движется по лестнице и коридору степенно и неторопливо, уютно усаживается в глубокое вольтеровское кресло и по-отечески выслушивает сотрудника. И.В. жестко управляет собеседником, не позволяя ему терять время на излишние подробности, Б.В. любит детали. И.В. чаще внутренне напряжен, от Б.В., как правило, не исходит ощущение натянутой струны. И.В. внешне холоден, Б.В. – улыбчив. Наверняка это очень личные впечатления автора этих строк, хотя, мне кажется, для многих из тех, кто знал этих братьев лично, такие образы душевно близки.

И еще об одной стороне Б.В. Будучи одним из классиков современной радиохимии, он не пытался выставить свою кандидатуру при очередных выборах в Академию наук. То, что он не имел академического звания, мне кажется, не очень-то и огорчало Б.В. Для нас, несмотря на отсутствие такового, он был одним из энциклопедистов, составлявших элиту Курчатковского института, к тому же, как правило, относительно легко доступным в своем кабинете. Трудно представить чего мог не знать Б.В! Мне, с его помощью, удалось познакомиться с такими мало доступными в те годы изданиями, как: томами Манхэттенского проекта, статьями Либби¹⁴ и Сиборга¹⁵, брошюрой Хоггертона¹⁶, книгой “Миссия Алсос”¹⁷ и даже энциклопедиями Брокгауза и Эфрона и “Гранат” (тогда в ходу было первое издание БСЭ). В наши дни торжествующего меркантилизма столь доброжелательные, бескорыстные и многогранные люди не просто редки — они вымерли, как динозавры. И так горько, что не существует машины времени, и мне никогда больше не встретиться с таким интересным человеком и теплым собеседником, как Борис Васильевич Курчатов...

Написано автором в апреле 2004 г.

Подлинник.

¹⁴ Уиллард Франк Либби — американский физикохимик, член Национальной академии наук; Труды по радиохимии, ядерной химии, геофизике, космохимии, плазмохимии и др. — Р.К.

¹⁵ Гленн Т. Сиборг — американский химик и физик, лауреат Нобелевской и др. премий. — Р.К.

¹⁶ “Когда Россия будет иметь атомную бомбу”. Эта работа Д.Хоггертона и Э.Реймонда вышла в изд-ве ин. лит-ры в 1948 г. — Р.К.

¹⁷ Авт. — Самуэль Голдсмит, американский физик-ядерщик, один из руководителей миссии “Алсос”, задачей которой было получение и анализ информации, имеющей отношение к немецкой атомной науке, германскому атомному проекту. — Р.К.

ЭТО БЫЛО НЕДАВНО

В июле м-це 1946г. я позвонила из телефонной деревянной будочки, которая стояла на улице Новой Бодрой, в отдел кадров Лаборатории №2 и спросила, не нужна ли им лаборантка по специальности металлография? В это время я работала в НИИ ГВФ в качестве лаборанта — металлографа полтора года. Мне ответили, что нужна и, чтобы я обязательно пришла на следующий день. Мне было в то время восемнадцать лет.

Я пришла на следующий день. Ко мне вышел сотрудник — это был Правдюк Н.Ф.² Приветливо стал меня экзаменовать. Остался доволен и отвёл меня в отдел кадров. 10 сентября 1946г. я была зачислена на работу лаборантом в Лабораторию №2 Академии наук СССР — так в то время назывался Курчатовский институт.

Старший научный сотрудник Правдюк Н.Ф. организовал спектральную лабораторию, в которой очень нуждался институт. Нужно было делать анализы на чистоту графита. И я оказалась первым сотрудником этой лаборатории, в секторе №3, которым руководил Борис Васильевич Курчатов.

Должен был приехать с Урала специалист по спектральному анализу, мой непосредственный начальник — старший научный сотрудник Стриганов А.Р. Пока его не было, я была отдана химикам Б.В. Курчатова, помогала им в мелких работах. Коллектив меня тепло встретил. Все мне очень понравились.

¹ Евгения Николаевна Лосовская — лаборант, ст.лаборант-металлограф С-3, группа Б.В. Курчатова, в Лаборатории №2 — ИАЭ им. И.В. Курчатова с 1946 по 1987 гг. В России знаменита работами — картинами, вышитыми с полотен, написанных великими художниками: Айвазовским, Васильевым, Маковским и др. Вышитые картины Е.Н.Лосовской находятся в Пушкинском музее, мемориальном Доме-музее И.В.Курчатова и др. Скончалась в 2004 г. — Р.К.

² Николай Федотович Правдюк — металлофизик, к.т.н., товарищ И.В. и Б.В. Курчатовых по годам учебы в университете. В данное время — сотрудник С-3 Б.В. Курчатова. — Р.К.

Когда появился Стриганов А.Р., я стала заниматься спектральным анализом. Между металлографией и спектральным анализом много общего, так что для меня эта специальность была не новостью, за исключением того, что я не владела расшифровкой спектра.

В то время нужен был чистый графит для реактора. И я выполняла его спектральный анализ и анализы других элементов таблицы Менделеева. Я фотографировала спектр на спектральном приборе Q - 24, а Стриганов А.Р. расшифровывал на микроскопе. Так было до лета 1947г.

Однажды – летом 1947г., когда работала у химиков, я впервые увидела Игоря Васильевича. Как-то зашла в кабинет Бориса Васильевича, а у него сидел очень красивый с бородой, с лучистыми умными глазами – богатырь. Я спросила у химиков: “Кто это, такой красивый мужчина?” Мне ответили: “А это, Женечка, брат Бориса Васильевича, наш директор института”. Игорь Васильевич часто приходил к своему брату, был всегда приветлив со всеми и со мною тоже.

Как-то летом, Стриганов А.Р. дал мне задание сфотографировать пробу на присутствие висмута, и сказал, что этот анализ для Игоря Васильевича. “Ты сфотографируй, а мы с Правдюком съездим на футбол, наши команды играют. Я приеду и расшифрую”. Как только они уехали, мне позвонила химик Борисова Нина Ивановна³ и сказала, чтобы я пошла в столовую, там нам выдают паёк – яблоки.

Яблоки я в глаза не видела с начала войны. Ну, конечно, побежала. Взяла яблоки, пришла в лабораторию, а яблоки такие хорошие! И я решила, пока мой начальник на футболе, торопиться не буду, поем яблочек! В лаборатории было два письменных стола: один – у окна, а другой, около приборов – мой рабочий. Я залезла на него, выбрала красивое яблоко и набила им полный рот. Вдруг, – стук в дверь. Вместе с ним – дверь открывается, и передо мною во всей своей красе предстал Игорь Васильевич! Поздоровался, прошёл быстрым шагом к столу. Я молчу. Растерянно на него смотрю. Пристыла к столу. Слова вымолвить не могу, т. к. рот набит яблоком. Игорь Васильевич говорит: “Кушайте, кушайте, я подожду”, – садится за другой стол и ждёт. Проглотив кое-как яблоко, я слезла со стола и в смущении стала здороваться. Он спросил, где Стриганов⁴? Я ответила, что куда-то ушёл (не стала выдавать, – что на футбол). Игорь Васильевич спросил, сделала ли я анализ? Я сказала,

³ Нина Ивановна Борисова – м.н.с. С-3 Б.В.Курчатова. – Р.К.

⁴ Аркадий Романович Стриганов – физик-экспериментатор, д.ф.м.н., (в 1955 г.) профессор. – Р.К.

что ещё не успела, но сейчас сделаю. Когда он ушёл, я немедленно принялась за работу. Игорь Васильевич несколько раз заходил и интересовался, как дела? Как видно, ему очень важно было узнать результат о присутствии в пробе висмута. Фотокомната располагалась на 3-ем этаже, а лаборатория — на 2-ом. Пока я бегала со 2-го этажа на 3-ий, и наоборот, я постоянно сталкивалась с Игорем Васильевичем, потому что он в это время навещал сотрудников 1-го сектора. Я на ходу ему докладывала состояние процесса своей работы.

Через некоторое время И.В. снова зашёл и спросил, готов ли анализ? Я ответила, что готов. “Вы расшифровали?” Я сказала, что нет. Он спросил, “почему?” Я ответила, что пока не умею. Он помолчал и ушёл.

Приехал с футбола Стриганов. Только я успела передать ему фотопластинку, как вошёл Игорь Васильевич. Стриганов извинился. Доложил, что ездил на футбол. Курчатов даже не упрекнул его, ничего не сказал, но заметил, что на пластинке какой-то подтёк. Аркадий Романович пояснил, что подтёк образовался из-за того, что “это Женя поставила на солнышко пластинку, чтобы она быстрее высохла...”

На следующее утро приходит А.Р. и вываливает мне на стол кучу книг. Говорит, что И.В. “приказал, чтобы ты освоила расшифровку”. Я это сделала в короткое время. Оказывается, И.В. в тот же день за обедом с Борисом Васильевичем высказал своё недовольство, что “Стриганов занимается не своей работой” и приказал Борису Васильевичу, чтобы Аркадий Романович немедленно научил меня расшифровке спектров. “Чтобы Женя немедленно овладела ею”. Я овладела этой премудростью действительно быстро. Игорь Васильевич много раз потом присылал мне пробы на спектральный анализ с Д.С. Переверзевым⁵. И Борис Васильевич стал мне давать пробы самостоятельно делать полный анализ. Он и сам любил расшифровывать спектры, делал это с интересом, рядом всегда сидела я и любила подсказывать ему. Работать с ним было очень приятно. Ему приносили микроскоп, я ему показывала на фотопластинке линии спектра. Он с улыбкой спрашивал меня: “Ну, а это какая линия, а это какая?” — и когда я ему говорила, какая это линия, он довольно улыбался своей мягкой улыбкой. Мне с ним общаться всегда было приятно. И когда ему нужно было срочно определить осадок, я делала этот анализ вне очереди, за что получила однажды нагоняй от Правдюка Николая Федотовича, т.к. я задержала его анализ. Но, когда он узнал, что “виновник” — Борис Васильевич, он сменил гнев на милость.

⁵ Дмитрий Семенович Переверзев — помощник И.В. Курчатова из его личной охраны. — Р.К.

Мне нравилось наблюдать, как работает Борис Васильевич, и не только Борис Васильевич, а как работают химики. Сам Борис Васильевич большую часть своего рабочего времени был на ногах, что-то перемешивал в пробирке, радовался, если получалось то, что ему нужно. К вечеру садился в кабинет, что-то подсчитывал на линейке, записывал, и ничего не замечал вокруг. Когда я к вечеру уставала от своих анализов в спектральной лаборатории, то поднималась наверх к химикам, чтобы отдохнуть. Но вечером сотрудников уже почти не было, кроме Людмилы Никифоровны – жены Бориса Васильевича.

Я тихонько проникала в кабинет Бориса Васильевича, садилась на диван, и наблюдала его за работой. Некоторое время он не замечал меня, а, заметив, подняв голову, всегда спрашивал: “Чего пришли?” – “Я пришла отдохнуть у Вас”. – “Отдыхайте, отдыхайте”, – приговаривал Борис Васильевич, а сам продолжал что-то писать и подсчитывать.

Как-то, часов в восемь вечера, я пошла в очередной раз “отдохнуть”... Вижу в коридоре на маленькой скамеечке сидит Людмила Никифоровна и плачет, а рядом – качалка-смеситель, как в люльке, она качает пробирку. Я спрашиваю у Людмилы Никифоровны: “Что плачете?” Она кивнула в сторону кабинета. Дверь была открыта, за столом сидел Борис Васильевич. Людмила Никифоровна, оказывается, целый день качает эту “люльку”, а смесь не смешивается. Она твердит Борису Васильевичу, что не получится ничего, а он, мило улыбаясь, говорит: “Работай, работай, получится!” Ну, я села рядышком и начала Людмилу Никифоровну развлекать.

Как-то днём, я по какой-то надобности вхожу в коридор к химикам. Чуть не сбивая меня с ног, по коридору бежит Борис Васильевич. Улыбается. Я успела посторониться. В конце коридора стоит Людмила Никифоровна. Спрашиваю её: “Куда он так поскакал?” Она отвечает, что позвонил Игорь Васильевич и сказал: “Борух, беги скорей в отдел кадров, привезли такого хорошего мальчика, беги скорей, а то его схватят”. Борис Васильевич успел. Это был Чистяков Л.В. – мой будущий муж. Вот так в те времена (начало 50-х гг.) хватили специалистов.

Борис Васильевич любил иногда надо мной подшутить. Кажется, мне было 19 лет, когда я первое время, пока не было спектральной лаборатории, помогала химикам. Однажды Борис Васильевич поручил мне пойти в подъезд и как только приедет “адмирал”, сообщить ему об этом по телефону. Я пошла. Сижу, жду. Подъезжает машина, а адмирала в машине нет. Сижу, жду дальше. Смотрю, бежит Борис Васильевич. Я ему говорю, что адмирал ещё не приехал. А он, озорно улыбаясь, – сел в машину и уехал. Оказалось, что так называлась машина немецкой марки. А я, конечно, не знала.

Когда я уставала от своих довольно-таки шумноватых – “подруг” – спектральных установок, яркости дуги, то мне нравилось приходиться к химикам. Наблюдать, как они работают, – зрелище интересное. Люди в белых халатах. Вот Борисова Нина Ивановна что-то выискивает в книге иностранного языка и потихоньку чертыхается, вот Зенкова Раиса Александровна очень внимательно рассматривает какой-то раствор в пробирке и тоже что-то бормочет. А Новгородцева Вера Ивановна сидит за микровесами, почему-то вздыхает и снова перевешивает пробу, шумит центрифуга и Александра Михайловна Еремичева. Она дала заявку на рабочего исправить в лаборатории какие-то неисправности. Зазвонил телефон, Александра Михайловна решила, что это рабочий, и сходу начала ему выговаривать: “Какого шута ты долго не идёшь?” И вдруг слышит: “Шура, это я, Гончаров Владимир Владимирович⁶, позови, пожалуйста, Бориса Васильевича!” Это комната – женская половина. Вторая комната – мужская половина. Там более оживлённо и, если войти незаметно, то можно услышать кое-что, не для женских ушей. Это они разговаривают интеллигентно, с мягкой улыбкой с осадками, которые им не нравятся.

Приближается обеденное время. Все оживляются и бегом наперегонки устремляются в столовую. Женщинам стало обидно, что Яковлев Г.Н. всех перегоняет – решили подшутить над ним. Григорий Николаевич всегда на ботинки надевал калоши. Вот проказницы и прибили одну калошу к полу. Но Г.Н. их перехитрил. Он побежал без калош и был первым.

За полтора года мы с А.Р. Стригановым сделали 4 работы:

1. Определение Cs (цезия) в солях U (урана) /1947г./
2. Определение примесей в U (уране) /1947г./
3. Определение малых количеств урана /1948г./ начало
4. Оптический эмиссионный спектр Pu (плутония) /конец 1948г./

25 декабря 1946 г. в институте был запущен первый экспериментальный реактор. В апреле был получен первый реакторный плутоний в весовых количествах 6 и 17 мкг. Борис Васильевич с сотрудниками впервые получил видимое глазом, но неизвестное вещество в природе, так необходимое в качестве материала для изготовления заряда атомной бомбы.

Мы с А.Р. Стригановым стали готовиться к короткому опыту – к получению первого эмиссионного спектра плутония.

⁶ Владимир Владимирович Гончаров – инженер–технолог–химик, д.т.н., заслуженный деятель науки и техники Р.Ф., с 1943 по 1986 гг. заместитель, затем помощник начальника Лаборатории №2, ЛИПАН, ИАЭ – академика И.В.Курчатова. – Р.К.

Была разработана разрядная камера. Подготовлены три спектрографа: кварцевый спектрограф Q - 24 (2300 - 4000), трёхпризменный спектрограф Цейса 3700 - 4400 и Штейнхаль 4300 - 8600, направленные на один источник дуги переменного тока с 100 мкг плутония в виде хлорида. Опыт был проведён 18 декабря 1948 г. Зафиксировали 425 спектральных линий! Впервые в СССР плутоний горел ослепляющим белым пламенем.

За эту работу в 1950 г. я была награждена денежной премией от Совета Министров СССР.

В память о том, что мне посчастливилось познакомиться и поработать с самим Игорем Васильевичем Курчатовым и с его братом Борисом Васильевичем, я вышила их портреты, которые подарила в Музей Курчатова. Я с детства любила вышивать. Занималась этим всё свободное время.

В 1950 г. я решила сделать Борису Васильевичу приятное: подарила ему на день рождения небольшую картину, вышитую нитками. Он был очень тронут этому подарку и тут же, сделав из бумаги трубочку, стал рассматривать картинку, словно в бинокль, приговаривая: “Ай, да Женя, ай, да, молодец!”



На банкете у Б.В. Курчатова по случаю присуждения ему Ленинской премии в 1959 г.
Б.В. Курчатов, Е.Н. Лосовская и Л.В. Грошев. Москва. Ресторан “Прага”.

Борис Васильевич был гостеприимным человеком. Когда Борис Васильевич и Людмила Никифоровна поженились, они не забыли отметить эту знаменательную дату. Были приглашены не только сотрудники сектора №3, а и друзья Бориса Васильевича из института. Свадьба отмечалась по-домашнему.

Помню, наша спектральная лаборатория раздобыла (в зимнее-то время) дерево – белую сирень в кадучке. Борису Васильевичу и Людмиле Никифоровне было приятно. Они радовались, как дети: “Зимой, этакую красавицу раздобыли! Цветущую!..”

Когда Борису Васильевичу присвоили звание лауреата Ленинской премии, банкет устроили в ресторане “Прага”, в зеркальном зале. Людмила Никифоровна говорила, что Борис Васильевич сам занимался организацией: кто с кем должен сидеть рядышком – около каждого прибора лежала визитная карточка. Меня Борис Васильевич посадил между Зеленковым и Полевым.

Были приглашены сотрудники из Дубны и из других институтов. Запомнила рядом с собой доктора Грошева⁷, академика Кикоина. Все – с супругами. Было весело, пели, танцевали. Как же всё это было недавно. И как прелестно...

Написано автором в мае 2004 г.

Подлинник. Автограф.

⁷ Леонид Васильевич Грошев – физик, д.ф.м.н., заслуженный деятель науки и техники Р.Ф., член Датской академии наук, ЛИПАН, ИАЭ в 1951-1974 гг., в 1956-1960 гг. – заместитель И.В.Курчатова по отделу ядерной физики. – Р.К.

“БЭ ВЭ” БЫЛ ВОПЛОЩЕНИЕМ ПОРЯДОЧНОСТИ

В 1947 году восемнадцатилетним студентом Физтеха я попал на практику в лабораторию Сергея Александровича Баранова², входившую в состав сектора № 3, которым руководил Борис Васильевич Курчатov. В подразделении велись радиохимические исследования, т.е. химические работы весьма широкого профиля с использованием радиоактивных элементов. Одним из направлений была аналитическая радиохимия – количественное определение в смеси радиоактивных элементов конкретных изотопов. В общем виде процесс включал две составляющие: 1) химическое выделение соединений заданного элемента таблицы Менделеева и 2) измерение радиоактивности изотопов данного элемента, находящихся в выделенной пробе. Первой составляющей занимались химики, второй – физики. Работали дружно, в тесном взаимодействии. По мере развития физических методов мы старались повысить их информативность, чтобы в идеале делать анализы с минимальной химией или вообще без нее. При жизни Бориса Васильевича нам это сделать не удалось, да и сейчас ряд анализов требует радиохимической обработки образцов.

Борис Васильевич приветствовал наши разработки, но всегда интересовался их применимостью для конкретных анализов. Мы со своей стороны старались не ударить в грязь лицом. Объективная проверка наших методик на эталонных образцах МАГАТЭ³ показала, что точность наших калибровок радиометрической аппаратуры не хуже 2%, что для методик этого типа очень неплохо.

¹ Рутений Михайлович Полевой – физик, д. ф.-м.н., лауреат Сталинской премии. – Р.К.

² Сергей Александрович Баранов – физик, д. ф.-м.н., в то время – начальник лаборатории. – Р.К.

³ Международное агентство по атомной энергии. – Р.К.

Методики оказались применимыми к целому ряду задач, связанных с испытаниями ядерного оружия в трех средах: 1) определение характеристик отечественного и иностранного ядерного оружия по составу продуктов взрыва, выброшенных в атмосферу, 2) изучение распространения радиоактивных продуктов ядерных испытаний по земному шару и 3) проникновение биологически опасных продуктов ядерных испытаний в организм человека. Ясно, что такие задачи не могли решаться силами одного сектора и даже института — требовалась широкая кооперация разных ведомств и координация их деятельности. В результате был организован сбор проб радиоактивных аэрозолей из атмосферы с помощью самолетов, летавших в меридиональном направлении над территорией СССР и Китая (КНР).

Сборники аэрозолей были установлены на научно-исследовательском судне “Витязь”, который выполнял широтные разрезы, в том числе и в Южном полушарии, а затем на кораблях, снабжавших нашу экспедицию в Антарктиде.



Б.В. Курчатов по пути в Горький. [До 1956 г.]



Б.В. в Крыму. [1960-е гг.]

На “Витязе” проводились также исследования проникновения стронция-90 и цезия-137 в толщу океанической воды вплоть до больших глубин. Масштабность задачи требовала привлечения для работ на дне океана больших сил, поэтому уже с середины 50-х годов мы начали обучать нашим методам военных и метеорологов, которым впоследствии и было поручено вести систематические наблюдения. Однако сотрудничество с этими организациями продолжалось, и в 1962 году сектор-3 принял участие в комплексной экспедиции к острову Рождества в Тихом океане, где американцы и англичане проводили совместные испытания ядерного оружия. По результатам этих работ наши сотрудники были удостоены правительственных наград. Непосредственно в этой экспедиции сотрудниками Б.В.Курчатова были разработаны устройства, позволяющие получать пробы аэрозолей с высот до 30 тыс. метров и спектры гамма-излучения из радиоактивных облаков от ядерных взрывов с помощью шаров-зондов, поднимающих аппаратуру на эти высоты. Используя эти методы, А.Г.Зеленкову⁴ удалось экспериментально померить обмен воздуха между северным и южным полушариями, используя продукты мощного взрыва на Новой Земле как радиоактивную мету воздушных масс.

⁴ Анатолий Георгиевич Зеленков – в то время научный сотрудник. – Р.К.



**Морская Одиссея
Б.В.Курчатова.**



Перед походом. На пристани в Североморске. В.А.Пчелин в центре группы, отправляющейся в экспедицию.

Эффективность использования кораблей для названных задач привела к необходимости создания штатных радиохимических лабораторий на экспедиционных судах новой серии, головным в которой было научно-исследовательское судно «Академик И.В.Курчатов». Техническое задание на эту лабораторию разрабатывал сектор-3 под руководством Б.В.Курчатова. В 1966, 1968-1969 годы ИАЭ имени И.В.Курчатова направлял свои экспедиционные группы в рейсы этого корабля, но об этом позже.

Исследования выпадений радиоактивных продуктов от ядерных взрывов показали, что основная масса радиоактивных осколков выпадает на сороковых широтах обоих полушарий — т.е. в наиболее населенных местах планеты и наиболее продуктивных по сельскому хозяйству, независимо от того, где взорвана бомба, на Новой Земле или на экваторе. Если учесть, что при всех испытаниях в атмосферу было выброшено 12 тонн осколков (это 150 Чернобылей), то серьезность проблемы становится очевидной. Вообще говоря, это задача для санэпидслужбы, к которой она потом и перешла.

Но в конце 50-х годов ни методик, ни аппаратуры для измерения стронция-90 в продуктах питания и в человеке не было — их разработка только начиналась в секторе № 3 ИАЭ, которым руководил Б.В.Курчатov.

Химики разрабатывали методы выделения стронция-90 из продуктов питания и костей животных и человека, а физики — низкофоновую аппаратуру, позволяющую измерять радиоактивность стронция-90 до долей БК (беккереля) в анализируемой пробе. Задача эта не из легких. Дело в том, что, если вы поставите под счетчик радиоактивных излучений препарат с нулевой радиоактивностью, счетчик все равно будет срабатывать, регистрируя так называемый “фон” — радиоактивность его конструктивных материалов, гамма-излучение строительных материалов помещения и космическое излучение. Поэтому радиоактивность образца и определяется по разности счета с образцом и без образца, т.е. — за вычетом фона.

Чем большую долю составляет фон, тем меньше точность измерения радиоактивности образца. Такую аппаратуру с необходимой чувствительностью удалось создать в короткие сроки и на базе отечественных материалов и комплектующих изделий. Большую помощь оказал Г.Р.Гольбек⁵ — разработчик одного из лучших отечественных поисковых геологических радиометров. Аппаратура под названием УМФ-1500 была запущена в серию и обладала чувствительностью до одной десятой беккереля в пробе. Ее дальнейшее усовершенствование, выполненное Р.М.Полевым и В.А.Пчелиным⁶, позволило снизить порог обнаружения до одной сотой беккереля в пробе.

Работы, выполненные в секторе-3 ИАЭ с использованием этих методик, показали, в частности, что стронций-90 накапливается в костях детей в несколько раз быстрее, чем у взрослых. Эти данные сыграли свою роль при подготовке международных договоров о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере.

Фактически на базе разработок коллектива, возглавляемого Б.В.Курчатovым, к началу 60-х годов прошлого века сложилась стройная система контроля загрязненности внешней среды радиоактивными продуктами техногенного происхождения, включающая сбор радиоактивных продуктов, их химическую

⁵ Герман Ричардович Гольбек, геофизик, д.т.н., в Лаборатории № 2 — ИАЭ имени И.В.Курчатова с 1946 по 1973 гг., ст.инженер-физик, с.н.с., создатель радиометрической аппаратуры: динамометров, вибрографов и др. оригинальной конструкции отечественных приборов, нашедших применение для решения важнейших вопросов геофизики и геологии, для технического контроля измерений в Лаборатории № 2. — Р.К.

⁶ В.А.Пчелин — см. с. 267

обработку и радиометрические измерения. В 1964 году Госкомитет по атомной энергии выпустил соответствующий сборник методик, как практическое руководство при организации названного контроля, а аппаратурный комплекс был реализован в Гане при построенном там атомном реакторе.

Впоследствии эти методики были дополнены полупроводниковыми детекторами альфа-, бета- и гамма-излучений, с успехом использовались при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и прекрасно работают до сих пор, в частности, при очистке территории РНЦ КИ от радиоактивных загрязнений.

Одним из интереснейших направлений исследований, начатых при жизни Б. В. Курчатова в секторе № 3, было исследование радиоактивных полей морской воды, которые являются фоном при изучении техногенных загрязнений океанов и морей, связанных с эксплуатацией кораблей с атомными силовыми установками, с промышленными сбросами радиоактивных продуктов и с захоронением радиоактивных отходов. Работы были начаты в 1966 г. в первом рейсе научно-исследовательского судна «Академик И. В. Курчатов» и продолжались систематически уже после смерти Б. В. Курчатова в 1972 г. вплоть до начала 80-х годов, в том числе с использованием других исследовательских судов. Были обследованы части Атлантического, Индийского и Тихого океанов, Средиземного и Баренцева морей. Разумеется, при таком широком спектре исследований Б. В. Курчатов не мог лично вникать во все мелочи работ, проводимых его учениками. Однако он мог быть уверенным, что основные качества руководимых им работ – методическая обоснованность и достоверность результатов – его сотрудниками будут соблюдаться свято. Недаром при дублировании ряда работ, проводившихся (для надежности) коллективами РИАН⁷ и ГЕОХИ⁸ АН наши результаты были самыми достоверными, включая данные по аварии на ЧАЭС.

Мягкий и деликатный в обращении с людьми, Б. В. Курчатов при необходимости мог быть и резким, и требовательным. Правда, лично мне он устроил выговор только однажды – когда увидел, что я (по неопытности) работаю с мощным открытым источником бета-излучателя без защитных очков. Это было в Дубне в 1950 г., когда мы занимались исследованиями расщепления атомных ядер под действием протонов с высокими по тем временам энергиями. Правда, в те годы доза в 15–18 Бэр за год по необходимости была нормой для сотрудников сектора № 3, работавших по этой проблеме, и наше здоровье Б. В. беспокоило.

⁷ Радиевый институт АН СССР имени В. Г. Хлопина. – Р. К.

⁸ Геохимии и аналитической химии институт им. В. И. Вернадского. – Р. К.

БэВэ — так мы его называли за глаза, между собой — принимал участие и в наших житейских делах, в частности, довольно легко давал деньги в долг. Правда, всегда интересовался, зачем занимаешь и когда, и из каких доходов будешь отдавать?

Лично я набрался нахальства и сказал, что отдавать буду из зарплаты старшего научного сотрудника, звание которого я надеюсь получить в ближайшее время при его, БэВэ, содействии. Он посмеялся, но деньги дал.



Р.М.Полевой (стоит справа), С.А.Баранов (рядом), Д.С.Переверзев, Б.В.Курчатov и Л.В.Грошев на банкете у Б.В. в ресторане “Прага” по случаю присуждения Б.В. Ленинской премии в 1959 г.

Полагаю, что тем, кто общался с БэВэ, повезло в жизни!

В моей памяти Борис Васильевич остался воплощением порядочности. В науке, на мой взгляд, это означает ответственность за получаемые результаты и выданные на их основе рекомендации, способность признать свои ошибки и, по возможности, их исправить. Не замалчивать. И, тем более, не искажать факты в угоду конъюнктуре.

Написано автором в августе 2004 г.
Подлинник. Автограф

БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ КУРЧАТОВ В ДУБНЕ

В декабре 1949 года в Дубне был запущен синхроциклотрон для ускорения заряженных частиц (α -частиц, дейтронов, протонов) до энергий в сотни МэВ.

В начале 1950 года Б.В.Курчатов с группой радиохимиков начал работы по исследованию ядерных реакций, происходящих под действием высокоэнергичных заряженных частиц, ускоряемых на только что запущенном синхроциклотроне.

В марте 1950 г. для работы в группе Бориса Васильевича из Челябинска-40 (ныне г. Озерск) по распоряжению И.В.Курчатова были откомандированы два физика В.Н.Мехедов и М.Я.Кузнецова и один электронщик А.С.Кузнецов. Так, в Дубне произошло наше знакомство с Б.В.Курчатовым

и сотрудниками его группы, работавшими там с ним: Л.Н.Курчатовой, его супругой, Н.И.Борисовой, Л.В.Чистяковым, А.М.Еремичевой и Г.А.Ильиной.

Для нас, тогда еще молодых, работа под руководством Б.В.Курчатова стала подарком судьбы. Крупный ученый и прекрасный человек, Борис Васильевич передавал свои знания нам как-то незаметно. Никогда никаких строгих указаний он, по-моему, никому не давал, но работать рядом с ним вполсилы



¹ Мария Яковлевна Кузнецова – физик-ядерщик, к. ф. м. н. В 1948-1950 гг. работала в Челябинске-40 на химкомбинате “Маяк”, в 1950-1970 гг. в г. Дубне, Московской обл. в ОИЯИ – лаборатории ядерных проблем у М.Г.Мещерякова, затем В.П.Джелепова в должности с.н.с. – Р.К.

было просто невозможно. Он был прост в обращении и доброжелателен. Было не страшно и не стыдно задавать ему самые простые, а иногда, может быть, и глупые вопросы. Будучи научным руководителем он не гнушался никакой работы. Часто можно было видеть его с пробиркой, наполненной каким-то реактивом, и стеклянной палочкой в руках. Эксперименты велись часто круглосуточно. Бывало и такое, что кто-нибудь засыпал или за взвешиванием реактивов, или за каким-либо другим занятием. В таких случаях Борис Васильевич обычно тихонько подходил к прибору и выполнял необходимые операции сам.

Работали все без устали, но бывали случаи, когда химики поднимали по субботам “бунты”, желая пораньше уехать в Москву к своим семьям, к детям. Борис Васильевич не мог понять их возмущения. В таких случаях на защиту женщин-химиков вставала Людмила Никифоровна. Обычно, как мне помнится, она говорила: “Борис Васильевич, нельзя же так”. “Конфликты”



Специалисты-радиохимики высшего класса из сектора Б. В. Курчатова (сидит в центре) работали и в ИАЭ, и в ОИЯИ. Москва. [Начало 1970-х гг.]

были короткими и улаживались мирным путем. Обижаться и сердиться на Бориса Васильевича было невозможно, так как он был человеком абсолютно честным, бесконечно преданным науке, доброжелательным, бескорыстным. Приведу несколько запомнившихся мне случаев, которые говорят о его качествах и как ученого, и как человека.

Как-то несколько человек его сотрудников сидели за столом с закусками у Курчатовых – Людмилы Никифоровны и Бориса Васильевича. Велась какие-то ненаучные разговоры. Борис Васильевич принимал в них участие, улыбался своей очень симпатичной улыбкой. И вдруг просит: “Мила, подай мне, пожалуйста, Phys. Rev. том такой-то, номер такой-то”. Людмила Никифоровна находит и подает ему нужный журнал. Он погружается в чтение. Его мысли заняты какими-то процессами, объяснениями каких-то наблюдений... Через некоторое время он снова с нами.

А вот еще один штрих к его портрету. В работе “Ядра отдачи при расщеплении серебра быстрыми протонами”, выполненной в то время в Дубне, в списке авторов отсутствует фамилия Б.В. Курчатова. А ведь выполняя ее мы постоянно советовались с ним, обсуждали технику исполнения и результаты. При написании статьи он помогал нам и мы, естественно, считали Бориса Васильевича нашим соавтором. Но он категорически отказался от авторства. Пришлось нам лишь поблагодарить его, выразив свои чувства традиционными словами в конце статьи².

В результате наших совместных с Б.В. Курчатовым работ были открыты несколько новых изотопов ряда элементов.

За период 1950-1952 гг. под руководством Б.В. Курчатова было выполнено пять работ по исследованию процессов взаимодействия высокоэнергичных заряженных частиц со сложными атомными ядрами³.

Проведены исследования ядерных реакций, протекающих при облучении серебра α -частицами с энергией 550 МэВ, дейтронами с энергией 280 МэВ, протонами с энергией 480 МэВ. Выполнена работа по изучению деления вольфрама дейтронами с энергией 280 МэВ. Проведено исследование вторичных ядерных реакций на висмуте, свинце и олове при бомбардировке протонами высоких энергий. Получены результаты о закономерностях фрагментации на

² Подобный случай произошел и в жизни И.В. Курчатова, когда он отказался от авторства в совместно выполненной (и под его руководством) со своими учениками К.А. Петржаком и Г.Н. Флеровым работы, закончившейся открытием явления самопроизвольного деления ядер урана в 1940 г. – Р.К.

³ См. список трудов Б.В. Курчатова, с. 728

сложных ядрах. Во всех работах для обнаружения продукта ядерных реакций использовался радиохимический метод. Разработаны методы химического выделения для десятков элементов — продуктов реакций из облученной мишени. Получены новые интересные результаты, проведен их тщательный анализ. Сделаны выводы о механизме образования тех или иных изотопов.

При исследовании расщепления серебра протонами с энергией 480 МэВ из облученной мишени было выделено и изучено около 70 радиоактивных изотопов. Проведен анализ полученных результатов, предложена аналитическая формула для выхода продуктов расщепления для данного Z (от германия до палладия) от числа нейтронов y изотопа, а также формула зависимости выходов изобаров от Z^4 . Сделано заключение, что большинство наблюдающихся продуктов расщепления серебра можно рассматривать как результат последовательного развития двух основных процессов в сложном ядре: внутриядерного каскада и испарения нуклонов из возбужденного ядра. Предполагается, что наиболее легкие ядра (Li, Be) могут образовываться как в процессе испарения из сильно возбужденного ядра, так и в процессе выбивания падающей высокоэнергичной частицей без предварительной стадии возбуждения всего ядра. Образование ядер типа, Na^{24} , P^{32} , K^{41} , вероятно, преимущественно идет по механизму деления с возбужденного уровня.

При изучении деления вольфрама дейтронами с энергией 280 МэВ из облученной мишени выделено и изучено 28 радиоактивных изотопов, в основном в области $Z=33+52$. На основе анализа полученных результатов при определенных предположениях сделано заключение, что ядра с малой величиной $\frac{n}{p}$ — отношения числа нейтронов к числу протонов, образуются в результате эмиссионного деления. Предполагается, что часть продуктов, для которых $\frac{n}{p} \geq 1,3$, образуются в результате деления с возбужденного уровня. Наиболее вероятным, по-видимому, является вариант смешанного деления вольфрама, а эмиссионное деление и деление с возбужденного уровня представляют лишь крайние случаи.

Вторичные ядерные реакции происходят на ядрах облучаемой мишени под действием частиц, которые рождаются в процессе первичного взаимодействия налетающей высокоэнергичной частицы с веществом мишени. В результате вторичных ядерных реакций образуются ядра, которые могут иметь заряд на несколько единиц больше заряда ядра мишени, если последнее взаимодействует с ядрами гелия, лития или еще более тяжелыми фрагментами.

⁴ Z — число протонов в ядре.

В работах Б.В. Курчатова и др., в частности, изучалось образование астата ($Z=85$) при бомбартировке Bi ($Z=83$) и свинца ($Z=82$) высокоэнергичными протонами. При энергии бомбардирующих протонов 480 МэВ сечения образования At^{211} и At^{210} из висмута получены равными $6 \cdot 10^{-29} \text{ см}^2$ и $\sim 2 \cdot 10^{-29} \text{ см}^2$, соответственно. Сделана оценка сечения образования α -частиц с энергией >20 МэВ в мишени висмута – $(5+6 \cdot 10^{-25} \text{ см}^2)$.

В 1958 году Борис Васильевич получил за цикл работ премию. Свою личную премию он разделил между всеми сотрудниками, принимавшими участие в этих работах. По выражению Бориса Васильевича, каждый получил “свою долю”. Он был необыкновенным человеком. Удивительно гармонично сочетались в Борисе Васильевиче Курчатове высокий профессионализм, преданность науке, строгость в требованиях к анализу и опубликованию полученных в экспериментах результатов, честность, простота в общении с сотрудниками, доброта и бескорыстие.

Написано автором в мае 2004 г.
Подлинник. Автограф.

В.А. Пчелин¹

О БОРИСЕ ВАСИЛЬЕВИЧЕ – УЧИТЕЛЕ НАШЕМ, – ПОКЛОНОВ НЕ БИВШЕГО, ДА ПО-ХРИСТИАНСКИ ЖИВШЕГО



Демонстрация опыта. Б.В.Курчатов (в центре), Л.Н.Курчатова (слева)
и сотрудники сектора. ЛИПАН 1951 г.

¹ Виктор Александрович Пчелин – радиохимик, к.х.н. С 1953 по 1988 гг. в ЛИПА-
Не, Институте атомной энергии им. И.В.Курчатова. Ближайший сотрудник
Б.В.Курчатова. – Р.К.

Поздней осенью 1953 г. группа студентов 5-го курса спецотделения химфака Ленинградского Государственного Университета приехала в ЛИПАН (так тогда назывался Курчатовский институт) для выполнения дипломных работ. После короткой беседы в 2-3 минуты с каждым, Игорь Васильевич направил нас всех в лабораторию к Борису Васильевичу Курчатову (Б.В.). С лета 1953 г. в этой лаборатории уже работал В.М. Шубко², (который меня знал). Он предупредил нас: “Б.В. глухой, кричите громче”. Б.В. обстоятельно расспрашивал каждого: “К чему интерес, у кого делал курсовую работу, где практика?” После беседы, ошавевший от нашего “ора” Б.В., отрекомендовав своим сотрудницам нас, как “громогласных”, меня и Шеленкова оставил в своей лаборатории, а остальных отправил к Г.Н.Яковлеву, у которого они выполняли дипломные работы.

Я занимался изучением массового распределения осколков при делении ²³⁸U дейтронами с энергией 14 МэВ (радиохимическим методом). Работали до 22-23 часов. Вечером часто звонила Людмила Никифоровна – интересовалась, “когда придёт Б.В.?” После окончания работы Б.В. часто говорил: “Пошабашим на сегодня, пожалуй, магазины закрыты, идите, ребята, в “Загородный” (ресторан недалеко от ЛИПАНа) и поужинайте, как следует”. Давал по 100 рублей и добавлял: “Завтра в 8⁰⁰ быть в лаборатории”. Надобно сказать, мы никогда не нарушали его наказа. Пришло время, когда я после обеда стал появляться минут на 10-15 позже всех. Б.В. поинтересовался: “Все пришли, а где же второй студент?” Наши женщины объяснили: “Он влюблённый, каждый день бегает на почту. У него в Ленинграде невеста”. Б.В. сказал: “Это хорошо, он работает допоздна, наверстаёт”.

Как-то Б.В. дал нам три билета в Большой театр. Вечером нашли для меня громадные галоши, Саша Шеленков пошёл в валенках – в “пимах”. Б.В. сказал: “в театр в обычной уличной обуви ходить неприлично, а в пимах с галошами – другое дело, интеллигентно”. Мы это поняли, когда заняли свои места в середине первого ряда партера!!! Двое из нас выглядели более-менее прилично. Третий – ростом 190 см., обутый в пимы с галошами 46 размера, это был я! Ноги под креслом не поместились, торчали далеко вперёд и мешали модной публике. Кстати, Б.В. тоже любил носить ботинки с галошами.

В конце марта 1954 г. я получил письмо от невесты. В это время началось распределение студентов. На просьбу отпустить меня на 3 дня в Питер для регистрации брака Б.В. запричитал: “Вот, леший, когда задумал жениться! –

² Виталий Михайлович Шубко – химик, к.х.н., м.н.с., с.н.с., в Лаборатории № 2 – Курчатовском институте с 1950-х гг. по н/время.

Ещё надо бы провести один эксперимент, пора обсчитывать результаты и писать диплом, а он жениться!” Выслушав мои объяснения, почему это нужно сделать срочно, сменил гнев на милость. “Ну, что уж на три дня, поезжайте на неделю, но чтобы через неделю – на месте”. Благодарю, закрываю дверь кабинета, но слышу: “Погодите”. Б.В. открывает сейф и из картонной коробки трудов В.И.Ленина и И.В.Сталина, достаёт крупную сумму денег, подаёт мне и на моё протестующее бормотание говорит: “Это Вам с невестой мой подарок”. – Отпали свадебные заботы.

Моя работа понравилась Борису Товичу³, моему официальному оппоненту. Всё ценное в неё было привнесено Б.В. Я просто очень добросовестно исполнил его наметки. После защиты Б.В. пригласил меня работать в его лабораторию. Этому приглашению я очень обрадовался. Как теперь уже семейному человеку, Б.В. твёрдо обещал мне выбить через год комнату и обещание своё выполнил. Слова с делами у него никогда не расходились.

Основную тяжесть ранних работ (1943-1948 гг.) сектора Б.В. вынес на себе “женский батальон”, на который выпало изучение химических свойств элементов 93 и 94 (нептуния и плутония), выполнение анализа на примеси образцов графита (для создания будущего уран-графитового реактора), изучение свойств тяжелой воды и множество других важных государственных задач. После пуска первого промышленного реактора на Урале и испытания отечественного ядерного оружия... дел у Б.В. стало ещё больше: к ним относились – проведение анализов на промышленных реакторах, изучение параметров отечественного и зарубежного ядерного оружия, разработка экологических проблем, получение и изучение химических свойств трансурановых элементов.

В сектор Б.В. входили: горячая радиохимическая лаборатория, лаборатории оптической и α -спектроскопии и радиохимическая – аналитическая группа, с которой он любил работать и делать всё своими руками до последних лет. Приходил на работу вместе со всеми, а заканчивал – позже всех. За много лет я не помню, чтобы кто-то уволился от Б.В. Он был нашим учителем и наставником в христианском понимании.

Сейчас много говорят о “прозрачности” (бюджета, планов и пр. пр.). Б.В. был абсолютно прозрачен во всём. При распределении премий собирал весь коллектив, говорил, кто и что сделал (оценивал в “паях”). При получении Государственной и Ленинской премий всю денежную часть распределял

³ Борис Товьевич Гейликман, физик, д.ф.м.н., профессор, в Лаборатории № 2 – ИАЭ им. И.В.Курчатова с 1946 по 1977 гг., и.о. нач. сектора 1800/2, затем – нач. лаборатории. – Р.К.

между своими сотрудниками и всеми другими, кто помогал в работе, в т.ч. мастеровым людям из мастерских, стеклодувки, за что однажды один из лауреатов пожаловался в партком, что это неправильно, и что он (жалобщик) не намерен делиться своею частью.

Трудно найти человека из сектора, кто не получил бы помощь и защиту у Б.В. Он был кристально честен во всех делах и ситуациях. При просьбе двух учёных института поддержать на Учёном совете работу, выдвигаемую на Государственную премию, сказал, что работа достойная, но в числе её авторов не назван человек, предложивший её идею. Он скончался и о нём забыли: а без него Б.В. не может поддержать эту работу.

При утверждении списков на премирование обычно спрашивал у завлабораториями: “За что у Вас большая премия? Вот ваш сотрудник (называл фамилию) написал хороший отчёт, сделал доклад, а премию Вы ему положили небольшую. Давайте снимем с Вас половину, а ему добавим”. Те соглашались, но... На свадьбы сотрудников и рождение детей любил дарить подарки: – детские шерстяные костюмчики (тогда их трудно было “достать”), серебряные ложечки – говорил: “на зубок”.

Как-то наши женщины пожаловались Б.В. на несправедливость: “Вот заместителю начальника отдела по хозяйственной части в связи с 60-летием дали премию, а о грузчике Главного здания, фронтовике, которому в этот день исполнилось 70 забыли”. Б.В. сказал: “Не дело!” Дал деньги и попросил тотчас съездить в магазин, купить ему сорочку, байковую рубашу и сегодня же подарить.

Он покупал для обустройства лаборатории множества вещей: сковороды (для песчаных бань), кастрюли (для водяных бань), полиэтиленовые бидончики (для слива агрессивных отработанных растворов), напильники и всякое другое “оборудование”.

Однажды, во второй половине 50-х гг. поздней осенью мы с супругой заклеивали и утепляли окно. Строители не положили утеплитель между рамой и стеной, и откосы окна обледеневали. Мой батюшка 1889 года рождения сидел с больной дочкой. В прихожей раздался звонок, соседи открыли. Постучали к нам. Вошёл Б.В., поздоровался и говорит: “Пришла проба, пойдёмте в лабораторию”. Осмотревшись, увидел в углу икону, подошёл ближе, перекрестился. Стал рассматривать написанное на ней по-старославянски. Батюшка хотел помочь ему прочитать, но Б.В. сказал, что он уже всё прочитал. “Пока Виктор отмоется и соберётся, не изволите ли откусать чашку чая?” – предложил батюшка. Б.В. не отказался. По дороге в лабораторию сказал: “Такого говора я уже давно не слышал. Кто Ваш батюшка?” Я ему всё рассказал⁴.

⁴ Александр Алексеевич Пчелин (1889 г.р.) – отец В.А.Пчелина. – Р.К.



В.А.Пчелин с супругой Валентиной на банкете у Б.В.Курчатова в ресторане “Прага” по случаю присуждения ему Ленинской премии. 1959 г.

Отдыхая одно лето всей семьёй у родителей (в Крамово), я получал от Б.В. деловые письма из Мисхора с припиской – “передавайте поклон батюшке”. Уезжая отдыхать, Б.В. просил всегда в первых числах августа заказать панихиду по равноапостольной Марии (своей маме – Марии Васильевне Курчатовой) и давал самую крупную купюру.

Уже после кончины Бориса Васильевича, я узнал от Зеленкова А.Г.⁵ о разговоре Б.В. с инспектором отдела кадров В.Е. Орловым⁶, работавшим позже у А.Г. Зеленкова заместителем отдела по административно-хозяйственной части. После защиты диплома весной 1954 г. Б.В. позвонил в отдел кадров и попросил срочно подать заявку на молодого специалиста – В.А. Пчелина. “Он ходит в церковь, зачем Вы его берёте, ведь защитилось столько студентов?” – стал отговаривать его Орлов. На что Б.В. сказал: “Вы сообщили мне очень приятную новость, у нас большой фронт работы, срочно отошлите на него заявку”.

⁵ Анатолий Георгиевич Зеленков, см. с. 263

⁶ Виктор Евгеньевич Орлов работал в ИАЭ в 1950-1970 гг. – Р.К.

Перед своей кончиной В.Е. Орлов и сам рассказал мне об этом разговоре с Борисом Васильевичем, поклоню не бившем, но жившем по завету “Молитва и Вера – мертвы без добрых дел” и, как говорили в старину, “положившего живот свой на алтарь науки и Отечества”.

После похорон Бориса Васильевича на Новодевичьем кладбище встал вопрос о памятнике. Ранг кладбища требовал Мастера. Выбор пал на Николая Еноховича Саркисова – известного московского скульптора. С женой Б.В. – Людмилой Никифоровной и сотрудниками – Петром Михайловичем Чулковым⁷ и Иваном Константиновичем Швецовым⁸ мы много раз ездили в мастерскую Н.Е. Саркисова. Людмила Никифоровна каждый раз привозила большое количество фотографий Б.В. Но дело шло плохо. То, что Н.Е. Саркисов показывал нам в пластине и гипсе, было мало похоже на Б.В. Он нас убеждал, что пройдёт 15-20 лет и люди забудут (или не будут знать) каким было лицо Бориса Васильевича и что портретное сходство не обязательно. Людмила Никифоровна однажды заметила “Вы нам всё время подсовываете какого-то армянина, а не Б.В.”, на что он сказал: “Возможно, Вы правы. У меня были аспиранты из Китая и Вьетнама и скульптуры наших (советских) вождей, выполненные ими, были “немножко китайцами и вьетнамцами”. При этом разговоре присутствовал очередной аспирант, – российский славянин, попросивший у Людмилы Никифоровны разрешения – попробовать сделать горельеф. При следующем нашем приезде в мастерскую аспиранта на месте не оказалось, и Николай Енохович показал свою очередную работу. Это был наш Б.В.! Мы восторженно оценили работу. В особенности ею восторгалась Людмила Никифоровна. Ушли мы в твёрдой уверенности, что это дело рук аспиранта. Памятник был изготовлен на Мытищинском заводе художественного литья. При помощи Института (особенно В.С. Колдина⁹) его установили на могиле Б.В. на Новодевичьем кладбище.

Написано автором в апреле 2004 г.

Подлинник. Автограф.

⁷ Петр Михайлович Чулков, см. с. 267

⁸ Иван Константинович Швецов, см. с. 689

⁹ Виктор Семенович Колдин – работал в Лаборатории № 2, ИАЭ им. И.В. Курчатова с начала организации и до выхода на пенсию – начальником РСО, РСЦ, РЭО, участвовал в работах по возведению в Институте исторических зданий: “Монтажные мастерские”, жилого коттеджа И.В. Курчатова – “хижины лесника” и др., ставших теперь памятниками архитектуры науки и техники советского периода. – Р.К.

Д. С. Горбенко-Германов¹

СЛОВО О БОРИСЕ ВАСИЛЬЕВИЧЕ КУРЧАТОВЕ

Мне не пришлось работать непосредственно, в одной лаборатории, с Борисом Васильевичем Курчатовым. Но поскольку он был начальником сектора Лаборатории измерительных приборов (так тогда именовался Институт атомной энергии), мне доводилось постоянно в течение 15 лет общаться с ним по научной работе и по различным другим вопросам, которые касались жизни коллектива. И постепенно он раскрывался для меня не только как ученый, но и как Личность — человек, которого я всегда помню с благодарностью и преклонением перед особенностями его натуры.

Если говорить в общем, то как ученого его характеризовала прежде всего преданность и подлинное служение своему делу. Я никогда не видел его празднично проводящим время. Он всегда был в работе. Помню самую первую встречу с Борисом Васильевичем. Он сейчас стоит у меня перед глазами в своем неизменном белом халате с пробирками в руках, каким я увидел его в 1952 г., когда по распределению после окончания химического факультета МГУ впервые переступил порог института, в котором происходило мое становление как научного сотрудника. Я знал, что институтом руководил Игорь Васильевич Курчатов, и когда в отделе кадров меня направили к Борису Васильевичу Курчатову, то сначала я решил, что там по ошибке назвали не то имя и очень удивился, что иду к “самому” Курчатову. Конечно, вскоре все разъяснилось, и мне рассказали, что Борис Васильевич — химик, младший брат Игоря Васильевича, и руководит радиохимическим сектором института.

Волновался я страшно, входя в лабораторию: как встретит меня, вчерашнего студента, мой будущий начальник, как вести себя перед ним, что говорить? Вхожу. Застаю Бориса Васильевича за работой, сосредоточенного, задумчивого. И буквально с первых же моих объяснений, зачем я здесь, лицо

¹ Дмитрий Сергеевич Горбенко-Германов — радиохимик, д.х.н., в ЛИПАН, ИАЭ имени И.В.Курчатова с 1952 г. — Р.К.



Б.В.Курчатов (в шляпе), Савина В.Е., Финкельштейн Я.Б.,
Яковлев Г.Н. Хоста [1948 г.]



Сеанс на одной доске. В парке у дома.



Б.В.Курчатов с сотрудниками сектора в часы досуга и отдыха. (Л.Н.Курчатова, М.И.Певзнер, Г.В.Яковлев). Крым. 1948 г.

Курчатова разгляделось, и на нем появилась какая-то немного застенчивая улыбка, и он начал мягко и благожелательно расспрашивать меня о том, чем я занимался в университетских лабораториях, какая у меня специализация. Сама его манера говорить – спокойная, доброжелательная, лишенная какого-либо менторского тона – меня успокоила и настроила на откровенность. Уже тогда он говорил со мной, как равный с равным, словно советовался, где лучше применить мои знания и стремления. Именно ему, Борису Васильевичу, я благодарен за то, что попал в группу, которую возглавлял ученый, которому я обязан очень многим, что определило мой путь в науку – Григорию Николаевичу Яковлеву, человеку, которого высоко ценил Курчатov за его необыкновенные способности и научную интуицию.

В дальнейшем, общаясь с Борисом Васильевичем, я постоянно убеждался в том, что он – типичный представитель потомственной русской интеллигенции. Если обобщать его влияние на нас, молодых сотрудников, да и на его сверстников, то можно сказать, что он был Совестью нашего коллектива. Мы сейчас подзабыли слово “порядочность”, как-то не модно его проносить, да и мало к кому можно применить. А Борис Васильевич прежде всего характеризовался именно этим словом. Он никогда не пользовался именем своего брата, никогда не обращался к нему со своими проблемами или просьбами своих сотрудников. И тут мне хочется вспомнить еще одно изрядно позабытое слово – “щепетильность”.

Вот такой пример: почти одновременно со мной пришли в институт молодые специалисты Московского, Ленинградского и Пермского университетов, у всех уже только что сложились семьи и не было жилья. После долгих сомнений и размышлений мы решили обратиться к Борису Васильевичу просить его ходатайствовать перед Игорем Васильевичем о предоставлении нам комнат (о квартирах тогда не было и речи). Борис Васильевич выслушал нас, посочувствовал, но твердо ответил: “Я вас понимаю, но считаю неэтичным идти просить только за своих сотрудников. Вы должны активно действовать сами”. И подсказал нам, что надо делать и к кому обращаться. Походы и хлопоты наши увенчались успехом – вместе с нами в новый дом въехали молодые семьи из других отделов и секторов, преимущественно физики.

Характерен и еще один момент: Борис Васильевич очень заботился о научном росте молодых специалистов, всячески поощрял вступление в заочную аспирантуру, сам принимал экзамены по специальности, сообразуясь с направлением наших работ, обсуждал с нами темы будущих публикаций и диссертаций. Но сам при этом не торопился с защитой докторской и только под давлением администрации и при постоянном нашем напоминании ему

по совокупности научных работ присвоили ученую степень доктора химических наук. Вот уж поистине заслуженную! Это еще одно свидетельство тому, что Борис Васильевич был лишен какого-то ни было тщеславия и погони за титулами и званиями. Тщательность, даже скрупулезность в работе, постоянный интерес к ней, инициатива в поиске новых разработок и методов анализа, неоднократные проверки надежности полученных результатов – все это было для него главным и непреложным, само собой разумеющимся. И этого он требовал от всех своих сотрудников.

Вспоминается, как относился Борис Васильевич к нашему “выходу на международную арену”. Началось это в 1955 г., когда проходила 1 Международная конференция по мирному использованию атомной энергии в Женеве. Тогда он собрал всех нас, научных сотрудников, на совещание, где обсуждались те работы, которые можно было представить в Женеве. Со свойственной ему принципиальностью и глубиной были рассмотрены наши отчеты, и только тогда было дано “добро” на представление докладов на этот высокий научный форум.

Также внимательно отнесся Борис Васильевич и к поездке группы сотрудников в Гану, где в то время строился атомный реактор и завершалось создание Станции радиохимического мониторинга. В нашу функцию входило обучение ганских специалистов, участие в монтаже и наладке привезенного из СССР оборудования, а также участие в разработке радиохимических методик анализа почвы, воздуха, воды и продуктов питания. В то время мы уже приобрели определенный опыт работы и нужны были в самом секторе института. Но Борис Васильевич решил направить нас в Африку, понимая долю ответственности за наш уровень подготовки и необходимость этого шага в общеполитическом смысле. В последствии таких примеров было немало.

Удивительно сочетались в характере Бориса Васильевича мягкость и спокойствие, ровное отношение к окружающим с принципиальностью и непреклонностью в серьезных деловых вопросах. Если он видел в человеке корыстный умысел, нечистоплотность помыслов, то одним только своим молчанием, какой-то внутренней отодвинутостью от “провинившегося” давал понять свое неприятие, осуждение. Все это и делало нашего руководителя Совестью коллектива.

Были случаи, когда некоторые сотрудники пользовались его бескорыстием, но такие эпизоды были единичными. Подавляющему большинству сотрудников одного молчаливого осуждения было достаточно, чтобы ощутить отношение Бориса Васильевича к его поступку или суждению, с которыми Б.В. как человек нравственный во всех своих помыслах не был согласен.

И еще отличала Бориса Васильевича его человеческая доброта. Он постоянно выручал нас в наших материальных трудностях. Зарплата у младших научных сотрудников и тогда была невысокой (не говоря уже о нынешних временах), и от полочки до полочки приходилось частенько занимать деньги. А когда требовались траты еще и на что-то существенное из одежды или, скажем, из мебели, то шли с просьбой выручить к Б.В. (так мы всегда его называли между собой). Отказа не было никогда, и не потому, что он был особенно богатым человеком. Нет! Просто его должность давала необходимый достаток, вместе с ним работала научным сотрудником его жена — Людмила Никифоровна. Потребности обоих были весьма скромные, детей у них не было. Вот и опекали молодых сотрудников, как могли.

Помню (да что там “помню” — просто никогда не забываю), как лет через 5-6 работы в институте решил я купить старенького “Москвича-401” — маленькую серенькую машинку, родоначальника целой династии “Москвичей”. У кого одолжить деньги? После долгих поисков иду к Б.В. Немного помявшись, выложил ему мою просьбу. И он не только дал мне взаймы, но и спросил: а есть ли у меня гараж? О гараже я даже не мечтал и как-то не подумал, где буду держать будущую машину. Я тогда ответил, что это будет проблемой “номер два”, а Борис Васильевич сказал: — “У меня пустует гараж. Правда, он очень скромный, железный, но на первое время, думаю, вам стодится”...

Десять лет я держал машину в этом гараже и, сколько раз ни обращался к Б.В. с просьбой хотя бы вносить арендную плату, Борис Васильевич неизменно отмахивался от меня со словами: “Какие пустяки, не о чем тут говорить”.

С такой же добротой и сердечной отзывчивостью я столкнулся во время моей единственной личной встречи с Игорем Васильевичем Курчатовым и понял, что это фамильное качество обоих братьев. Случилось это в трагический момент моей жизни. От рака в 1959 г. умирала моя мать. В то время появилось новое лекарство картизон, которое вначале считалось способным победить эту страшную болезнь. Достать картизон тогда практически было невозможно. И я решил искать встречи с Игорем Васильевичем и просить о помощи. Добился этого, и буквально в считанные минуты Игорь Васильевич положительно решил вопрос одним телефонным звонком тогдашнему министру здравоохранения Бурназяну². При этом он сказал слова, которые

² Аветик Игнатьевич Бурназян — один из основателей службы радиационной безопасности СССР. — Р.К.

я запомнил навсегда: “Вы взрослый человек и понимаете, что надеяться в этом случае трудно, но все-таки я желаю, чтобы вашей матушке это помогло”. Особенно меня тогда тронуло слово “матушка”, хотя это было сказано по-мужски сдержанно.

Рассказанное — это один из повседневных эпизодов нашей жизни, но именно в мелочах познается и проявляется характер человека, его отношение к окружающим. Наверное, каждый из близко знавших Бориса Васильевича, сам мог бы рассказать немало случаев поддержки с его стороны, а те, кто работал с ним бок о бок, конечно, лучше меня знают это. И мне кажется, что личность человека всегда отражается на его деятельности, чем бы он ни занимался.

В заключение не могу не вспомнить с глубокой признательностью, что благодаря энергичной поддержке Бориса Васильевича мне удалось в нелегких сложившихся тогда условиях закончить и успешно защитить в 1968 г. докторскую диссертацию. Память о Борисе Васильевиче до конца жизни будет в моем сердце.

Написано автором в мае 2004 г.

Подлинник. Автограф.

НА РЕДКОСТЬ ТАЛАНТЛИВЫЙ УЧЕНЫЙ И ЧЕЛОВЕК

После срочной службы матросом Балтийского флота, в составе которого я воевал, в 1951 г. я поступил на работу лаборантом в ЛИПАН, в горячую радиохимическую лабораторию (РХЛ), входившую в сектор Бориса Васильевича Курчатова.

Кроме обычной лаборантской работы мне приходилось оформлять документы на получение химических реактивов и оборудования, подписывать требования у Бориса Васильевича, т.к. лаборатория входила в его сектор.

Так с первых дней работы я познакомился с ним. Он внимательно расспросил меня о семейном положении, образовании. Узнав, что у меня незаконченное среднее образование, посоветовал поступить в вечернюю школу рабочей молодежи. Что я и сделал. При всех встречах он интересовался как идет у меня учеба, что изучал по химии? И много интересного добавлял к рассказанному мной.

Редко я заставлял Бориса Васильевича свободным — он или работал (сам руками) в лаборатории, или у него консультировались ученые — сотрудники Института.

Работая в своей лаборатории, я все время слышал от научных сотрудников: “так советовал Борис Васильевич”, “так говорил Борис Васильевич”, “так велел сделать Борис Васильевич”.

Фактически он руководил научной работой нашей горячей лаборатории, питал идеями сотрудников всего сектора. Подписывая требования, интересовался — почему я выписываю реактивы “ХЧ”² или “ЧДА”³, для чего они предназначены.

¹ Колотилин Андрей Емельянович — старший лаборант горячей радиохимической лаборатории (ГРХЛ) ИАЭ им. И.В.Курчатова в 1950-80 гг., участник ВОВ в рядах ВМФ. — Р.К.

² “ХЧ” — химически чистые.

³ “ЧДА” — чистые реактивы для анализа.

Когда я окончил среднюю школу, Борис Васильевич посоветовал мне поступить в вечерний институт. Я прислушался к нему и закончил Московский заочный политехнический институт по специальности “химик-технолог”.

Рабочий стол Бориса Васильевича всегда был завален научной литературой – журналами, книгами. Проходя вечером мимо главного здания, где работал Б.В., я смотрел на окно его кабинета – оно всегда светилось. Б.В. работал допоздна. Он всегда помогал нам материально – ссужал нас деньгами, выручал при различных житейских неурядицах.

Когда мы уезжали работать на “Маяк” (по заданию Игоря Васильевича), Б.В. подробно нас инструктировал по всем операциям проведения работы.

Мне очень повезло, что пришлось работать рядом с таким крупным ученым и настоящим Человеком. Он останется в моей памяти всегда как один из талантливых людей нашего поколения, и память о нем мы будем вечно хранить в наших сердцах.

В заключение можно определенно сказать, что таких людей, как Борис Васильевич Курчатov, Бог создает редко. Наша Россия должна гордиться такими людьми.

Написано автором в сентябре 2004 г.
Подлинник. Автограф.

ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ УЧЕНЫХ ИАЭ им. И.В.КУРЧАТОВА ПО ПРОБЛЕМЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ ПРОДУКТАМИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ (1952-1967)²

В предлагаемой статье изложены результаты исследований ученых ИАЭ им. И.В.Курчатова по проблеме зараженности биосферы искусственными радиоактивными продуктами. Наиболее интенсивно эти исследования проводились в 50-60-е годы в связи с изучением глобальных последствий испытаний атомного и водородного оружия. Работы ученых в этот период являются основой современного понимания проблемы последствий радиоактивного заражения биосферы и при авариях на предприятиях атомной промышленности, включая АЭС.

В работах по проблеме изучения радиоактивных продуктов ядерных взрывов, содержащихся в биосфере, принимал участие целый ряд организаций Государственного комитета по использованию атомной энергии, Министерства обороны, Академии наук СССР, Министерства высшего и среднего специального образования, Главного управления Гидрометеослужбы, Министерства здравоохранения. Однако основной вклад в решение указанной задачи (особенно на первом этапе) был внесен учеными Института атомной энергии им. И.В.Курчатова, о работах которых и будет рассказано в этой статье.

Работы по проблеме были начаты по инициативе В.А.Малышева³ в 1952 году. Руководство работами в Институте взял на себя И.В.Курчатов.

¹ Анатолий Георгиевич Зеленков – физик, д. ф.м.н., в 70-е гг. – заместитель директора ИАЭ имени И.В.Курчатова по научной работе, в 50-60-е гг. – м.н.с., с.н.с. в секторе № 3 Б.В.Курчатова. – Р.К.

² См. сб.: Курчатowski институт. История советского атомного проекта. РИЦ “Курчатowski институт”. М. 1996. Выпуск 7/96.С.69-75

³ Вячеслав Александрович Малышев в 1952 г. возглавлял Министерство Среднего машиностроения, одновременно являясь заместителем председателя Совета министров СССР. – Р.К.

Исследования были сразу начаты по двум направлениям. Под руководством академика И.К.Кикоина были организованы работы по созданию методики и средств сбора радиоактивных продуктов взрывов, а также по радиометрическим измерениям собранной активности. Под руководством крупного советского радиохимика Б.В.Курчатова в 1953 году были начаты исследования по радиохимическому и радиометрическому анализу состава продуктов взрывов, разработаны методики и проведены измерения зараженности долгоживущими продуктами деления воздуха, воды, почвы, основных продуктов питания, костей человека.

Первые анализы проб радиоактивных продуктов взрывов были осуществлены в ИАЭ в 1953 году. В 1954 году В.А.Давиденко были сделаны оценки вероятной зараженности атмосферы радиоактивными продуктами мощных термоядерных взрывов и оценен вклад ряда радиоактивных нуклидов продуктов деления: криптона-85, трития, бериллия-7, углерода-14, изотопов плутония.

В 1954 году были начаты систематические полеты самолетов на высотах 3–7 км с целью сбора радиоактивных продуктов с помощью заборников, специально разработанных в ЦАГИ под руководством И.К.Кикоина. Для сбора продуктов использовались фильтры Петрянова или хлопчатобумажная ткань (бязь). В этом же году совместно с Главным управлением Гидрометеослужбы была создана сеть наблюдения за выпадением радиоактивных продуктов взрывов, которая охватывала 120 пунктов. Радиоактивные пробы поступали в ИАЭ, где измерялась интенсивность излучения и определялась дата взрыва по спаду интенсивности во времени.

Летом 1954 года под руководством Д.Л.Симоненко была организована экспедиция в КНР. В это время США проводили на Маршалловых островах (о. Бикини) серию испытаний ядерного оружия, и основная часть радиоактивных продуктов этих испытаний, согласно метеорологическим картам, должна была переноситься в Китайскую Народную Республику. Задачами экспедиции являлись сбор продуктов взрывов с помощью специально оборудованных самолетов и оценка величины выпадений радиоактивных продуктов на территории КНР. Наиболее интенсивные из собранных проб направлялись в ИАЭ для проведения радиохимических анализов.

В результате радиометрического и радиохимического анализа было выяснено, что самолетные фильтры содержали, как правило, значительную часть долгоживущих продуктов от предыдущих взрывов. Поэтому в 1954 году И.В.Курчатov поставил задачу создания самолетного индикатора радиоактивных облаков. В 1955 году такой детектор был разработан В.К.Войтовецким,

А.А.Марковым, С.А.Барановым и Г.Н.Софиевым⁴ на основе метода задержанных во времени совпадений, с помощью которого измерялась интенсивность гамма-лучей, идущих в каскаде. Были созданы три такие детектирующие системы, и с их помощью обнаруживали радиоактивные облака через 7–10 дней после взрыва при уровне активности выше 3% естественной.

В 1958 году Д.Л.Симоненко и Ю.И.Щербина⁵ разработали другой самолетный детектор, который обнаруживал радиоактивные облака взрывов по соотношению интенсивности бета- и альфа-излучения радиоактивных продуктов, собранных фильтрующей воздух установкой. При уровне естественной активности 10^{-14} – 10^{-15} Ки индикатор обнаруживал радиоактивные продукты взрывов, составлявшие более 20% естественной активности.

Еще ранее, в 1952–1954 годы, Б.В.Курчатовым, Г.Н.Яковлевым, Л.В.Чистяковым, В.А.Пчелиным и В.М.Шубко⁶ были разработаны радиохимические методы выделения большого числа радиоактивных продуктов взрывов из воздушных фильтров, планшетных проб и проб почвы. С.А.Барановым, Р.М.Полевым, А.Г.Зеленковым, В.К.Войтовецким, Ю.П.Любавиным, Г.Р.Гольбеком и Ю.Ф.Родионовым⁷ был создан ряд высокочувствительных установок для измерения интенсивности и спектров бета-, гамма- и альфа-излучения:

- 4π-счетчик бета-лучей для градуировки установок, измеряющих интенсивность бета-излучения весовых проб;
- ионизационная камера с сеткой для измерения спектров альфа-излучения препаратов урана и плутония;
- сцинтилляционный гамма-спектрометр для определения содержания урана-237 и бериллия-7.

В 1954–1955 годах на основе исследований вышеназванных сотрудников ИАЭ, а также В.Х.Волкова, Д.Л.Симоненко, В.С.Обухова, Л.Б.Палая, З.Г.Пилюгиной, А.А.Маркова, Г.Н.Софиева, Е.В. Марченко⁸ и других был сделан ряд важных заключений о закономерностях распространения продуктов взрывов в земной атмосфере.

⁴ Виктор Константинович Войтовецкий – физик, д.ф.м.н.; Александр Алексеевич Марков – физик, к.ф.м.н.; Сергей Александрович Баранов – физик, д.ф.м.н.; Георгий Николаевич Софиев – физик, к.ф.м.н. – сотрудники ОЯФ ЛИПАН. – Р.К.

^{5–7} Все сотрудники ОЯФ ЛИПАН. – Р.К.

⁸ Василий Христинич Волков, Данила Лукич Симоненко, Владимир Степанович Обухов, Лев Борисович Палей, Зинаида Григорьевна Пилюгина – все сотрудники ОПТК – отдела И.К.Кикоина. – Р.К.

Было показано, что перенос радиоактивных продуктов в тропосфере коррелирует с полем ветров. Скорость переноса составляла около 2000 км/сут. Были установлены факты повторного прохождения радиоактивных облаков над одними и теми же пунктами (через месяц), которые свидетельствовали о сравнительно медленном перемешивании воздушных масс. Основная часть выпадений продуктов взрывов приходилась на широтный пояс 10°, охватывающий район ядерных испытаний.

В 1954 году В.К. Войтовецким и Ю.П. Любавиным были проведены систематические измерения содержания в воздушных пробах бериллия-7. Было показано, что его содержание не коррелирует с продуктами деления и, по-видимому, объясняется образованием бериллия-7 в результате взаимодействия космических лучей с атмосферой. Оценки этих процессов были выполнены в том же году Я.А. Смородинским⁹.

В результате анализа спада активности воздушных проб по времени, а также по соотношению изотопов церия-144 и церия-141 и изотопов рутения-106 и рутения-103 Б.В. Курчатовым и А.Г. Зеленковым был установлен факт длительного существования долгоживущих продуктов взрывов в земной атмосфере.

Весной 1955 года был обнаружен так называемый весенний сезонный максимум интенсивности выпадений долгоживущих продуктов взрывов. В 1955–1960 годы продолжались систематические измерения концентрации радиоактивных продуктов в воздухе и их выпадений на почву. Во время моратория на ядерные испытания (1959–1960) было подтверждено существование весеннего максимума стратосферных выпадений и установлено различие сезонных неравномерностей выпадений в двух широтных поясах (60–70° и 25–40° северной широты). Было показано также, что радиоактивные выпадения слабо связаны с количеством атмосферных осадков.

В 1956–1961 годах Б.В. Курчатовым, П.М. Чулковым, Л.Н. Курчатовой, Н.И. Борисовой, В.И. Новгородцевой, Р.М. Полевым, В.А. Пчелиным и В.М. Шубко¹⁰, были разработаны чувствительные методы и проведены многочисленные измерения концентрации радиоактивного стронция-90 в атмосфере, почве, продуктах питания и костях человека.

В 1958 году стало ясно, что основная доля продуктов мощных термоядерных взрывов забрасывается в стратосферу на высоты более 20 км и глобальное заражение Земли продуктами ядерных испытаний определяется закономерностями их распространения в стратосфере и сравнительно медленного выведения в тропосферу.

⁹ Яков Абрамович Смородинский – сотрудник ОПТК – отдела И.К. Кикоина. – Р.К.

Для изучения глобальных выпадений необходимо было охватить большую часть земной поверхности в меридиональном направлении. Поэтому в 1958 году И.В.Курчатов предложил организовать серию морских научных экспедиций. Первую подобную экспедицию на исследовательском судне “Витязь” возглавил В.Н.Лавренчик.

В течение 1958–1963 годов сотрудниками ИАЭ под руководством В.Н.Лавренчика, А.Г.Зеленкова и Р.М.Полевого¹¹ было предпринято в общей сложности 12 подобных экспедиций на исследовательских судах Академии наук и Главного управления Гидрометеослужбы. Они охватили обширные акватории Тихого, Индийского и Атлантического океанов от 72° северной широты до 70° южной широты. Основные результаты этих работ были представлены на III Женевскую конференцию по мирному использованию атомной энергии в 1964 году.

Забор проб проводился с помощью фильтрующих воздух установок. Определялись концентрации долгоживущей искусственной активности, а также отдельных нуклидов: стронция-90, цезия-137, церия-141 и -144, циркония-95, рутения-130, -106. В некоторых рейсах измерялись и концентрации естественных радиоактивных продуктов: бериллия-7, радона и торона. Проводилось сопоставление данных об активности воздуха с результатами метеорологического радиозондирования.

А.Г.Зеленковым и В.А.Пчелиным было установлено существование корреляции между уровнями радиоактивности в приводном слое и давлением воздуха. Обнаружено сравнительно устойчивое широтное распределение долгоживущих продуктов взрывов, характеризующееся наличием минимума в экваториальном районе и максимумами в области 30–40° северной и южной широт. Было показано, что экваториальный минимум активности соответствует области расположения изолированных воздушных масс, выделяемых на метеорологическом разрезе псевдопотенциальной температуры.

На основе анализа многочисленных широтных распределений продуктов взрывов В.Н.Лавренчиком был сделан вывод о сравнительно медленном воздушном обмене между северным и южным полушариями Земли.

^{10–11} Петр Михайлович Чулков, Людмила Никифоровна Курчатова, Нина Ивановна Борисова, Вера Ивановна Новгородцева, Рутений Михайлович Полевой, Виктор Александрович Пчелин, Владимир Николаевич Лавренчик – все сотрудники с-3 Б.В.Курчатова. - Р.К.

Центральным вопросом являлось непосредственное изучение распространения продуктов взрывов в стратосфере. С этой целью А.Г.Зеленковым, Г.Н.Софиевым и В.Ф.Борисенко (ДВНИГМИ) летом 1962 года были приняты систематические измерения концентрации продуктов взрывов в стратосфере экваториального района Тихого океана с помощью радиозондов, предназначенных для изучения космических лучей. Анализ результатов позволил оценить коэффициенты крупномасштабной турбулентной диффузии в экваториальной стратосфере: $K_x = 10^{10}$ см²/с, $K_y = (3+4)10^9$ см²/с.

А.Г.Зеленковым, Г.Н.Софиевым, Е.А.Мелешко, В.А.Смолиным (СНИИП) и В.Ф.Борисенко (ДВНИГМИ)¹² в 1962–1963 годах был разработан специальный гамма-спектрометрический радиозонд и весной 1963 года проведены систематические измерения концентрации радиоактивных продуктов в верхних слоях атмосферы (до 30 км) вдоль меридиана 180° между 48° северной широты и 41° южной широты. Результаты измерений позволили оценить общее количество продуктов деления в атмосфере в результате советских ядерных испытаний осенью 1962 года. Сопоставление полученных результатов с данными метеорологического радиозондирования обнаружило корреляцию между распределением продуктов взрывов в стратосфере и полем ветров. Было показано также, что поступление радиоактивных продуктов из стратосферы в тропосферу определяется в основном адиабатическим переносом воздушных масс, выделяемым на распределении потенциальной температуры. Наиболее интенсивный обмен наблюдался над Японией в районе 25–35° северной широты – в области разрыва тропопаузы и северной периферии субтропического струйного течения северного полушария.

Д.Л.Симоненко, Л.Б.Палеем и Ю.И.Щербиной¹³ в 1961–1966 годах была разработана чувствительная методика и проведены измерения концентраций газообразных продуктов: двуокиси углерода-14 и криптона-85. Во время морских экспедиций 1961–1962 годов был осуществлен забор проб радиоуглерода над Атлантическим океаном.

В 1964–1966 годах были предприняты систематические измерения концентраций криптона-85. На основе измерений концентраций криптона-85 в старых осветительных лампах было показано ее возрастание с 1951 по 1958 год с $4,3 \cdot 10^{-10}$ до $3,7 \cdot 10^{-9}$ Ки/л. Результаты измерений в 1964–1966 годах обнаружили неуклонное возрастание концентрации до $1,2 \cdot 10^{-8}$ Ки/л к 1966 году.

¹² В.А.Смолин – сотрудник СНИИП, В.Ф.Борисенко – сотрудник ДВНИГМИ. – Р.К.

¹³ Юрий Иванович Щербина – сотрудник ОПТК – отдела И.К.Кикоина. – Р.К.

Наблюдаемый рост концентрации позволил сделать оценку масштабов производства плутония, которая соответствует ядерному расщеплению примерно 13 т урана-235 в год.

Одним из заключительных этапов исследований ученых ИАЭ по проблеме ядерных взрывов явилось издание в 1964 году “Практического руководства по контролю искусственной радиоактивности в биосфере” под редакцией Б.В.Курчатова и Д.Л.Симоненко.

Перечисленные исследования наряду с работами многих других ученых Советского Союза, США, Великобритании и Франции позволили добиться запрещения испытаний атомного оружия в атмосфере и дают возможность надеяться на принятие решения о полном запрещении ядерных испытаний.

В заключение хочется напомнить выдержку из предисловия академика И.В.Курчатова к брошюре “Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия”, изданной в 1959 году: “Испытания атомного и водородного оружия, помимо того, что они держат мир в постоянной тревоге, как предвестник возможных грядущих атомных войн, приносят, а в дальнейшем в еще большей степени будут приносить вред здоровью людей. Расчеты показывают, что если и впредь испытания атомного оружия будут продолжаться в том же темпе, как сейчас, то вследствие выпадения на поверхность земли образующихся при взрыве и распространяющихся по всему земному шару радиоактивных изотопов стронция, цезия и углерода в будущем в каждом поколении будет поражено наследственными заболеваниями несколько миллионов человек”.



За обсуждением проекта памятника академику И.В.Курчатову. Слева направо: А.П.Александров, Ю.Рукавишников, А.Г.Зеленков, Б.В.Курчатов, Ю.В.Адамчук и Л.М.Макаров. Москва. [1960-е гг.]



На митинге у здания “Монтажных мастерских” 25.12.71 в день 25-летия со дня пуска реактора Ф-1 в лаборатории № 2. Выступает министр Е.П.Славский, справа Б.В.Курчатов, А.К.Кондратьев, А.И.Чурин, слева – М.Д.Миллионщиков, М.Г.Первухин, И.И.Гуревич.



Курчатовцы вспоминают Игоря Васильевича. В здании № 101 института.
На верхнем снимке в первом ряду: Б.В.Курчатов и Н.Ф.Правдюк. На нижнем снимке
справа в третьем ряду: С.А.Баранов, Б.В.Курчатов, В.С.Фурсов, Н.Ф.Правдюк,
А.Р.Стриганов и др.

Б.В.КУРЧАТОВ И ИМПУЛЬСНЫЙ ГРАФИТОВЫЙ РЕАКТОР

Широко известны многочисленные работы Бориса Васильевича Курчатова и его сотрудников по радиохимии. Начатые в начале сороковых годов прошлого столетия пионерские работы по накоплению, выделению, идентификации и исследованиям ядерных свойств трансурановых элементов и продуктов деления вылились в разработку совместно с другими институтами технологии производства промышленными предприятиями делящихся материалов. Вся последующая деятельность Бориса Васильевича связана с участием в решении различных научно-технических проблем ядерной энергетики.

В своей многолетней работе в институте мне приходилось неоднократно обращаться к Борису Васильевичу Курчакову с просьбой выполнить потребности для нас химические исследования. И каждый раз получали горячий отклик. Со своими сотрудниками и нашими помощниками он своевременно и качественно выполнял просьбу. Не всегда эти просьбы могли вызвать глубокий научный интерес. Некоторые исследования имели прикладной характер, но были крайне важны для выполнения всей проводимой работы.

Борис Васильевич при обращении к нему всегда сначала подробно интересовался целью, значением и содержанием всей работы, проявлял удивительную научную любознательность и хорошее понимание обсуждаемой проблемы, хотя до этого она ему была неизвестна. Затем переходил к обсуждению поручаемой ему работы. В заключение обговаривались условия выполнения работы, степень нашего участия в ней, сроки и другие вопросы. Поручив работу сотрудникам своего сектора, он фактически оставался руководителем ее, непосредственно участвуя в ее выполнении.

Из ряда выполненных для нас работ остановлюсь на двух, имеющих крайне важное значение для обеспечения срочного выполнения Правительственных заданий.

¹ Виктор Михайлович Талызин – физик-ядерщик, к.ф.м.н., в ЛИПАН – РНЦ Курчатова институте с 1952 по 2005 гг. – начальник сектора, ведущий научный сотрудник; участник разработки реакторов ИГР, ИВГ, ИИН и исследований на них. – Р.К.

В 1958 г. по инициативе Игоря Васильевича Курчатова вышло Правительственное постановление о сооружении в кратчайший срок высокопоточного импульсного реактора для изучения физических процессов при быстрых нарастаниях мощности в атомных реакторах. Обеспечить требуемый поток нейтронов в импульсе можно было только при использовании активной зоны, собранной из графитовых блоков, пропитанных ураном. Такая конструкция активной зоны в мировой практике реакторостроения не применялась, и метод пропитки графита ураном не был известен.

Перед Б.В. Курчатовым была поставлена задача срочно разработать заводскую технологию равномерной пропитки графитовых блоков $100 \times 100 \times 150$ мм³ ураном. Б.В. Курчатовым и П.М. Чулковым² был предложен, экспериментально отработан и внедрен на заводе (г. Электросталь) метод пропитки графитовых блоков ураном. Каждый блок из приблизительно 2 тысяч после пропитки подвергался на реакторе Ф-1 контролю однородности распределения урана. Результаты удовлетворяли техническим требованиям.

Вот уже свыше 40 лет успешно работает Импульсный Графитовый Реактор (ИГР), самый мощный импульсный реактор в мире. За эти годы на нем выполнено большое количество важных научных работ, результаты которых доложены на многих международных конференциях и высоко оценены. В настоящее время реактор ИГР принадлежит Казахской республике (реактор расположен на бывшем Семипалатинском полигоне), на нем проводятся совместные исследования Японией и Казахской республикой.

Безотказная работа реактора с обеспечением требуемых режимов во многом обусловлена качественной пропиткой графитовых блоков ураном.

В 1962 г. после заключения международного соглашения о запрещении испытаний ядерного оружия возникла необходимость в установках, радиоактивные излучения которых по своим характеристикам близки к излучению ядерного взрыва. Использование таких установок позволяло продолжить и расширить изучение воздействия радиации взрыва на аппаратуру, биологические и другие объекты.

Институту атомной энергии им. И.В. Курчатова было поручено срочно создать несколько импульсных реакторов для этих целей и обеспечить ими головные институты и предприятия для проведения необходимых научных исследований и контроля производственной продукции.

² Петр Михайлович Чулков – См. с. 267

Предварительные проработки показали, что лучшим реактором для этих целей будет реактор, активная зона которого состоит из водного уранил-сульфата. Однако в стране необходимого количества уранил-сульфата не было, и изготовить его на промышленных предприятиях в сжатые сроки не представлялось возможным. Пришлось обращаться к Борису Васильевичу Курчатову за помощью. Он, как всегда, помог. Группа сотрудников во главе с Хлебниковым Г.И. в сжатые сроки приготовила из уранил-нитрата водный раствор уранил-сульфата для первых двух реакторов. Для остальных реакторов по разработанной технической документации раствор изготовлялся на комбинате “Маяк” и УМК (г. Усть-Каменогорск).

Общение с Борисом Васильевичем каждый раз приносило большое удовлетворение. Поражали его высокая квалификация и эрудиция, глубокий интерес к работам других сотрудников института. Его добросовестность внушала уверенность в своевременное и качественное выполнение наших “заказов” работы. Простота в обращении и доброжелательность делали приятным разговоры с ним. При этом интерес его к собеседнику не ограничивался только служебными вопросами. Разговор часто переходил на житейские темы.

Бывший нач. сектора
ИАЭ им. И.В. Курчатова

Талызин Виктор Михайлович

Написано автором в октябре 2004 г.
Подлинник.

МНОГОЕ, ЧТО МЫ ВНЕДРЯЛИ, БЫЛО СДЕЛАНО ПОД РУКОВОДСТВОМ Б.В.КУРЧАТОВА

По распределению я был направлен в ИАЭ имени И.В.Курчатова (в то время в так называемую Лабораторию № 2 Академии Наук СССР) в 1952 г. после окончания радиохимического спецотделения химического факультета Ленинградского госуниверситета. Преподавателями в Ленгосуниверситете у нас были не только доценты и профессора химфака, но и ученые Радиевого института имени В.Г. Хлопина.

Курчатов Б.В. был начальником сектора № 3 Отдела оптических приборов, я попал в другое подразделение.

Несмотря на отличную радиохимическую подготовку с первых же дней мне пришлось обращаться к Борису Васильевичу за помощью в консультациях, в просьбе химических реактивов и оборудования для вновь создаваемой небольшой химической лаборатории. Следует отметить, что реактивы в секторе № 3 были не только отечественные, но и иностранного производства, и я не помню случая, чтобы какого-либо реактива не оказалось.

Борис Васильевич встречал просто и исключительно доброжелательно и всегда оказывал необходимую помощь советами, делился реактивами и оборудованием. Иногда приглашал к себе домой для более обстоятельной беседы и знакомства с химической литературой по той или иной теме.

Отличительной чертой Б.В. являлось и то, что он сам разрабатывал радиохимические методики анализа и контроля, а затем передавал их в практику для широкого использования. У него помимо кабинета было и отдельное рабочее место в лаборатории, где он своими руками доводил разработки до совершенства. Недаром при преобразовании секторов его сектор № 3 получил название “Лаборатория прецизионных измерений”, где кроме радиохимии

¹ Василий Андреевич Сысоев – радиохимик, с.н.с., руководитель радиохимической группы в отделе радиационной безопасности ЛИПАН – Курчатовского института в 1950-1980-е гг. – Р.К.

занимались абсолютными измерениями альфа-, бета- излучающими изотопами и гамма- спектрометрическим анализом.

В дальнейшем с развитием атомной энергетики радиохимические и радиометрические методы были нами внедрены для контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов активных зон ядерных реакторов атомных электростанций не только отечественных, но и зарубежных: АЭС “Козлодуй” в Болгарии, “Пакш” в Венгрии, “Богунице” в Чехословакии, “Райнсберг” и “Норд” в Германской демократической республике. На АЭС в составе химических цехов были организованы Радиохимические лаборатории и отдельно лаборатории внешней дозиметрии и радиометрии для контроля окружающей среды с точки зрения загрязнения радиоактивными изотопами. Эти лаборатории использовали радиохимические и радиометрические методики, начало разработке которых было положено в секторе № 3 под руководством Курчатова Б.В.

Подобные лаборатории были созданы на всех судостроительных заводах, а также на всех военно-морских базах Северного и Тихоокеанского флотов. Но прежде, чем внедрять методики на реальных объектах, они доводились до совершенства на испытаниях тепловыделяющих элементов в реакторных петлях МР (объекта № 37) Института атомной энергии, на испытаниях активных зон в г. Обнинске, научно-исследовательском Технологическом институте в г. Сосновый Бор Ленинградской области.

Хотел бы особо отметить, что работа братьев – великого физика Курчатова Игоря Васильевича и выдающегося радиохимика Курчатова Бориса Васильевича позволила по сравнению с США, сократить время между пуском первого реактора Ф-1 на территории Института атомной энергии и созданием и испытанием атомной бомбы. Это позволило создать нашему государству ядерный щит и закрыться им от нападения, обеспечивая мирную жизнь наших граждан.

Написано автором в январе 2005 г.

Подлинник. Автограф.

“КАРТИНКИ” ИЗ ЖИЗНИ Б.В.

В период Отечественной войны и после нее ежегодно проводилась добровольная подписка всех работающих сотрудников на Государственный заем для восстановления народного хозяйства СССР. На самом деле подписка была принудительной и доходила до двух месячных зарплат. Партком называл конкретную сумму, на которую должно было подписаться подразделение Института (в нашем случае сектор – 3). Эта процедура не была безболезненной и зачастую сопровождалась слезами (женской части коллектива). Б.В. для разрешения проблемы просил подписаться на приемлемую для каждого сумму, а все, что было сверх того, брал на себя. Сотрудники были довольны, а партком удовлетворен выполнением плана.

Первые годы радиохимические работы в секторе-3 выполнялись в обычных деревянных химических шкафах. Столешница была покрыта керамической плиткой. Как-то Б.В. раздобыл дефицитный и весьма качественный тунговый лак. Пригласили из столярной мастерской специалиста высокой квалификации и Борис Васильевич попросил его промазать 5-6 раз все деревянные части шкафа. Говорун-мастер с явно вологодским акцентом заявил, что ему оплачивают не за количество “намозюкиваний”, а за площадь покрытий. Тут был тонкий намек, который Б.В. не понял.

Б.В. поинтересовался, сколько он получает за день работы. “Всяко рублей сто!” “На тебе 200, только сделай как прошу”. С непосредственностью простого человека маляр сказал: “Что Вы, Б.В., одурели что ли? Предлагаете мне деньги. Вы лучше налейте мне спиртику!” К такой расплате Борис Васильевич не привык. Положил на стол ключ от сейфа и попросил меня заняться этой проблемой. Инцидент был исчерпан.

Сектор - 3 по своему составу в основном был женским. Для мужской половины день 8 марта поэтому был “разорительным”. Надо было заготовить

¹ Виталий Михайлович Шубко – химик, к.х.н. в секторе-3.

открытки, цветы, подарки. Но находилась и здесь палочка-выручалочка. Все сборы начинались с Бориса Васильевича. Внесенная им сумма позволяла охватывать остальных мужчин сектора весьма скромной цифрой. Чествование женщин проходило весело и интересно.

По Главному зданию и за его пределами между любителями выпить ходила молва, что если хочется выпить, а денег нет, то приходи к Б.В. и попроси в долг. Но при этом сочини заранее легенду, что жена больна или дети голодные и очень необходимы деньги. Как-то вышел из кабинета очередной клиент и Б.В. спросил меня, как фамилия и имя вышедшего человека. Оказывается, он поинтересовался этим, чтобы записать его в свою записную книжку. Я посоветовал ему не раздавать любителям выпивки деньги. Он изложил по этому поводу свою теорию. Если человек пришел, значит, его нужда привела. Сказать, что у меня нет денег — значит сказать неправду. А этого, как говорится, воспитание не позволяет. Как-то приходит на работу Б.В. и говорит, что прощает всем, кто ему должен — потерял записную книжку, а на память не помнит, кому и сколько давал.

В период проведения исследований содержания радиоактивного стронция в атмосфере, почве, продуктах питания и костях человека (1956-63 гг.) приходилось отделять стронций от кальция. Для этого использовалась дымящая азотная кислота. Отходов собралось 14 двадцатилитровых бутылей. Раствор не активный, но агрессивная среда. Долго Б.В. думал, куда его девать. Варианты были такие: или слить в речку за чертой города, или закопать в землю где-нибудь на опушке леса. Сказал, что утро вечера мудренее и назавтра решил покончить с этой проблемой. А на деле вечер оказался мудрее. Сотрудница сектора-3 Еремичева Александра Михайловна увидела грузчика Гришу из Главного здания и за 150 г. спирта попросила его вырыть глубокую яму в земле около финского домика сектора-3, что был напротив оранжереи. Ею же она попросила вылить в яму всю кислоту. Так просто разрешилась проблема, которая не один месяц не давала покоя Борису Васильевичу.

Правда, через пару месяцев перед домиком забил гейзер — фонтан горячей воды. Оказалось, что поблизости от ямы проходила теплотрасса. Ликвидируя аварию, экскаватор извлек из земли неразорвавшийся снаряд. Зам. начальника отдела Королевич Ю.Б. огородил территорию и вызвал саперов. В ожидании их приезда сели сыграть в домике в домино. Через какое-то время вышли, а снаряда нет! Поднялся переполох. Но оказалось, что за это время приехали саперы и увезли снаряд. А мы лишний раз убедились в мудрости русской пословицы: “Нету худа без добра!”

Борис Васильевич проводил капитальный ремонт своей квартиры. Ему не нравилось оклеивать стены обоями, а маляры проводили покраску стен с “накатом”. Каждая комната имела свой цвет. Рабочий кабинет покрасили в сочный зеленый цвет. Борис Васильевич поинтересовался, откуда мастера взяли краску. Оказалось, то из оранжереи на территории Института. Там эта краска использовалась для борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Маляры рассказали, что давно используют эту чудостойкую краску и отремонтировали десятки квартир. Отзывы клиентов – наивысшие (не блекнет и не выгорит годами)! Борис Васильевич соскоблил со стены немного окраски, принес в лабораторию и попросил меня проверить ее на мышьяк. Я ее растворил в концентрированной соляной кислоте и через раствор пропустил сероводород. Выпал густой изумительный по цвету осадок пятисернистого мышьяка. Естественно, за свой счет Б.В. попросил смыть всю краску и перекрасить стены экологически чистой краской. Молва об этом облетела быстро по всему Институту. Десятки людей обращались к нам в лабораторию с просьбой провести анализ. Практически всем пришлось ликвидировать в квартирах мышьяковое загрязнение. Как-то по служебным делам я зашел в архивные помещения первого отдела в подвале Главного здания. Я увидел красивые зеленые стены. Несколько лет сотрудники архива жили в атмосфере мышьяка. За несколько дней краска была смыта и стены перекрашены.

В течение первых 15-20 лет основной задачей сектора-3 было определение параметров отечественных и иностранных ядерных изделий. Для этого аэрозольные пробы переводили в истинный раствор, добавляли носители реперных элементов, проводили их выделение и радиохимическую очистку. Борис Васильевич зашел как-то в одну из комнат лаборатории и увидел какую-то неопределенность на лицах Курчатовой Людмилы Никифоровны и Борисовой Нины Ивановны. “Какая, – спрашивает, – проблема?” А те отвечают, что носителей десять, а черточек одиннадцать. “Каких черточек?!” А мы, говорят, берем носитель и ставим в журнале черточку. “На морде бы ставили себе черточки!” Вылил этот раствор и заставил приготовить новый, записывая в журнал вместо черточек индекс элемента.

При подсчете результатов радиохимических анализов используют так называемый химический выход выделенных элементов. И когда по каким-либо причинам приходится перепроверять результаты, оценивается и правильность химического выхода. Сотрудники в своих рабочих записях нередко ставили значение химического выхода, не приводя результата взвешивания мишени на аналитических весах. Борис Васильевич завел тетрадь для этих записей и привязал ее к ножке весов. Надо было записать дату, время, кто взвешивал,

что взвешивал и результат взвешивания. Как-то я сделал запись от имени Пчелина В.А. Все описал, расписался, но сделал приписку, что не помню, что взвешивал. Через несколько дней Б.В. просматривал записи и возмущился таким отношением к делу. Пчелин В.А. затаил обиду и решил “отомстить”. Звонит Б.В. и просит позвать к телефону меня. Пчелин В.А. попросил его подождать и позвонить через час. “А где он?” – “В туалете!” “Это что же получается?! Столько рабочего времени пропадает!”

Счет стал 1:1

В Институт пришла телефонограмма, что очередную полигонную пробу доставят самолетом в аэропорт “Быково”. Борис Васильевич организовал группу из 4-х человек и попросил возглавить эту процедуру меня. Приехали мы к назначенному часу на спецмашине. Непонятно, как разыскивать самолет. Пошел я в режимный отдел и доложил ситуацию. Там развели руками и сказали, что ничего не знают. Попросили подождать. Часа 4 мы прождали. Неясность полная! Я позвонил Б.В. и доложил ситуацию. Он посоветовал ждать до победного конца. При этом поинтересовался, голодные ли мы? Попросил сброситься деньгами и пообедать в ресторане. В еде просил не ограничивать себя и выпить по бутылке пива. Сказал, что по приезде оплатит расходы. Мы съели по рыбной солянке, по шашлыку и запили пивом. Режимный отдел, по-прежнему, ничем помочь нам не мог. Положение такое, хоть бери обрез! И тут мы увидели летчиков, которые ходили по рядам публики и спрашивали, не ждет ли их кто? Оказалось, что они провели в ожидании встречи часов пять! Перегрузили мы груз и наш дозиметрист – Шишкин Геннадий Владимирович – по случайности вошел в кабину самолета. Там прибор мгновенно зашкалил. “Светили” десятки приборов со светящимися циферблатами, содержащими радиоизотоп тория. Эти измерения послужили сигналом к изъятию из авиации светящихся циферблатов, содержащих радиоактивность.

В 1961 г. в секторе-3 появился молодой лаборант Слонов Николай Дмитриевич. Ему было всего лишь 17 лет. Паренек был смекалистый и любознательный. Быстро освоился с обязанностями лаборанта-физика. Был награжден орденом “Трудовой Славы” 3 степени. Пришло время и Николай Дмитриевич решил обзавестись семьей. Борис Васильевич попросил сотрудницу нарисовать двух целующихся голубей и вручил в конверте эту картинку любимому лаборанту. В качестве приложения вложил в конверт 2 самые крупные денежные купюры. Николай Дмитриевич хранит эту картинку, как самый дорогой сувенир. Недавно отметил свое 60-летие.



Наш Б.В. и мы в начале 1950-х гг.
Слева направо: Л.Н.Курчатова,
В.М.Шубко,... Фото Б.В.Курчатова



Отличительной чертой характера Б.В. была необыкновенная работоспособность. Его рабочий день начинался в 9 утра и заканчивался, как правило, в 11-12 часов ночи. Такой же трудовой ритм был и у мужской половины сектора-3. Женщины, естественно, стремились уйти с работы пораньше: семья, дети. Но и они задерживались все равно на 1-2 часа. И, отработав больше положенного, уходя, старались не попадаться на глаза начальству. Потому что неизбежно следовал вопрос: “Вы что, объявили уже шабаш?”

Лет за 7 до своей кончины Б.В. почувствовал себя весьма неважно. Пару месяцев провел в больнице №6. При нем в палате находилась и жена. Ведущие специалисты – академики объясняли его недуг ослабленным сердцем. Почти год Б.В. не ходил на работу; заметно ослабло его внимание к любимой науке. Сотрудникам было непривычно пусто, чего-то не хватало.

Однажды к его соседу по площадке – Франк-Каменецкому Д.А. – пришел мудрый пожилой лекарь – еврей, не имеющий званий и степеней. Дмитрий Альбертович² попросил его осмотреть Бориса Васильевича. И он сделал то, чего не смогли сделать светила-академики. Поставил правильно диагноз. Очень внимательно выслушав о симптомах протекания болезни, врач сказал, что причиной его недомогания является не слабость сердечной деятельности (которая присутствовала в явной форме), а его единственная почка, которая отравляла организм. Доктор посоветовал достать труднодоступное лекарство из ФРГ.

А за неделю до этого мой товарищ, работавший в охране высшего руководства страны, сказал, что он может обеспечить получение любого лекарства, но при наличии рецепта. Я рассказал Б.В. и он приобрел необходимую дозу этого лекарства. Это позволило Б.В. восстановить свой обычный ритм жизни и в течение нескольких лет он работал еще много, с прежним напряжением и плодотворно.

Написано в сентябре 2004 г.
Подлинник. Автограф.

² Давид Альбертович Франк-Каменецкий – физик-теоретик, д.ф.м.н., профессор. – Р.К.

МУДРЫЙ, СКРОМНЫЙ, СМЕЛЫЙ Б.В.

Наша лаборатория, лаборатория Г.Н. Яковлева, входила в состав Третьего сектора, которым руководил БВ. Однако территориально мы были разобщены. Наше здание располагалось примерно в полукилометре от Главного, где находилась его лаборатория и кабинет, и поэтому общаться с руководством, к сожалению, приходилось не часто. Тем не менее, в силу своей незаурядности, БВ оставил настолько сильное впечатление, что я до сих пор в любой момент могу явственно представить его немного сутулого в белом лабораторном халате, с пробиркой в руке, роющим в барахольном ящике в поисках капилляра или стеклянной палочки. При этом слышу его тихий, немного скрипучий голос, которым он что-то объясняет Виктору Пчелину, или язвительно ворчит на Виталия Шубко или вдруг громко кричит: “Леопольд!”, подзывая Л.В. Чистякова из соседней комнаты к телефону. И вижу его взгляд поверх интеллигентных старорежимных с овальными стеклами очков на переносице, устремленный на вход в ожидании подзываемого.

Химия деления

Такое понятие, как “Физика деления” хорошо знакомо всем ядерщикам, тогда как – “Химия деления” большинству покажется даже абсурдным. Так вот Борис Васильевич занимался именно “Химией деления”. Конечно, имея в виду не химические взаимодействия делящихся ядер, а использование химических методов анализа для идентификации и определения выхода продуктов деления. Это весьма трудоемкий путь, но зато – самый надежный. Он использовался с самого начала, с момента открытия деления урана под действием нейтронов. Не случайно первооткрывателями такого исторически важного физического явления, как деление урана, были химики. И Отто Ган² и

¹ Валентин Николаевич Косяков – радиохимик, д.х.н., в ЛИПАН – Курчатовском институте с 1952 г. В настоящее время заведующий лабораторией электрохимии радиоизотопов. Лауреат государственной премии. – Р.К.

² Отто Ган – немецкий радиохимик и физик, член Берлинской академии наук. – Р.К.

Фриц Штрассман³ и Лиза Мейтнер⁴ были химиками и облучали уран нейтронами, пытаясь получить элементы, стоящие в периодической таблице за ураном. В то время, когда специальной физической аппаратуры еще не существовало, метод химического анализа продуктов деления наилучшим образом подходил для изучения процесса деления.



Во многом трудами Б.В. была проложена дорога к международному сотрудничеству. В.Н.Косяков и Г.Сиборг (в центре) на Второй Женевской конференции в 1958 г. Слева В.М.Вдовенко – директор РИАН, справа от Сиборга – Г.Н.Яковлев (с-3 ИАЭ), третий слева С.Томпсон (США).

Однако заниматься “химией деления” далеко не всем было по силам. Во всем мире тогда насчитывалось, наверное, не больше четырех таких лабораторий и одна из них – лаборатория Б.В. в Третьем секторе нашего института.

³ Фриц Штрассман – немецкий химик и физик. – Р.К.

⁴ Лиза Мейтнер – австрийский физик и радиохимик. – Р.К.

Чтобы получить двугорбую кривую выхода осколков деления методами радиохимического анализа, нужно было прежде всего иметь высочайшую квалификацию химика — аналитика, и не в какой-то узкой области элементов, а практически по всей Периодической таблице Менделеева. Кроме того здесь требовались глубокие знания в области ядерной физики. Для выяснения закономерностей процесса деления необходимо было проследить за тончайшими изменениями в характере этих кривых в зависимости от структуры делящегося ядра и энергии нейтронов и других частиц, участвующих в делении. Для построения полной кривой выхода продуктов деления приходилось идентифицировать до 60 радионуклидов от германия до лютеция. Проводились многие десятки экспериментов с разнообразными ядрами, в основном с не существующими в природе, а получаемыми с помощью институтского реактора или дубненского ускорителя. В институте работы велись совместно с физиками лаборатории Б.М.Гохберга⁵, в Дубне — с лабораторией ядерных проблем, руководимой В.П.Джелеповым⁶. Да и весь Третий сектор, которым руководил БВ, являл собой блестящий пример плодотворного сотрудничества радиохимиков, физиков-ядерщиков и специалистов в области радио- и оптической спектроскопии, а также электроники. Это позволяло не только получать первыми в Советском Союзе искусственные изотопы актинидов, но и тут же исследовать их химические, физические и ядерные свойства и дальше совершенствовать методы их получения.

Законопослушный

В 50-х годах помимо гонений на евреев, борьбы с менделизмом-морганом и химическим резонансом были и другие гонения. Так, в самом начале 1953 г. была объявлена борьба с семейственностью. А тут, понимаете, молодая жена, Людмила Никифоровна Курчатова, непосредственно подчиняется мужу — начальнику лаборатории, который одновременно является еще и начальником сектора. И не важно, что работала она в этой же лаборатории и до замужества, и была для БВ правой рукой и незаменимой помощницей, и уходили они из лаборатории всегда последними. Но приказ — есть приказ. Он не обсуждается, и выполнять его нужно всем без исключения. Так уж воспитаны. В результате Людмила Никифоровна переходит на работу в Институт

⁵ Борис Михайлович Гохберг — физик, д.ф.м.н., профессор, в ЛИПАН, ИАЭ с 1955 г. — Р.К.

⁶ Венедикт Петрович Джелепов, физик, член-корреспондент АН СССР, в 1943-1948 гг. работал в Лаборатории №2 АН СССР, затем в Дубне. — Р.К.

Биофизики, а БВ остается без верной помощницы... И что удержало от ухода из Института самого БВ? Не знаю. Наверное, брат не отпустил. Вернулась Людмила Никифоровна в Институт уже почти полвека спустя в качестве консультанта Музея Курчатовых.

Скромный

Вообще-то ЛИПАН, даже по тогдашним меркам, снабжался прекрасно (про теперешние мерки я уж не говорю, стыдно). Ну и все, конечно, думали, что Третий сектор, как сыр в масле катается. Но на самом деле, мы в этом смысле жили хуже всех. Дело в том, что БВ страшно не любил подписывать всякие бумаги, связанные с отделом снабжения или с заказами в механическую мастерскую. Доходило до того, что иногда он просто давал свои деньги и просил купить нужную вещь за наличный расчет. Больше всего он боялся, что кто-то может подумать, что он злоупотребляет своим родством с директором. Единственные, кого он не стеснялся загружать, были стеклодувы. Считалось, что тот, кто часто заказывал в стеклодувной какие-нибудь пробирки, ампулы, капилляры, колонки, не говоря уж о более сложных вещах, работает в поте лица. Поэтому, если нужно было позарез купить что-то из приборов или достать какую-нибудь заморскую ионообменную смолу, мы старались обойти БВ и обычно направлялись сразу к более высокому начальству, иногда даже к Игорю Васильевичу, и нам часто шли навстречу. Но ведь по всякому пустяку к ИВ не набегаешься.

Смелый

Это было в конце 1958 г., сразу же после Второй Женевской конференции. Все, кто знал английский язык, занимались переводами докладов, БВ редактировал химический том трудов конференции. И вот как-то в конце рабочего дня иду к БВ с переводами и у входа в его кабинет встречаю выходящую от него девочку из парткома. А его застаю совершенно расстроенным, сидящим за письменным столом и монотонно повторяющим, взывая к сочувствию: “и какой дурак меня в эту партию записал? Мало того, что берут взносы, так еще и на собрания заставляют ходить в рабочее время”. Чтобы сказать такое вслух в то время, нужно было большую смелость иметь.

Написано автором в ноябре 2004 г.
Подлинник. Автограф.

О ЕДИНСТВЕННОЙ ВСТРЕЧЕ С Б.В.КУРЧАТОВЫМ, ОСТАВИВШЕЙ НЕИЗГЛАДИМЫЙ СЛЕД В МОЕЙ ЖИЗНИ

После окончания химического факультета Ленинградского университета в 1954 г. я был принят на работу в ОПТК (ныне ИМФ) ЛИПАНа. В этом отделе на начальной стадии находилась организация радиохимической группы. Первым ее сотрудником был Н.Н.Троценко, вторым В.Н.Прусаков и третьим Н.Ф.Симонов. Научным руководителем этой группы был назначен В.Н.Прусаков. В течение последующих нескольких лет радиохимическая группа возросла до административного подразделения во главе с В.Н.Прусаковым.

Перед этой группой была поставлена задача, связанная с разработкой схемы переработки отработанного ядерного горючего. В тот период нам казалось, что наиболее перспективной схемой является двух стадийная фторидно-экстракционная схема.

В первой стадии из ядерного топлива путем фторирования элементарным фтором удаляется уран в виде летучего соединения – гексафторида урана. Во второй стадии “сухой остаток”, содержащий тетрафторид плутония и фториды осколочных элементов растворяется в алюминий-нитрате с добавкой азотной кислоты. Из этого раствора следовало извлечь плутоний с одновременной очисткой его от осколочных элементов экстракционным путем с помощью органического растворителя.

Поскольку в этот период (50-е годы) литературные сведения по вопросу растворимости фторидов и экстракционному выделению плутония были весьма скудными и мы еще не обладали достаточным радиохимическим опытом, мы решили обратиться за научно-консультационной помощью к опытному и весьма маститому радиохимику Борису Васильевичу.

¹ Николай Федорович Симонов – химик-исследователь, к.т.н., в Лаборатории №2 – ИАЭ имени И.В.Курчатова с 1954 по 1987 гг.: ст. лаборант, м.н.с., с.н.с., заместитель начальника отдела физико-химических исследований по научной части. – Р.К.

Организацию этой встречи взял на себя В.Н.Прусаков. За несколько дней до этой встречи он предупредил меня. Естественно у меня — молодого специалиста ожидаемая встреча с авторитетным радиохимиком (к тому же братом руководителя советского атомного проекта И.В.Курчатова) вызвала чувство волнения и тревоги.

В один из дней конца 50-х годов мы пришли с Владимиром Николаевичем в Главное здание, где находилась лаборатория Бориса Васильевича и его кабинет. Открыли дверь кабинета и увидели Бориса Васильевича сидящим в деревянном кресле за большим столом. Борис Васильевич быстро поднялся из своего кресла, тепло поздоровался с нами и пригласил для беседы за столом. Поскольку была небольшая временная пауза, я осмотрел быстрым взглядом его кабинет.

Кабинет его никак не походил на чиновничий кабинет с фешенебельной мебелью, скорее всего он являлся продолжением рабочего помещения его исследовательской лаборатории. На стене перед взором Бориса Васильевича висела периодическая система Д.И.Менделеева большого формата. На его столе стояли пробирки, склянки, а в левом углу шкаф, как мне показалось, с дефицитными химическими препаратами.

После временной паузы, мы перешли к конкретному разговору. Борис Васильевич спросил: “С чем изволили пожаловать”? Я подробно рассказал о наших предварительных экспериментальных результатах и тех трудностях и сложностях, которые встречаются в наших исследованиях. Потом беседа наша продолжилась в форме вопросов и ответов.

В конце нашей беседы Борис Васильевич одобрительно высказался о выбранном нами пути переработки отработанного ядерного топлива. Пожелал нам успехов и удач в наших научных исследованиях.

Спокойный и деловой разговор с Борисом Васильевичем позволил мне снять с себя неоправданно ожидаемый груз тревожного напряжения.

После этой встречи Борис Васильевич запечатлелся в моей памяти как скромный и я даже сказал бы, застенчивый человек.

Одновременно у меня сложилось такое мнение, что Борис Васильевич отдавался целиком и полностью бескорыстному служению науке и своему Отечеству. Моя встреча с Б.В.Курчатовым была единственная и оставила неизгладимый след в моей жизни.

Написано автором в мае 2004 г.
Подлинник. Автограф.



«Хижина лесника» — мемориальный Дом-музей академика И.В.Курчатова. Здесь до сего дня живет духовный мир Курчатových — и родителей, и сыновей — их семейного круга. Москва. Территория Курчатовского института.
Фото Н.Н.Кузнецова



Вид с балкона дачи Курчатовых в Крыму. Слева кедр ливанский, посаженный Игорем Васильевичем в 1950 г. Мисхор. 2000 г. Фото Н.А.Бабич



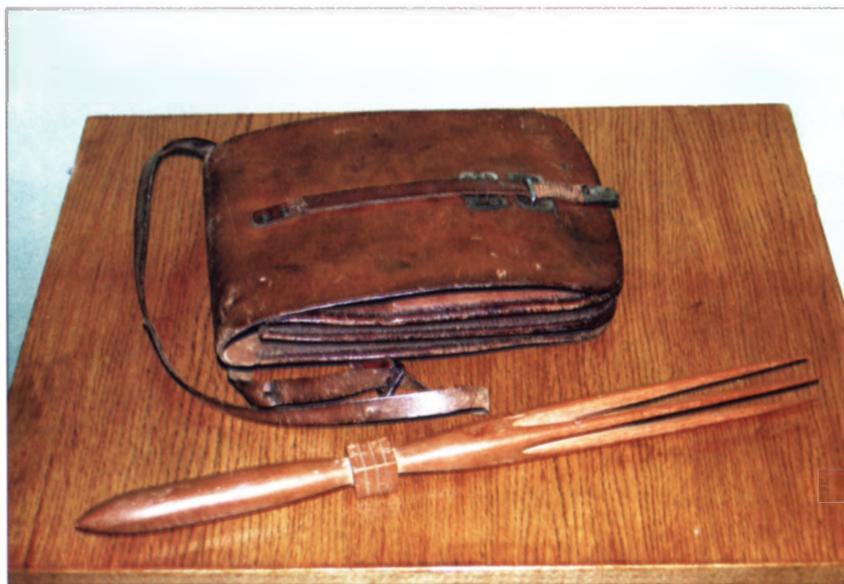
Дача Курчатовых в Крыму вблизи Ялты. Мисхор. 2000 г. Фото Н.А.Бабич



Награды Б.В.Курчатова



На письменном столе Б.В.Курчатова



Личные вещи Б.В.Курчатова: унаследованные отцовские карманные часы, кожаная сумка и острога



Личные вещи Б.В.Курчатова: его постоянные «спутники» в путешествиях, лупа и бинокль



Мир океана в подарках Б.В.Курчатову от научных экспедиций 3-го сектора:
кораллы, раковины, ракушки, морские звезды и ежи, челюсти акулы



Африканская «мадонна» с младенцем на спине. Память об экспедиции сотрудников сектора Б.В.Курчатова в Гану



Чучело императорского пингвина из Антарктиды – подарок Б.В.Курчатову от сотрудника 3-го сектора Д.Я.Чопорова

Орех-великан с берегов Индийского океана, подаренный Б.В.Курчатову сотрудниками его сектора, входившими в состав морской научно-исследовательской экспедиции Института атомной энергии





Памятник Б.В.Курчатову на Новодевичьем кладбище в Москве.
Работа скульптора Н.Е.Саркисова. Май 2005 г. Фото Н.Н.Кузнецова

О БОРИСЕ ВАСИЛЬЕВИЧЕ КУРЧАТОВЕ

Мне очень приятно вспомнить некоторые рабочие, деловые встречи с Борисом Васильевичем Курчатовым и немного коснуться его человеческих качеств.

Представляю ясно его образ, особенно, выразительные глаза, всегда добрую улыбку, которая, кажется, сохранялась и в даже неприятных ситуациях, но благодаря его воспитанности, не была заметна другим. Внешне спокойный и сдержанный, для меня Борис Васильевич всегда являлся эталоном порядочности, интеллигентности, а простота его обращения к любому человеку завораживала.

Эти его качества способствовали плодотворной работе, которую он успешно вел долгие годы.

Мое личное знакомство с Борисом Васильевичем произошло сразу же при поступлении на работу в Лабораторию № 2 в 1 отдел Главного здания в 1948 г. Вскоре мы начали постоянно взаимодействовать: необходимо было проводить профилактические мероприятия для обеспечения секретности чрезвычайно важных для государства научно-исследовательских работ. Я по своей службе как начальник отделения 1 отдела, а он как руководитель научного подразделения (сектора № 3) систематически встречались.

В то время Лаборатория № 2 находилась в особом режиме работы и была подконтрольна органам спецслужбы. Все работы по научным исследованиям и вся документация по ним были засекречены. Меня поначалу удивило, что через вверенный мне участок — экспедицию 1-го отдела стали поступать и отправляться из Лаборатории в другие вспомогательные организации, как Главсбыт, строительные конторы и т.д. заказы на приобретение гвоздей, кирпичей и хозяйственных изделий, и даже корма для нашей лошади Жанны с грифом “секретно”.

¹ Любовь Семеновна Данченко в Лаборатории №2 — Курчатовском институте с 1948 г. по настоящее время, будучи начальником отделения службы, обеспечивающей режим работы с документами особой важности и секретными, часто лично докладывала их И. В. Курчатову, Б. В. Курчатову и др. ученым института. — Р. К.

Сектор № 3, которым руководил Борис Васильевич Курчатov, являлся одним из ключевых подразделений Лаборатории № 2, который участвовал в выполнении важного задания Правительства. Контакт 1-го отдела с его сотрудниками был постоянным. Они выпускали по результатам научных исследований очень много научных отчетов и заключений. Работали с оперативными секретными документами и вели регулярную переписку с привлеченными организациями, в частности, с ГЕОХИ (Институтом геохимии), институтом Биофизики Минздрава СССР и т.д.

Мне становится не по себе и я испытываю до сих пор неприятное ощущение, когда впервые был получен секретный пакет для сектора-3 из института Биофизики. При вскрытии мы обнаружили кроме сопроводительного письма и в качестве приложения к нему — человеческие кости... Позже мы получали довольно длительное время и продукты питания. Со временем мы перестали этому удивляться и даже привыкли. Они поступали в сектор Б.В.Курчатова и после проведенных измерений сконцентрированного в них радиоактивного стронция-90 и др. элементов и выдачи заключений обратно отправлялись в институт Биофизики.

С большим удовольствием вспоминаю, как Борис Васильевич быстро реагировал на нашу просьбу провести экспертизу материалов, скопившихся в результате выпуска сектором научных отчетов, заключений и т.д. на предмет их дальнейшего хранения. В назначенное время, без напоминания он приходил в мое подразделение 1 отдела и после их просмотра с улыбкой прощался с нами и возвращался к себе в сектор. Конечно, на работу у нас у него уходило много времени из его, всегда загруженного научными экспериментами, рабочего дня.

Я всегда была довольна результатами его внимательного и серьезного отношения к экспертизе материалов. Однажды, встретив в здании сотрудницу сектора Б.В. Нину Ивановну Борисову, и, разговорившись с ней, я “хвастливо” поделилась, как оперативно и хорошо проводит эту работу Борис Васильевич. А она мне и говорит: “Когда он вернулся от Вас, нам пожаловался, что “много времени потерял в 1-ом отделе”. Как и тогда эти его слова я вспоминаю с улыбкой. Ведь наши первоотдельские требования, действительно являвшиеся главными для нас, сотрудников наших подразделений, с которыми мы являлись к ученым в любое время и занимали его, отвлекая их от экспериментов, могли вызывать неудовольствие или даже досаду. Но Б.В. всегда был внимателен, находил для нас время и мы были уверены, что в его секторе воспитательно-профилактическая работа по обеспечению сохранения государственных секретов на высоте. Он приглашал нас в свой рабочий кабинет,

внимательно выслушивал и вел себя так, что его сотрудники, следуя ему, с пониманием и серьезностью относились к нашим мероприятиям. Наш авторитет у Б.В. и в его секторе был на высоте.

Вспоминаю проводы на заслуженный отдых моего руководителя, начальника 1-го отдела Павла Александровича Савельева и выступление Бориса Васильевича Курчатова от имени научных подразделений. Он высоко оценил его труд и профессиональную деятельность в Лаборатории № 2. В его словах чувствовались и особое личное отношение, и уважение к человеку, у которого были далекие от Б.В. профессиональные интересы. Павел Александрович Савельев был нашим первым начальником 1-го отдела – эрудированный, отличный организатор, умный, высококультурный и добрый человек.

В то время многие из нас жили в центре Москвы. Чтобы добраться до “Щукино” – бывшего дачного места мы садились в автобус, который нам подавали к метро “Сокол”. Этот специальный микроавтобус № 60 мы до отказа забивали собой. Он довозил нас до ресторана “Загородный”. Оттуда мы шли пешком до ворот Лаборатории № 2. Часто зимой стояли морозы в 30–40°. Мы прибегали на работу крепко замороженными. Пока ехали в автобусе, знакомились, общались между собой, но о работе – кто, где и чем занимается, не говорили вовсе. Нельзя было.

В те далекие годы в штатах Лаборатории № 2 было еще мало сотрудников. Поэтому все мы знали друг друга, часто встречаясь на работе, а иногда и за территорией. Почти все сотрудники сектора Бориса Васильевича были талантливые, замечательные специалисты в области радиохимии, имели в ней большие успехи как и достижения в других научных областях. Являлись авторами и соавторами огромного числа научных трудов: статей, докладов и т.д., некоторые из которых позже публиковались в открытой печати в нашей стране и в мире, обсуждались на Женевских конференциях по мирному использованию атомной энергии.

За успешное выполнение Лабораторией № 2 важного задания Правительства некоторые сотрудники сектора, в том числе и сам Борис Васильевич, были награждены Государственными орденами, медалями и премиями.

Многие из числа сотрудников имели ученые степени докторов и кандидатов наук. Ученым секретарем Совета по защите диссертаций в Лаборатории № 2, ЛИПАН долгое время успешно работал начальник лаборатории сектора № 3 Сергей Александрович Баранов – доктор физико-математических наук.

Стрепетом я вспоминаю многих, получивших всеобщую известность, с кем долгие годы встречалась и общалась, и кто уже покинул эту мирскую жизнь:

Б.В.Курчатова, П.М.Чулкова, С.А.Баранова, А.Р.Стриганова, А.Г.Зеленкова, Л.В.Чистякова, Л.А.Корыстелеву, Л.Н.Курчатову... До настоящего времени продолжаю общаться с теми, кто еще жив, встречаясь с ними иногда на территории института или в нашем Северо-Западном округе: с В.М.Шубко, В.А.Пчелиным, Р.М.Полевым, Ю.Ф.Родионовым... Теплыми и добрыми словами вспоминаем мы о тех далеких, таких незабываемых днях нашей молодости, которые были бесконечно напряженными, а мы – ответственными, загруженными работой с ненормированным рабочим днем.

Недавно встретила из молодого поколения, возмужавшего сотрудника Николая Слонова. Я его не видела более 30 лет и была обрадована, с какой теплотой он вспоминет и оценивает нашу совместную работу в Главном здании, гордится, что ему посчастливилось работать под руководством Бориса Васильевича. И сегодня чувствуется, как велики уважение и любовь учеников Б.В. к нему.

Работе Б.В. всегда отдавался до самозабвения. Казалось, что трудился он без перерывов. Часто можно было его видеть в белом халате в Главном здании на его 3-м этаже энергично перемещавшемся из одной комнаты сектора в другую.

Борис Васильевич был всегда искренен, несмотря на свои звания и заслуги – прост, мог спокойно выполнить любую лаборантскую работу, вплоть до мытья химической посуды. Это было известно многим, в том числе и мне. Общаться с ним было легко и приятно.

Мне почти постоянно приходилось докладывать секретную корреспонденцию и Игорю Васильевичу Курчатову. Иногда И.В. смотрел почту целый день. Мы с ним делали перерыв на обед с 14 до 15 часов. Происходило это в его рабочем кабинете в Главном здании или дома, в коттедже на территории института. Ни разу в это время не видела я Бориса Васильевича, который бы зашел к нему с каким-нибудь вопросом.

Когда я поступила на работу, Борис Васильевич был еще холостяком. О нем заботились и его опекали Игорь Васильевич с женой Мариной Дмитриевной, в доме которых он жил. Вскоре Б.В. женился, выбрав из числа поклонниц в спутницы своей дальнейшей жизни милую Людмилу Никифоровну Мухину, сотрудницу своего сектора. Она до последней минуты Б.В. с любовью и нежностью заботилась о нем. А когда его не стало, горевала и горевала... Б.В. звал супругу “Милочка”. Женившись, он как-то сразу же преобразился, приосанился, как-то весь выпрямился. Еще больше засветились глаза и на лице расцвела добрая улыбка. Перемена в личной жизни пошла ему на пользу. Все мы заметили это и порадовались.

В середине 50-х годов Борис Васильевич был занят организацией экспедиций своих сотрудников в разные точки мирового океана на научно-исследовательских судах Академии наук. Ученые нашего института уходили в дальние плавания. Цель этих экспедиций заключалась в сборе фактических данных о состоянии воздуха, воды и земли. Важно было определить степень зараженности биосферы радиоактивными продуктами распада, появившимися в результате испытаний атомного и водородного оружия, которые проводили страны, обладавшие им в то время.

Экспедиции планировались, для них составлялись программы, задания, которые привязывались к графикам. Программы обсуждались, согласовывались и утверждались И.В.Курчатовым, И.К.Кикоиным и Б.В.Курчатовым. Руководителями таких экспедиций обычно назначались сотрудники сектора Б.В.Курчатова: А.Г.Зеленков, В.Н.Лавренчик, Р.М.Полевой, В.М.Шубко, В.А.Пчелин и др.

Мне по разным причинам запомнилось несколько эпизодов из таких экспедиций. Из первой, организованной, кажется, в 1958 г. с участием В.М.Шубко, В.А.Пчелина и др., остались в памяти рассказы В.М.Шубко, который пришел и поделился своими впечатлениями о южных, кажется, африканских краях, где они побывали. А затем, подарил нам сувенир – крупный белый коралл, испещренный узорчатыми краями и произведение искусства местных кустарей – яркую, в разноцветной гамме цветов, человеческого размера голову – то ли негра, то ли индуса. Он был очень удовлетворен поездкой.

Другая, которую я запомнила лучше, была морская научная экспедиция, организованная в 1958-1959 гг. на исследовательском судне “Витязь”, возглавляемая В.Н.Лавренчиком с участием Р.М.Полевого, Г.Н.Софиева и др. После некоторого времени из экспедиций систематически стали поступать в институт результаты подводных исследований. Сначала бумаги направлялись в подразделение И.К.Кикоина для обработки в службе Михаила Дмитриевича Миллионщикова², а затем он в срочном порядке переправлял их Игорю Васильевичу через мое подразделение. А я доставляла их ему. М.Д.Миллионщиков звонил мне, а иногда и заходил, чтобы убедиться, получены ли сведения.

Игорь Васильевич постоянно интересовался результатами подводных исследований. Где бы он не находился: в Кремле, Министерстве, Академии наук,

² Михаил Дмитриевич Миллионщиков – физик, академик, в ЛИПАН – ИАЭ им. И.В.Курчатова в 1949-1973 гг., с 1960 г. – заместитель директора и начальник отдела института. – Р.К.

через своих референтов он приглашал меня к телефонным аппаратам “Кремлевский” или “ВЧ”, находившимся в его рабочем кабинете Главного здания. Я брала данные, полученные от М.Д.Миллионщикова, бежала с 1-го этажа на 3-ий этаж по лестницам и коридорам до кабинета Игоря Васильевича, потом брала телефонную трубку. Игорь Васильевич с удивлением спрашивал: “Люба, ты так быстро? Что, – в лифте?”. Я отвечала: “Нет, Игорь Васильевич, пешком, ключ от него только у Вас”. Тогда он обещал: “Вот приеду, дам тебе ключ. Так быстро подниматься нельзя, надорвешь сердце. Пройдут годы, потом вспомнишь мои слова”. (Часто я вспоминаю его заботливые слова, – но и по другим причинам). После такого короткого диалога с И.В., сообщала ему данные, а потом информировала об этом Михаила Дмитриевича, чтобы он не беспокоился.

Экспедиция В.Н.Лавренчика на судне “Витязь” продолжала работу и после смерти Игоря Васильевича, наступившей 7 февраля 1960 г. Он еще успел воспользоваться ее результатами, сделал все, чтобы после него люди *добились* положительного решения о запрещении испытаний в мире атомного и водородного оружия.

После похорон Игоря Васильевича мне вскоре позвонил его заместитель Александр Иванович Васин и сообщил, что обнаружил на его имя письмо от В.Н.Лавренчика из Джакарты от 16 ноября 1959 г. Пометок И. В. на письме не было. На конверте кто-то написал дату: 12.12.1959г. Возможно, оно пролежало на рабочем столе И.В. Письмо содержало просьбы В.Н.Лавренчика и сведения о результатах выполнения программы.

У Бориса Васильевича были замечательные сотрудники как мужчины, так и женщины, способные и талантливые, ответственные и любившие свою профессию. Ему удалось вырастить прекрасного помощника и себе, и затем Институту. Анатолий Зеленков, которого я очень уважала и ценила, работал заместителем директора Института в 70-х годах. Жаль, погиб по нелепой случайности.

Женщины, как и мужчины, проводили измерения концентрации радиоактивного стронция-90 в атмосфере, почве, продуктах питания и костях человека. Выпускали научные отчеты, статьи, готовили доклады. Прекрасными помощниками Бориса Васильевича были: Н.И.Борисова, Л.Н.Курчатова, В.И.Новгородцева, Р.А.Зенкова и другие. Во многих делах ему помогал его заместитель Петр Михайлович Чулков.

Борис Васильевич относился к любому человеку чутко, был отзывчив и добр. Однажды сотрудник сектора Б.В. нарушил порядок работы с секретной папкой. Сотрудник 1-го отдела, разобравшись, доложил П.А.Савельеву и

Б. В. Курчатову. Б. В. позвонил нашему начальству — П. А. Савельеву и просил не применять строгого наказания, а ограничиться устным предупреждением. Просьба Бориса Васильевича была удовлетворена.

Был еще такой случай. На 3-м этаже Главного здания появился воришка, который обшаривал карманы сотрудников. Б. В., переодеваясь для работы в белый халат, оставлял свою верхнюю одежду в своем рабочем кабинете. Документы, деньги: оставались в карманах. Рабочий кабинет не запирался. Стали замечать пропажу денег у сотрудников и у Б. В. Нашли воришку. Борис Васильевич лично попросил начальника отдела — Михаила Кирилловича Брюкова снисходительно отнестись к несчастному, простить его за содеянное. Простили. Но, к сожалению, исправления не произошло.

Людмиле Никифоровне все же удавалось иногда отрывать Бориса Васильевича от его любимой до фанатизма работы и увозить за город на природу. Однажды на даче Игоря Васильевича в Усове, куда я привезла ему секретные документы, в ожидании, когда И. В. просмотрит их, я прогуливалась по территории. Было это в конце августа. Красота увлекла меня вглубь леса. Вдруг, у пня я увидела белый гриб — да такой крепыш с блестящей коричневой шляпкой — загляденье! А рядом — еще и еще. 22 белых гриба нашла я тогда, похожих друг на друга. Возвратилась и отдала урожай Игорю Васильевичу и Марине Дмитриевне. Они обрадовались и благодарили меня.

Когда машина Игоря Васильевича въезжала на территорию Института, рабочий день подходил к концу. Навстречу шла Людмила Никифоровна. И. В. остановил машину, вышел и, приветствуя ее, спросил: “Милочка, Вы куда ездите за грибами с Борисом Васильевичем? По Савеловской дороге? Посмотри, какие у меня на даче растут грибы!” Открыл багажник и показал красавцев! Немного проехав, увидел мою сотрудницу, и повторил то же самое.

Потом показывал грибы всем домочадцам. И радовался, как ребенок. Мне было приятно, что я доставила Игорю Васильевичу такое удовольствие!

Прошло много лет, но, вот, зимой 2003 года этот эпизод с грибами с улыбкой вспомнила Людмила Никифоровна Курчатова, когда мы с ней встретились на территории Института. Она выходила из Дома-музея Игоря Васильевича, где была помощницей его директору Раисе Васильевне Кузнецовой.

Мы шли с ней домой вместе. Шли посреди красивой зимы. Дорога в тот день была очень скользкая и я прогулялась с Л. Н. до самого ее дома на улице Маршала Новикова. Мы вспоминали прошедшее — нашу работу в Главном здании, наших друзей и товарищей. Я рассказала ей, как несколько раз бывала в дачных местах по Савеловской дороге и как также была очарована красотой тех мест — хвойными лесами, дорожками, усеянными сосновыми

иголками, густыми деревьями. Поднимешь ветку, а под ней – видимо-невидимо грибов! Идешь по тропе, трава высокая, а в ней прячутся грибные семейки!

Потом я ей рассказала, что, наверное, была последней из сотрудников Института, кто общался с Игорем Васильевичем 6 февраля 1960 г. накануне его ухода от нас. “А еще Дмитрий Семенович и шофер”, – добавила она. Ах, как жаль, что и эта наша встреча с ней была последней! Но ничего не поделаешь. Так устроена жизнь. Приходится расставаться. Все когда-нибудь уходят. Уйдем и мы, когда придет наше время. А пока я здесь, я чувствую себя счастливой оттого, что судьба подарила мне возможность долгое время работать, общаться и встречаться с такими талантливыми, выдающимися корифеями науки, такими необыкновенными и прекрасными людьми, какими остаются со мной до сих пор братья Курчатовы – Игорь Васильевич и Борис Васильевич. И с большой теплотой, любовью и благодарностью буду всегда помнить их.

Написано автором в июне 2004 г.

Подлинник. Автограф.

Б.В.КУРЧАТОВ. ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ

Я имела счастье знать и общаться с обоими братьями и их семьями, такими различными и такими замечательными, каждый по-своему, людьми.

Борис Васильевич подарил мне черновик своих воспоминаний об Игоре Васильевиче, подготовленный им для школьного физического кружка, и почти одновременно опубликовал фрагменты своих воспоминаний в журнале в 1960 г. Очень характерны эти заметки для взаимоотношений между братьями. Неизменное восхищение младшего брата старшим в каждом слове о нем. И это, несмотря на то, что мальчики мало отличались по возрасту и много были вместе в играх, занятиях русским и арифметикой с их матерью, походах и поездках с отцом, купании в море, общении. А вот вспоминал и рассказывал мне о детстве Б.В., как бы со стороны, словно все было без него, говоря только об Игоре: “он умел замечательно вырезать из дерева и даже дарил и продавал мундштуки, овладел слесарным делом, покупал книги, помогал отцу неизменно в трудные годы”. Таким образом, одной из совершенно особенных черт Б.В. была его необыкновенная скромность, в том числе и в оценке своего несомненного и немалого вклада в атомную проблему. Это он выражал словами “помощь”, “содействие”, “выполнение поручения И.В.”. А ведь именно он, одним из первых, работал с плутонием. Может быть сказывались тяжелые болезни, обострения которых сопровождали Б.В. с молодых лет, безусловно в чем-то ограничивающие его, изменившие стиль жизни, работы, общения. Круг людей и место работы были строго очерчены: лаборатории в институте и на Урале, кабинет в доме на Второй Шукинской². Самым близким и необходимым человеком для него была его жена Людмила Никифоровна — преданный и заботливый друг и соратник.

¹ Ангелина Константиновна Гуськова — врач-лечебник, специалист высокого класса в области радиационной медицины. Д.м.н., профессор, член-корреспондент РАМН, заслуженный деятель Российской Федерации, лауреат Ленинской премии и премии Зиверта. — Р.К.

² Переименована в ул. Маршала Новикова. — Р.К.

Эта удивительная чета занимала в здании Центральной заводской лаборатории на Урале такую же, как и у всех сотрудников, не отличающуюся от других, комнату. А ведь в ней проводились уникальные исследования по радиохимии и оценке свойств плутония, на его микроколичествах. Это было необходимо для форсированного создания первых образцов атомной бомбы.

Так же тихо, скромно вместе с женой Игоря Васильевича – Мариной Дмитриевной, он ожидал брата после пуска первого экспериментального реактора и радовался его успеху. Ему первому сообщал И.В. о “свершившемся”.

Игорь Васильевич высоко ценил своего “ученого брата, шутя называл его “Борух”, ему первому рассказывал о сути явлений, подмеченных в ходе экспериментов, просил “поразмышлять о них”. Всегда беспокоился о его здоровье.

Вспоминаю дом Б.В. и Л.Н. – всегда такой уютный: сначала разговор с Л.Н., в первую очередь о Б.В., потом его покашливание и выход из кабинета.

Он немножко сутулился, ходил тихо и неспешно. Говорил негромко, всегда как бы с мягкой иронией. Стремился преуменьшить свои болезни, о которых эмоционально рассказывала Л.Н.

Иногда, показывая фотографии из прошлого, он предпочитал говорить о других и меньше всего о себе самом.

Очень любил Крым и Гурзуф, где впервые в его жизни появилась жена – Людмила Никифоровна, преданная ему подруга “на всю жизнь”. Она продолжала работать с Б.В. и жить интересами его лаборатории и для него, даже и тогда, когда по формальным соображениям “семейственности!”, произошел ее перевод из ИАЭ в Институт биофизики.

Я замечала, что ограничения, налагаемые, в первую очередь, болезнью Б.В., не угасили его интереса ко всему окружающему. Очень приятно было ему рассказывать об увиденном и услышанном, показывать фотографии, книги и путеводители. Он не жаловался на здоровье, терпеливо переносил “медицину”, доброжелательно и тонко интересуясь успехами в его лечении. Хотелось что-то большее сделать для Бориса Васильевича, но не все было в нашей власти, это не очень получалось, хотя привлекались известные коллеги-фтизиатры.

В больнице всегда рядом с ним находилась Людмила Никифоровна, трепетная, заботливая, незаменимая.

В болезни и страданиях Б.В. был терпелив, неизменно благодарил за внимание, за минимальное облегчение.

Я размышляла о положении Б.В. как ученого, находившегося в тени брата и считала, что он был по-настоящему, как он действительно заслуживал, недооценен, как отдельная самостоятельная личность. Он сам содействовал этому своей безграничной скромностью и преклонением перед И.В.

Однако (и я неоднократно говорила об этом Л.Н.) следовало бы, пока это еще возможно, изучить полнее и тщательнее не только научные труды Б.В., но и его самоотверженную, достойную жизнь, больше узнать об этом замечательном человеке.

Юбилейная дата Бориса Васильевича и наличие людей, знавших его и работавших с ним, обязывают всех нас заполнить эту неоправданно скупую страницу большой книги о первопроходцах атомной отрасли.

Имя Бориса Васильевича и память о нем должны занять в ней свое заслуженное место.

Написано автором в сентябре 2004 г.

Подлинник. Автограф.

БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ В СЕМЕЙНОЙ ОБСТАНОВКЕ

В конце лета 1948 г. моя сестра Людмила Никифоровна Мухина (Л.Н.) вышла замуж за Бориса Васильевича Курчатова (Б.В.), взяла его фамилию и переехала в “Дом лесника”, где жил Б.В. вместе со своим братом Игорем Васильевичем и его женой Мариной Дмитриевной (М.Д.). А я в результате этого события получил возможность ближе познакомиться с Б.В., особенно после того, как примерно через год они с Л.Н., переехали из “Хижина” на четвертый этаж дома №1 по улице Новикова, на которой в доме №5 еще через год оказались и я со своей женой Галиной Васильевной (Г.В.)² и маленькой дочкой Олечкой (О)³. Естественно, что после этого двойного переезда мы стали часто встречаться семьями, а затем и совместно проводить летний отпуск в Крыму на даче И.В., куда после его смерти вместе с нами стала ездить также М.Д. Именно в этот период я сблизился с Б.В., лучше узнал его как обаятельного высокоинтеллектуального человека и как выдающегося ученого-химика высочайшей квалификации, а также некоторые детали взаимоотношений И.В. и Б.В. Но прежде чем перейти к рассказу об этом длительном периоде нашего общения, я позволю сделать себе некоторое отступление, чтобы рассказать об общей обстановке в Институте в последние годы войны, о моих встречах с И.В. и Б.В. в это время, а также несколько слов об учебе и работе Л.Н. до ее поступления в сектор Б.В. и их последующей женитьбы в конце 1948 г.

Прежде всего, необходимо заметить, что до этого события я довольно редко встречался с Б.В., хотя работал в Курчатовском институте (тогда он назывался Лабораторией №2) с октября 1944 г. Возможно, так получилось потому, что сектор Б.В. находился на третьем этаже Главного здания, а комнаты, где

¹ Константин Никифорович Мухин – см. с. 210

² Галина Васильевна Мухина – физик, доктор ф.м.н., профессор, работала в Лаборатории №2 – Курчатовский институт с 1940-х по 90-е гг., жена К.Н.Мухина. – Р.К.

³ Ольга Константиновна Алексеева – физик, к.ф.м.н., с.н.с. Курчатовского института, дочь К.Н. и Г.В.Мухиных. – Р.К.

работал я – на первом. Во всяком случае, в 1944-45 гг. я гораздо чаще встречался с его братом – директором Лаборатории №2 Игорем Васильевичем Курчатовым, у которого были заведены утренние и вечерние обходы всех секторов Главного здания. Заходил он и к нам, с интересом наблюдал за моей работой по сборке различной измерительной радиоаппаратуры, недостаток в которой очень остро ощущался в эти годы. А у меня были навыки по ее изготовлению, приобретенные в годы обучения и последующей работы в МГУ. Чтобы было понятно, я вынужден, рискуя прослыть нескромным, немного рассказать о себе. Летом 1941 г. я окончил физфак МГУ по кафедре “Физика колебаний” и в соответствии с полученной специализацией получил распределение на Московский авиационный завод, где начал работать инженером-расчетчиком флаттера (вибраций) крыльев и оперения самолетов, возникающих во время полета. В октябре 1941 г. завод был эвакуирован, но я с семьей остался в Москве из-за болезни матери, которая не выдержала бы трудного переезда в Сибирь.

Москва в это время переживала суровые дни, которые были многократно описаны в литературе. Поэтому я добавлю только несколько личных впечатлений и ощущений. Все стекла окон были заклеены крест на крест бумажными лентами, а витрины на первых этажах прикрыты мешками с песком. По ночам Москва была полностью затемнена, машины ездили с голубыми подфарниками, а пешеходы не сталкивались друг с другом только благодаря тому, что все носили специальные нагрудные слабосветящиеся голубым цветом значки. И практически ежедневные (с конца июля 1941 г.) бомбардировки и наглые бреющие полеты вражеских самолетов над улицами Москвы среди бела дня (моя сестра Л.Н. и будущая жена Г.В. однажды подверглись обстрелу, когда стояли в очереди за продуктами). Очень тягостное впечатление на меня произвела кратковременная, но весьма заразная паника в середине октября, свидетелем которой я оказался на Ярославском вокзале: вагоны были забиты до отказа, люди сидели даже на крышах, а те, которым это не удалось, куда-то мчались, толкая перед собой детские колясочки с вещами. Позднее, посещая разные учреждения в поисках работы, я обнаружил следы паники в виде зачем-то распиленных пополам письменных столов, повсеместно разбросанных бумаг и т.п.

Для нашей семьи положение осложнялось именно отсутствием работы, в связи с чем мы все трое (отец был мобилизован в нестроевую часть под Рязанью, а я еще со школьных лет был освобожден от военной службы из-за проблем со зрением) имели иждивенческие карточки и жили впроголодь (я немного подрабатывал уроками). Наконец в феврале 1942 г. мне удалось

поступить на работу в оставшийся в Москве после эвакуации университета производственный отдел НИИФ МГУ, который занимался выпуском специальной радиоаппаратуры для фронта. Меня приняли на должность ведущего инженера и именно там, проработав до октября 1944 г. я приобрел практические навыки радиоинженера-конструктора приборов, которыегодились мне в первые годы работы в Лаборатории №2. Но вернемся к описанию моих встреч с И.В.

Я до сих пор помню эти почти ежедневные встречи с Игорем Васильевичем, его внешнее и внутреннее обаяние, его советы вечером и полушутливые вопросы утром: “Как успехи, что сделал за ночь?”, его заботу о здоровье и бытовых проблемах, его простоту в обращении с сотрудниками. Я тогда был младшим научным сотрудником, а он академиком, но в общении между нами эта разница не чувствовалась. Он мог “по-товарищески” взять какую-нибудь из моих книг и “зачитать” ее, как это было принято среди студентов. (Позднее, разбирая вместе с И.Н. Головиным архив И.В., я обнаруживал их там с моей подписью на первой странице).

И также по-товарищески, но очень убедительно мог объяснить допущенную мною глупость. Однажды И.В. попросил меня изготовить для его лекций по ядерной физике, которые он читал Кремлевскому начальству, небольшой демонстрационный приборчик со счетчиком Гейгера, усилителем и механическим счетчиком на выходе, который эффектно трещал, когда к счетчику Гейгера подносили радиоактивный источник. И вот, когда я, демонстрируя ему прибор, взял в руки источник (а он был достаточно мощный — теплый) и поднес его к счетчику Гейгера, И.В. строго сказал, что этого делать нельзя и вполне доступно объяснил почему (в МГУ, когда я там учился, ядерной физики “не проходили”). Но даже в подобных случаях И.В. отнюдь не был высокомерным и совершенно не подавлял собеседника своими знаниями, а, объяснив без всякой насмешки что к чему, лишь воодушевлял его на новые трудовые успехи.

А трудились тогда много: с раннего утра и до поздней ночи. Отчасти этому способствовало и то, что большинство сотрудников Лаборатории №2 в 1944-45 гг. жили со своими семьями в том же Главном здании, в котором работали. Кстати говоря, я тоже вскоре стал жить поблизости от Института. А случилось это так. Однажды, когда я в одном из разговоров с И.В. в ответ на его упрек, что мною маловато сделано со вчерашнего вечера, я не выдержал и в оправдание рассказал ему, что после женитьбы летом 1945 г. переехал к жене за город и теперь на дорогу трачу 1,5 часа в один конец, так что вечер у меня получается коротким. Он ничего не ответил, кроме “М-м да”. А через некоторое

время нам с женой выделили двухкомнатную квартиру в деревянном двухэтажном доме около нынешнего Дома культуры института. Хорошо помню, как меня тронула эта забота о моем быте.

Позднее я узнал, что заботливость об окружающих его людях и, в частности, о своем брате Б. В. была одной из главных черточек характера И. В. Находясь в командировке, он в письмах к жене всякий раз спрашивался о здоровье Б. В. А, будучи свидетелем самоотверженного труда Б. В. над решением важнейших задач атомной проблемы, проследил, чтобы Б. В. “не обошли” с наградами после ее решения. (За работы по химии плутония и решение других задач атомной проблемы Б. В. был отмечен Ленинской и Государственными премиями, “ковром-самолетом”⁴ и др. наградами). Единственное, что вызывало недовольство И. В. – это отсутствие у Б. В. докторской степени (Б. В. защитился только в 1962 г., уже после смерти И. В.): “а то быть бы тебе, Борух (так И. В. называл брата), член-корром”.

С получением квартиры я, помимо бытовых удобств, получил реальную возможность трудиться, как и все, т. е. с раннего утра до поздней ночи (иногда жена не выдерживала и в полночь выходила меня встречать). Несколько слов о структуре Лаборатории №2 и организации работы в ней. Лаборатория №2 в эти годы представляла собой небольшой коллектив – порядка сотни сотрудников. Организационно она состояла примерно из десяти секторов. Перед каждым из них И. В. поставил одну или несколько задач, решение которых было необходимо для достижения главной цели – создания ядерных реакторов и ядерного оружия. Сектором №1, который занимался изучением макроскопических характеристик графита (как замедлителя нейтронов) и уран-графитовых решеток, руководил сам Игорь Васильевич. Сектором №3, в котором изучалась химия урана, нептуния и плутония – его брат Борис Васильевич. Замечательно, что уже в 1944 г. за два года до пуска первого советского реактора Б. В. получил первые индикаторные количества плутония, облучая урановые соли сначала нейтронами радий-бериллиевого источника, а затем пучком нейтронов от маленького циклотрона, размещенного на первом этаже Главного здания.

Я не участвовал в практической работе сектора №1 по созданию первого реактора, но некоторое время работал на нем сразу же после его запуска в качестве дежурного-физика, в обязанности которого входил контроль качества периодически поступающих блоков урана для строящегося промышленного реактора. Физическая сущность этой работы заключалась в сравнении

⁴ бесплатным проездным билетом на все виды передвижения. – Р. К.

реактивности при замене определенного количества стандартных блочков на такое же количество проверяемых. Отлично помню свое неизменное восхищение “послушностью” реактора при операциях его разгона и остановки, которые производились в то время с помощью лебедки и троса с кадмиевым стержнем на его конце. А наблюдали мы за перемещением стержня через перископ, подаренный И.В. его друзьями-морьяками, с которыми он работал в первые годы войны, занимаясь размагничиванием кораблей. И хотя я не был свидетелем практической деятельности И.В. по сооружению первого реактора, но, работая на нем вместе с участниками этой эпопеи, которые восторженно рассказывали о роли И.В. в строительстве и запуске реактора, получил достаточно полное представление о И.В. как о экспериментаторе-энтузиасте. Раньше я имел возможность наблюдать его энтузиазм и воочию, когда И.В. участвовал в работах по изучению β -активности, возникающей при облучении нейтронами, и бегал с облученными мишенями по первому этажу Главного здания.

Другие стороны деятельности И.В., может быть, даже еще более важные, проходили у меня на глазах. Я имею в виду характеристику И.В. как руководителя важнейшей проблемы в начальный период. Конечно, “на глазах” — это громко сказано, потому что я мог видеть только самые внешние проявления этой организаторской деятельности И.В., так как был бесконечно далек от той “кухни”, где принимались главные решения. Но две важнейшие черты И.В. как руководителя, я, несмотря на эту удаленность, сумел рассмотреть. Первая — это вовлечение в работу по решению атомной проблемы ряда крупных физиков-теоретиков: Я.Б. Зельдовича, А.Б. Мигдала, Ю.Б. Харитона, И.Я. Померанчука, А.И. Ахиезера, И.И. Гуревича, В.С. Фурсова, С.М. Фейнберга и др., а также математиков во главе с С.Л. Соболевым. И вторая — это организация научного семинара, на котором регулярно читались лекции по ядерной физике и специальной радиотехнике, а также докладывались работы, выполненные за рубежом, в других отечественных институтах и собственные разработки сотрудников Лаборатории. Этот семинар сыграл важную роль в деле формирования ядерно-физических знаний у молодых сотрудников, особенно тех, кто (как я) раньше не занимался этой наукой. Но вернемся к рассказу о Борисе Васильевиче и моих встречах с ним.

Первый раз я по-настоящему (с серьезным разговором) встретился с Б.В. летом 1945 г., чтобы поговорить о трудоустройстве моей сестры Л.Н. В это время она как раз окончила Московский областной педагогический институт (МОПИ) по химической специальности, где училась с перерывом на время эвакуации МОПИ из Москвы. А во время этого перерыва работала вместе со мной в производственном цехе НИИФ МГУ в качестве радиомонтажника

довольно высокого разряда. Так что кроме знаний по химии у нее были и хорошие, ловкие и умелые руки. Когда я все это расписал Б.В., он сказал: оформляйте ее в мой сектор лаборантом (тогда молодых специалистов зачисляли только на такую должность). Довольно скоро Л.Н. подтвердила правильность моей характеристики, Б.В. был доволен ее работой и года через полтора перевел на должность старшего лаборанта, а еще через год — младшего научного сотрудника.

С первых дней работы Л.Н. в секторе Бориса Васильевича она активно помогала ему в исследовании свойств урана, нептуния и плутония, причем не только в лаборатории. Например, она ездила вместе с ним на “Маяк”, в Дубну и др. города и, в конце концов, стала для него настолько необходимым помощником, что только одновременно с ним могла уходить в отпуск. А в 1948 г. Б.В. достал ей путевку в тот же санаторий, куда поехал сам и по возвращении оттуда Л.Н. объявила мне и нашей маме о своей помолвке с Б.В. Признаться, я пытался возражать (мне — тридцатилетнему 43-летний Б.В. казался староватым для 27-летней Л.Н.), но меня не послушали и, как выяснилось впоследствии, к счастью. Потому что жили Б.В. и Л.Н. очень дружно и счастливо.

Непосредственно после свадьбы “молодые” поселились на территории Института в “Хижине лесника” И.В. и очень дружно прожили там около года, и затем им предоставили квартиру в доме №1 на улице Новикова (фото И.В., М.Д., Б.В. и Л.Н.). Из торжественных событий этого периода запомнилось новоселье, на котором присутствовали старые друзья Б.В. и его сотрудники (а от администрации Лаборатории — заместитель директора П.В. Худяков (И.В. был в это время в командировке)). Но в смысле сближения обеих семей это был лишь единичный эпизод. Мы с Г.В. в это время (1949 г.) еще жили вдалеке, в так называемой Худяковке, т.е. в одном из деревянных финских домиков на будущей улице Рогова. К тому же в октябре этого года у нас родилась дочка Олечка (О.), в связи с чем стали заметнее некоторые бытовые трудности (в финских домиках не было ни горячей воды, ни газа, ни ванной). Словом, было не до встреч. Однако примерно через год мы переехали в дом №5 на той же улице Новикова, где жили Б.В. и Л.Н. и встречаться стали несколько чаще. В основном они приходили к нам, так как дочка была еще очень мала. А через два года (1952 г.) мы снова переехали в один из коттеджей, построенных на улице Рогова на месте снесенных финских домиков, и опять оказались, так сказать, вдалеке от Б.В. и Л.Н. Так что настоящее ежедневное длительное общение началось только во время ежегодных летних отпусков, проводимых на крымской даче И.В.



Гламис 194-80



Гламис 194-80

Людмила Никифоровна и Борис Васильевич Курчатовы в начале семейного пути

В путешествиях по Крыму
и Кавказу. 1940-1950-е гг.





Б.В. Курчатov (слева) и К.Н. Мухин





Остановка на ночлег. Слева направо: Б.В. и Л.Н. Курчатовы и К.Н.Мухин



И утром в путь. Б.В. и Л.Н. (за рулем) Курчатовы, Г.В.Мухина



На привале



В воскресный день на Москва-реке

Эту дачу Игорь Васильевич получил среди других наград за решение атомной проблемы. Сам он там бывал редко, обычно на даче жили родственники Марины Дмитриевны — старший брат и племянница с мужем. Ни Б.В. с Л.Н., ни сама М.Д. туда пока не ездили. И я решил съездить на разведку, чтобы оценить обстановку на предмет дальнейшего совместного отдыха. Летом 1958 г. я попросил у И.В. разрешение на эту поездку и мы — Г.В., О., моя мама, Ольга Алексеевна (О.А.) и брат Г.В., Василий (В) отправились туда на “Победе”. Дорога в Крым в это время была плохая (особенно от Симферополя до Ялты), к тому же мама плохо переносила езду на машине, так что мы ехали долго — с тремя ночевками.

Дача расположена в одном из чудесных мест Крыма, — в Мисхоре. На нас она произвела незабываемое впечатление: Большой двухэтажный дом с верандами на первом этаже и балконами с видом на море, на втором (есть фото с Б.В. на балконе дачи) полуподвальное помещение, где жила семья сторожа. Первый этаж состоял из очень большой комнаты (бывшая биллиардная старого хозяина дачи), комнаты поменьше с расписным потолком и камином (гостиная) и маленькой комнаты (в которой был телефон), а также кухни с электрической и газовой плитами и просторного холла с лестницами, ведущими на второй этаж и в подвал. На втором этаже находились кабинет И.В. и спальня, а также ванная комната с дровяной колонкой для подогрева воды. Дом стоял в центре большого сада с цветником, бамбуками, олеандрами, магнолиями, стройными кипарисами и величественными ливанскими кедрами. В отдельной части сада росли фруктовые деревья и кусты винограда, среди которых располагался еще один дом поменьше (одноэтажный, состоящий из четырех комнат). По слухам в нем в свое время отдыхал Б.Л. Ванников. Из достопримечательностей основного сада отмечу еще живописную металлическую беседку с видом на море и винтовую лестницу с выходом на дорогу, а также лестничный спуск к “персональному пляжу”. Этот “пляж” с громадным камнем-бубликом, полузатопленным около берега, выглядел очень живописно, но купаться там было практически невозможно из-за крупных острых камней в воде и полного отсутствия песка на берегу.



Неутомимый путешественник.



1950-е гг.

В последние годы жизни И.В. тяжело болел, перенес два инсульта (удара, как говорил он), ходил, опираясь на палку. Третьего инсульта он не выдержал и мгновенно скончался 07.02.1960 г. во время беседы с Ю.Б. Харитоном, который приехал навестить его в санаторий “Барвиха”. Игорь Васильевич прожил довольно мало — всего 57 лет. Но за свою столь короткую жизнь сделал столько, что его трудовой подвиг никогда не будет забыт народом. Потому что все мы понимаем, что именно ему обязаны сохранением независимости нашего Отечества.

Как одного из самых почетных граждан страны, Игоря Васильевича Курчатова захоронили на Красной площади в Кремлевской стене. От правительства в этой печальной церемонии участвовал К.Е. Ворошилов, который передал Марине Дмитриевне соболезнования Н.С. Хрущева и его извинения за невозможность его личного присутствия. В честь Игоря Васильевича его именем названы улица и площадь, примыкающие к территории Института, а на этой площади воздвигнут памятник. Появились улицы Курчатова и в нескольких других городах, а один город, что в Курской области, даже так и называется — город Курчатov. После смерти И.В. дача перешла в собственность М.Д., затем Б.В., потом Л.Н. и, наконец, стала собственностью Курчатовского института. М.Д., пока был жив И.В., отдыхала вместе с ним и на даче не бывала. После его смерти она стала ездить туда с Б.В., Л.Н. и моей семьей, и мы очень дружно жили там вшестером несколько лет подряд. Именно в это время мне удалось гораздо лучше узнать Б.В. не только как отличного семьянина, исключительно вежливого в общении, высокоинтеллигентного человека, но и как крупного ученого, беззаветно любящего свою науку.

Вообще-то Б.В. не очень любил говорить о своей работе. И его можно было понять: во-первых, сказывались воспоминания о совсем недавних запретах на общение, из-за которых сотрудники Лаборатории №2 не знали, чем занимаются в соседних секторах, а во-вторых, очень уж специальная была наука Б.В., которая, по его мнению, не могла заинтересовать весьма далеких от химии людей. Но однажды мне все-таки удалось “разговорить” Б.В., когда он почувствовал неподдельный интерес с моей стороны к одной из его старых работ, выполненной вместе с И.В. Курчатовым, Л.В. Мысовским и Л.И. Русиновым, в которой рассказывалось об открытии у искусственно полученных радиоактивных изотопов брома не двух (как ожидалось), а трех периодов полураспада у наблюдаемой β -радиоактивности (18 мин., 4,4 ч. - и 34 ч.) и перечислялись предполагаемые ядерные процессы, с помощью которых можно было бы объяснить появление третьего периода, а также способы экспериментальной проверки возможности существования данного



Физико-химик и рыбак теоретик
наедине с природой





В Подмоскoвье



процесса (например, образования третьего радиоактивного изотопа брома). В конце концов, в результате дополнительных исследований, проведенных группой И.В. Курчатова, было установлено, что за третий период β -распада отвечает изомерное, т.е. долгоживущее возбужденное состояние изотопа брома $^{80}_{35}\text{Br}$.

Меня подробности этой работы интересовали потому, что я в это время работал над книгой по Экспериментальной ядерной физике, один из разделов которой был как раз посвящен ядерной изомерии. И хотя я, конечно, был знаком со статьями авторов этого открытия, но они были написаны для узких специалистов, т.е. что называется, без подробностей, а других более детальных описаний, особенно касающихся радиохимической части исследования, мне найти не удалось, да и вряд ли они были. Мне вообще кажется, что эта работа братьев Курчатовых и сотрудников не была оценена по достоинству. И несмотря на то, что именно она положила начало поискам изомерных состояний у других ядер, их систематике, изучению механизма изомерного перехода и построению теории ядерной изомерии. Словом, ядерная физика обязана этой работе появлением и развитием в ней нового большого раздела, в котором, по существу, изучается множество новых практически стабильных ядер. Ведь в настоящее время известны ядра-изомеры не только с относительно небольшими периодами полураспада, но и такие, время жизни которых в изомерном состоянии порядка нескольких тысяч лет. При этом характеристики ядра в таком долгоживущем состоянии (например, спин, период полураспада и энергия испускаемых β -частиц) отличаются от его характеристик в основном состоянии, т.е. фактически изомерное состояние данного ядра проявляет свойства другого ядра (хотя и имеющего тот же заряд и то же массовое число). Более подробно о роли Б.В. в работах по открытию и исследованию изомерного состояния у радиоактивного изотопа брома $^{80}_{35}\text{Br}$ написано в другом очерке автора настоящей статьи, который так и называется: “О роли Б.В. Курчатова в открытии изомерного состояния у радиоактивного изотопа брома $^{80}_{35}\text{Br}$ ”.

А здесь мы продолжим рассказ о Б.В. в домашней семейной обстановке во время отдыха на даче в Мисхоре.

Как я уже говорил, обычно мы жили там вшестером: М.Д., Б.В., Л.Н. и нас трое. Жили вполне комфортно, так как в нашем распоряжении всегда была машина. Либо моя “Волга”, когда я с семьей приезжал своим ходом, либо “ЗИМ” Б.В. (подаренный ему братом), когда мы все приезжали поездом, а машину пригонял шофер Б.В. Тадеуш Федорович Хон.

На даче мы вели общее хозяйство, и Марина Дмитриевна неожиданно проявила себя как прекрасная кулинарка. Конечно, в основном все домашние заботы лежали на плечах более молодых женщин, а иногда и мужчин, но в некоторых торжественных случаях М.Д. могла, как она говорила “тряхнуть стариной” и приготовить что-нибудь вкусенькое из кондитерского ассортимента, например, вишневый пирог (фото: М.Д., Б.В., Г.В., Л.Н. и О. за столом на даче). За продуктами мы обычно ездили в Ялту большой компанией (но, конечно, без М.Д.). Кроме продуктов питания во время посещения Ялты мы покупали и кое-что для косметического ремонта дачи, например, краски, олифу, кисти и др. И в этом случае главным оценщиком качества товара был Б.В., который как химик лучше всех разбирался в этом вопросе. А, вернувшись из Ялты, с энтузиазмом принимался за работу.

Иногда на даче бывали гости: знакомые И.В., Б.В. и наши. Довольно часто заходил В.И. Гольданский, с которым вместе ходили в расположенный по соседству в так называемый курортный парк с летним театром (в котором в разное время выступали Н. Сличенко, С. Образцов и др.) и танцевальной площадкой. Молодой Гольданский увлеченно танцевал, а мы наблюдали за ним через ограду. Однажды Гольданский привел на дачу свою жену и тестя – Н.Н. Семенова, который почему-то отнесся к достоинствам дачи несколько скептически. Ну, а если гостей не было, то мы предавались азарту: играли в домино или карты на конфеты.

С Мариной Дмитриевной мы встречались не только в Крыму, но и в Москве – обычно на квартире у Б.В. и Л.Н., куда я привозил ее из “Хижины лесника” на своей машине. В начале 60-х гг. она была вполне бодрой женщиной. Настолько, что как-то раз, увлекшись разговором во время подъема по лестнице в квартиру Б.В. и Л.Н., мы ее проскочили и оказались на 5-ом этаже вблизи входа на чердак! А однажды в сентябре 1963 г. Марина Дмитриевна навестила нас в коттедже на улице Рогова и принесла в подарок моей дочери “Избранное” Паустовского с дарственной надписью. Эта книга бережно хранится в нашей семье и в настоящее время.

Курчатовы в семейном кругу дома:
И.В., Б.В., М.Д. и Л.Н. 2-я половина
1950-х гг. Фото Д.С.Переверзева



И.В., Л.Н. и Б.В. Курчатовы
в 1948 г. в Серебряном Бору.
Фото М.Д.Курчатовой



**М.Д. и И.В. Курчатовы, отдохавшие в санатории “Нижняя Ореанда”,
навестили Б.В. и Л.Н. Курчатовых на даче в Мисхоре.
1-я половина 1950-х гг. Фото Л.Н.Курчатовой**



**Игорь Васильевич пошел на поправку. Б.В., М.Д. и Л.Н.
Курчатовы навестили И.В. в санатории в 1957 г.**

И.В. — 1954 г.



Б.В. по дороге в “Хижину лесника”.
Конец 1960-х гг.



У Кремлевской стены. После 1960 г.

Зимой я посещал М.Д. в ее доме на территории Института, где после смерти Игоря Васильевича она жила, посушеству, одна, но ничего не боялась (хотя однажды к ней пытались забраться воры, сумевшие перебраться через забор Института). С годами, ближе к концу 60-х гг. М.Д. стала выглядеть несколько уставшей и однажды в ответ на вопрос о здоровье несколько неожиданно завела разговор о скоротечности жизни и бренности существования, в заключение которого заявила: “Я устала от жизни и не боюсь смерти”. Умерла она в 1969 г. Урна с ее прахом захоронена в стене Новодевичьего кладбища.

В начале 70-х гг. ухудшилось здоровье Бориса Васильевича, и наши совместные поездки на Крымскую дачу прекратились, а в 1972 г. он скончался. Хоронили Бориса Васильевича очень торжественно. На прощании в доме культуры выступал А.П. Александров и соратники Б.В., а сами похороны состоялись на Новодевичьем кладбище. При этом в знак особых заслуг Б.В. в деле укрепления обороноспособности страны в похоронный ритуал были включены торжественные залпы из винтовок. Через несколько лет на могиле Б.В. вырос величественный памятник скульптора Саркисова, сооруженный на средства Л.Н., которая теперь осталась последней из семейства Курчатовых.

Л.Н. очень тяжело перенесла смерть Б.В. Мне с большим трудом удалось уговорить ее не бросать работу, на которую она долго не ходила. Мы всячески поддерживали ее. Вместе ездили на кладбище (заходя каждый раз к месту захоронения М.Д.), к скульптору, работающему над памятником и в другие места, связанные с памятью Б.В., а во время летних отпусков брали ее с собой в поездку на машине, на так называемое Святое озеро в Литве, облюбованное сотрудниками Курчатовского института. Жизнь “робинзонов”, с ночевкой в палатке, с готовкой на костре и маленькой газовой плитке, с походами за грибами и ягодами, с купаньем и плаванием на резиновой лодке несколько отвлекала Л.Н. от ее горя. А в 1979 г. мы купили дачу в Подмосковье, в которой у Л.Н. была отдельная комната, и мы жили там много лет подряд, вплоть до последнего времени, когда сначала тяжело заболела Г.В., которая скончалась в сентябре 2003 г., а затем и сама Л.Н., которая, проболев около года, умерла в мае 2004 г.

Последние шесть лет своей жизни Л.Н. проработала в родном для нее Курчатовском институте, куда она вернулась после 45-летнего пребывания в Институте биофизики, причем вернулась не просто в Институт, а в тот самый дом, где некоторое время жила вместе с Б.В., И.В. и М.Д. Но теперь это уже была не “Хижина лесника”, приютившая ее в первый год после замужества, как новую родственницу И.В., а “Мемориальный дом-музей И.В. Курчатова”, новым сотрудником которого она стала. Директор “Дома-музея”

Р.В. Кузнецова очень радушно приняла Л.Н. на работу в качестве главного специалиста (у Л.Н. сохранилось множество архивных материалов и фотографий о семье Курчатовых) и до последних дней опекала ее.

Курчатовский институт отметил кончину Л.Н. торжественной панихидой и поминками с выступлениями Е.П. Велихова, Е.П. Рязанцева, Р.В. Кузнецовой, а также многих сослуживцев Л.Н. из обоих институтов, в которых она проработала в общей сложности почти 60 лет.

Мы захоронили ее в могиле Б.В. на Новодевичьем кладбище. Для меня это было четвертое и теперь уже последнее прощание с членами семьи Курчатовых. Пожалуй, оно было самым трудным. Ведь я знал Л.Н. ровно столько времени, сколько она прожила на этом свете.

Написано автором в июле 2004 г.
Подлинник. Автограф.

М.Д. Козлова¹, А.Б. Малинин²

О ЛЮДМИЛЕ НИКИФОРОВНЕ КУРЧАТОВОЙ

Людмила Никифоровна пришла к нам из лаборатории №2, кажется, в 1953 г. в отдел Института биофизики. В нем начинали разрабатывать радиоактивные препараты для медицины, главным образом диагностического назначения, и частично — для радиотерапии. В то время это была новая область прикладной науки мирного приложения атома. Наши диагностические препараты должны были быть безвредными и максимально информативными. Тогда еще не было ясно, следует ли расширить номенклатуру природных радионуклидов или начать разрабатывать разные препараты, используя немногие подходящие изотопы. Поэтому, на первых порах в поисках оптимальных по характеристике излучения, периоду полураспада, способу получения... нами опробывались радиоизотопы многих элементов.

Вот лишь несколько примеров разработок, соавтором которых являлась Людмила Никифоровна. Для диагностики заболеваний сердца потенциально годятся радионуклиды щелочных элементов. К ним относится и калий-43. Для его получения без изотопного носителя была использована реакция $^{43}\text{Ca}(n,p)^{43}\text{K}$ на нейтронах деления в реакторе облучением карбоната кальция, обогащенного по кальцию-43. Людмила Никифоровна разработала способ приготовления диагностического препарата с калием-43 и методику регенерации облученного обогащенного материала. Из изотопов цезия ею были разработаны методы получения цезия-129 с использованием циклотрона и цезия-131 на реакторе. В последнем случае удалось оценить сечение реакции $^{131}\text{Cs}(n,\gamma)^{132}\text{Cs}$ (250 барн).

Щелочноземельные элементы накапливаются в костях, поэтому их радиоактивные изотопы применяют для диагностики костной системы или радиотерапии метастазов рака. Людмила Никифоровна разработала способы

¹ Маргарита Дмитриевна Козлова — радиохимик, к.х.н., с.н.с., в Институте биофизики Минздрава СССР с 1957 г. — Р.К.

² Анатолий Борисович Малинин — физик, к.т.н., с.н.с., в Институте биофизики Минздрава СССР с 1960 г. — Р.К.

получения генератора $^{87}\text{Y}/^{87\text{m}}\text{Sr}$ для многократного элюирования короткоживущего стронция-87m, а также бария-133m на циклотроне путем облучения цезиевой мишени. Интересный феномен произошел с барием-133m: в организме кролика он накапливался в костях, и радиологи получали прекрасные картинки скелета, а при введении этого препарата человеку изотоп бария накапливался в желудке. Объяснения этому явлению так и не нашли.

Из изотопов ртути для медицины наиболее приемлемым является ртуть-197. Без носителя ее можно получить на циклотроне облучением золота протонами и дейтронами. Людмила Никифоровна придумала и осуществила простой и изящный метод выделения ртути-197 возгонкой при нагревании золотой мишени до 800°C в слабом вакууме.

Бета-излучатель иттрий-90 используют в медицине для терапевтических целей. Без носителя его получают из материнского долгоживущего стронция-90. Одну из таких генераторных систем разработала Людмила Никифоровна с коллегами. В ее основе — экстракционно-хроматографический метод, позволяющий производить очистку иттрия-90 от стронция-90 более, чем в 10^{11} раз.

Интересный для медицины радиоизотоп медь-67 впервые был получен Людмилой Никифоровной с коллегами по фотоядерной реакции путем облучения обогащенного цинка-68 пучком тормозного излучения электронного ускорителя с энергией электронов 25 МэВ.

Одна из значительных работ Людмилы Никифоровны — генератор $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$. Дочерний короткоживущий рубидий-82 (период полураспада всего 76 секунд) испускает позитроны, которые порождают пары аннигиляционных гамма-квантов. Регистрация их в совпадениях с помощью позитронного эмиссионного томографа (ПЭТ) позволяет получать хорошие изображения почек и сердца, определять размеры инфаркта миокарда уже через 1 минуту после введения активности в организм. Доза облучения пациента при этом крайне мала и в сотни раз меньше, чем при рентгеновском исследовании. В качестве сорбента для материнского стронция-82 (период полураспада - 25 суток) Людмила Никифоровна использовала оксид алюминия. Рубидий-82 вымывался мгновенно тремя-пятью миллилитрами физиологического раствора без примеси стронция-82.

В 1986 г. после случившейся катастрофы в Чернобыле Людмила Никифоровна с группой сотрудников провела совершенно необходимые и чрезвычайно серьезные анализы проб образцов из зоны Чернобыльской атомной станции. Работа была “грязная”, но для Л.Н. — такая же, как и в 1948 г. на первом промышленном реакторе на Урале.

Приведенные примеры и следующие далее некоторые публикации Л.Н.Курчатовой в период ее работы в Институте биофизики лишь в небольшой степени иллюстрируют ее многогранную деятельность в области применения мирного атома на благо людей.

- Выделение иттрия-88 без носителя из стронциевой мишени. Радиохимия, 11, №2 (1969) 210-214.
- Выделение иттрия-88 без носителя из циркониевой мишени методом адсорбции на фторопласте. Радиохимия, 12, №3 (1970) 529-531.
- Образование меди-67 по реакции $^{68}\text{Zn}(\gamma, p)$ на тормозном пучке электронного ускорителя с энергией 25 МэВ. Радиохимия, 12, №5 (1970) 780-782.
- Получение иттрия-87 и приготовление генератора стронция-87м. Радиохимия, 14, №1 (1972) 110-114.
- Получение цезия-131 без носителя и оценка сечения реакции $^{131}\text{Cs}(n, \gamma)^{132}\text{Cs}$ на тепловых нейтронах. Радиохимия, 14, №6 (1972) 866-869.
- О возможности получения цезия-132 без носителя. Радиохимия, 14, №6 (1972) 904-905.
- Образование скандия-46 при облучении кальция в высоких нейтронных потоках. Радиохимия, 14, №3 (1972) 447-450.
- $^{133\text{m}}\text{Ba}$ Production and a Study of its Application to Bone Scanning. *Isotopenpraxis*, 10. Jahrgang, Heft 5 (1974) 182-183.
- Получение калия-43 на реакторе. Радиохимия, 20, №5 (1978) 776-780.
- Получение ртути-197 без носителя. Радиохимия, 23, №3 (1981) 446-452.
- Получение цезия-129 без носителя на циклотроне. Радиохимия, 23, №1 (1981) 145-148.
- Генератор иттрия-90 высокой радионуклидной чистоты. Радиохимия, 26, №4 (1984) 500-504.
- Methods of producing radionuclides for spectrometric gamma-ray sources and their standardization. *Appl. Radiat. Isotop.* 40, №8 (1989), 707-710.
- Production of Sr-82 and preparation of the Rb-82 generation. Report of 4 Int. Workshop on targetry and target chemistry, Villigen, Switzerland. Sept. 9-12, 1991, PSI, 1992, p. 66-67; и др.

Л.Н.Курчатова являлась соавтором многих докладов на конференциях и симпозиумах, она имела более 10 авторских свидетельств на изобретения.

Вспоминая черты характера и поступки Людмилы Никифоровны, нельзя не сказать, что она была очень скромным, сдержанным, душевно чутким человеком. Умела принимать самостоятельно решения в любом положении. Когда уволилась из лаборатории уборщица, Людмила Никифоровна, не раздумывая, взяла в руки швабру, ведро с водой и начала мыть пол в комнате.

Она никогда не боялась, что черной работой может уронить достоинство, но никогда не делала такую работу напоказ, а напротив – тихо, не привлекая к себе внимания. Не отлынивала она и от поездок на овощные базы на сортировку картошки и овощей (в СССР это была обычная трудовая повинность для научных работников).

Пожалуй, никто не видел Людмилу Никифоровну в плохом настроении, не в духе, или, тем более, озлобленной. Обычно спокойная и доброжелательная, она была всегда внимательна ко всем. А если случались иногда и конфликты с начальством, она не жаловалась сотрудникам и не показывала своих переживаний.

Людмила Никифоровна ходила на работу всегда пешком в любое время года и в любую погоду. Путь от дома до Института биофизики был недлинный: около километра, он пролегал по улице Гамалеи, через запущенный парк.

Своим родственным отношением к фамилии знаменитого деверя (академика Игоря Васильевича Курчатова – Р.К.) Людмила Никифоровна не кичилась и никогда не выказывала намеков на причастность к славной семье.

Последние годы Людмилы Никифоровны вновь были связаны с Курчатовским институтом. На склоне лет она вынуждена была искать себе работу и ее доброжелательно встретили в Доме-музее Курчатова. Отсюда 31 мая 2004 г. курчатовцы и все, кто был близок ей и Борису Васильевичу, проводили ее в последний путь.

ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ НИКИФОРОВНЫ КУРЧАТОВОЙ

Людмила Никифоровна Курчатова прежде всего воспринималась всеми, знавшими ее курчатовцами, как жена и преданнейший друг выдающегося ученого Бориса Васильевича Курчатова. Но она и сама была ученым высокого класса. Биохимик по образованию, она профессионально занималась радиохимией всю жизнь – в этой области проработала 59 творческих лет. Стала заслуженным изобретателем, ветераном атомной энергетики и промышленности. Благодаря таланту, трудолюбию, высокому чувству ответственности, она выросла в ученого-профессионала, шедшего своей тропой в новом, недавно рожденном, направлении, развивая его своим трудом ежедневно, скромно, не хвастаясь успехами и не требуя вознаграждений и почестей.

Людмила Никифоровна Курчатова родилась в Москве 18 октября 1921 г. в семье служащего. С 1929 по 1939 гг. училась в московской средней школе №399, закончив которую в 1939 г. с золотой медалью, поступила тогда же в Московский областной педагогический институт на биохимический факультет.

Когда началась Великая Отечественная война Людмила Никифоровна не эвакуировалась с институтом, а поступила на оборонную работу в научно-исследовательский институт физики Московского Государственного университета (НИИФ МГУ), где в 1942-1943 гг. собирала радиоприборы для фронта.

Приказом № 143 от 4 мая 1943 г. в соответствии с решением ГКО она с 28 апреля 1943 г. была переведена из МГУ на временную работу в систему Мосгортопа, где на дровозаготовительной базе № 30 пять месяцев работала на погрузке дров. 1 октября она была освобождена от работы на трудовом

¹ Раиса Васильевна Кузнецова – историк-архивист, к.и.н., в ИАЭ имени И.В.Курчатова с 1967 г., с 1982 г. – директор мемориального Дома-музея академика И.В. Курчатова. – Р.К.



Выпускной класс московской средней школы № 399, которую Л.Н.Мухина (вторая слева в первом ряду) закончила в 1939 г.



Л.Н.Курчатова дома [1950 г.]
на ул. Новикова



Б.В.Курчатов за работой у
себя дома на ул. Новикова.
[1950-е гг.]

фронте и с 15 октября 1943 г. с возобновлением занятий в институте, вернувшегося из эвакуации, продолжила учебу. Институт окончила с отличием в июле 1945 г.

Осенью 1945 г. после окончания института она была принята в сектор Б.В. Курчатова в Лабораторию № 2 Академии наук СССР на работы по химии урана, нептуния и плутония. Работала лаборантом, старшим лаборантом, младшим научным сотрудником. В 1948 г. она стала супругой Б.В. Курчатова. С этого времени ее жизнь и деятельность неразрывно были связаны с его жизнью и деятельностью, с сотрудниками его сектора, с которыми до последнего времени она сохраняла дружеские отношения.

Она стала любимицей Игоря Васильевича и Марины Дмитриевны Курчатовых, родным, близким и дорогим человеком в их семье.

С тех пор Людмила Никифоровна работала у Бориса Васильевича Курчатова. Совместно и с сотрудниками сектора они провели впервые в нашей стране (а некоторые и в мире) экспериментальные работы по радиохимии.

Вместе с ними она шла нехоженными тропами, разгадывая тайны природы, участвовала в идентификации новых химических элементов, в создании новых методик их получения. В результате с 1945 по 1953 гг. были выполнены десятки работ по радиохимии трансурановых элементов, сотни опытов: в бочке с водой, в агатовых ступках, на первом большом московском циклотроне, первых в Евразии реакторах Ф-1 и промышленном реакторе “Аннушка” на Уральском химкомбинате “Маяк”, на синхроциклотроне в Дубне.

За ряд работ ей была присуждена в 1950 г. премия Совета Министров СССР. Достижения курчатовского института в работах по овладению ядерной энергией, созданию атомной промышленности и ядерного оружия в СССР были бы невозможны без частицы труда Людмилы Никифоровны Курчатовой, вложенной ею в общее дело по защите государства так самоотверженно и скромно. Те, кто мечтал “поставить на колени нашу прекрасную Родину” не достигли своей цели потому, что на их пути встала эта хрупкая русская женщина.

Людмила Никифоровна являлась автором и соавтором многих научных трудов, доложенных на всесоюзных и международных конференциях. Совместно с другими она провела кропотливые исследования по изучению содержания в атмосфере, земле, воде, продуктах питания и т.д. вредных для здоровья человека продуктов распада радиоактивных элементов, образующихся в результате ядерных взрывов, по изучению влияния выпадающих радиоактивных осадков на окружающую среду. Их доклады обсуждались в Специальном

комитете Организации Объединенных наций. Они принесли пользу Игорю Васильевичу Курчатову, когда он обосновывал советскому правительству в 1959 г. необходимость запрещения испытаний ядерного оружия “во всем мире и на вечные времена”, при разработке и принятии в будущем международного договора по этой проблеме.

В связи с правительственными распоряжениями с 1953 г. Людмила Никифоровна продолжила работу по своей специальности в Институте биофизики МЗ СССР. Здесь она трудилась 43 года научным сотрудником в отделе радиофармацевтических препаратов. Занималась разработкой методов выделения радионуклидов из облученных материалов и приготовлением радиофармацевтических препаратов. Результаты ее работы отражены в более чем 50-ти опубликованных статьях и докладах, в около сотни научных отчетов. Она руководила разработкой и участвовала в создании более 60 регламентов, инструкций и методик, большинство которых, как и десяток ее изобретений были внедрены в производство. В 1986 г. за радиохимические исследования, проведенные ею в ходе работ по ликвидации катастрофы на Чернобыльской АЭС, ей была объявлена благодарность.

Последние годы Людмилы Никифоровны (с 1998 по 2004 гг.) были связаны с мемориальным Домом-музеем Игоря Васильевича Курчатова. Она принесла здесь много полезного для увековечения памяти братьев Курчатовых, их семьи. Ее воспоминания и фотодокументы вошли в книги, статьи, доклады, которые были изданы к 100-летию Игоря Васильевича Курчатова и 60-летию созданного им Института. Здесь в конце 40-х годов начиналась ее жизнь с Борисом Васильевичем Курчатовым. Этот дом согревал ее душу и сердце, был ей дорог. В нем и сейчас живет память о Людмиле Никифоровне – душевном, скромном, интеллигентном, веселом и всегда приветливом человеке. Этими качествами она и Борис Васильевич были очень похожи. У них и единственное хобби было общим – занятия наукой – и на работе, и на отдыхе. Все коллеги знали с каким азартом помогала Людмила Никифоровна Борису Васильевичу во время летнего отдыха на даче в Крыму: извлекать из морской воды природный уран методом выпаривания его из шерстяных платков, сутками, полоскавших под морскими камушками; удить одновременно несколькими удочками рыбку, а больше времени разматывать запутавшиеся лески, к удовольствию Б. В., т.к. в это время ему никто не мешал обдумывать возникшую в голове идею, читать очередную монографию или специальный научный сборник о тайнах Тунгусского метеорита... Ей все-таки удавалось “вытянуть” его на концерт – чтобы вместе послушать любимого Сибелиуса, на выставку – полюбоваться “маринами” Айвазовского,

полотнами Левитана и Поленова, почитать ему стихи любимых Пушкина и Тютчева. Искусство занимало большое место в жизни и деятельности супругов. Людмила Никифоровна и Борис Васильевич проявляли постоянный и глубокий интерес к художественной литературе, изобразительному искусству, музыке, что, конечно, обусловило сохранение ими высокого творческого потенциала до конца дней. И очень любили они путешествовать по России, по Крыму...

Часто вспоминаю те дни, когда Людмила Никифоровна, открывая двери Дом-музея, радостно объявляла с порога: “Милочка пришла, встречайте!” Как задумчиво прогуливаясь по курчатовскому саду, она часто останавливалась и как будто прислушивалась к дуновению ветра, шороху в кустарнике, к чему-то такому, о чем знала и помнила только она одна. Наблюдала за белкой, прыгающей по ветвям раскидистого дуба, за дятлом, приноровившемся одно время стучать своим клювом по крышке осветительного фонаря у главного входа в музей и привлекавшем наше внимание к своей персоне таким поведением. Рассказывала, как когда-то Марина Дмитриевна, стоя на крыльце и потряхивая решетом с орехами, подзывала белок. Любовалась весенним первоцветом: подснежниками, фиалками, примулами..., а летом – розами. И осенью с удовольствием пробовала созревшие яблоки из сада, которые в счастливые дни ее молодости были посажены близкими и дорогими ей людьми – Борисом Васильевичем и Игорем Васильевичем Курчатовыми. Каждый раз, когда она теперь сюда приходила, она словно встречалась с дорогим ее сердцу прошлым...

Людмилы Никифоровны не стало 31 мая 2004 г. на 83-м году жизни.

За 62 года самозабвенной трудовой деятельности, которые Людмила Никифоровна отдала на благо своей страны (и не только своей!) она была удостоена в 1950 г.: премии Совета Министров СССР (как особо отличившаяся при выполнении специальных заданий при решении атомной проблемы), медалей: “За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.”, “За трудовую доблесть”, “Доблестный труд”, “Ветеран труда”, медали ВДНХ и знаков “Отличник здравоохранения” и “Ветеран атомной науки и промышленности”. Десятки приказов и грамот с благодарностями сохранились в ее личном деле.

Людмила Никифоровна не только достойно пронесла по жизни знаменитую фамилию – Курчатова – но, и завещанную ей ими – эстафету в науке, приумножив ее научную славу.

Б.В. и Л.Н. Курчатовы
в Подмосковье



В курчатовском
саду на террито-
рии института
жили медведь,
лисица, белки...

**Б.В. с котенком. Крым.
Мисхор. Дача. На втором
плане племянница Ольга**



С собачкой

С фотоаппаратом Б.В. Курчатов
не расставался



После охоты на грибы в Подмоскowie.
Л. и Б. Курчатовы и Т. Баранова



Б. и Л. Курчатовы и Л. Щепкина

**Людмила Никифоровна
у себя дома в кабинете Б.В. 2003 г.**



**В зимнем саду Дома-музея
академика И.В.Курчатова.
Справа налево: Л.Н. Курчатова,
Р.В. Кузнецова, Е.Н. Лосовская.
2003 г.**





Перелистывая книги и фотографии “своего” времени...

К выходу книги удалось выявить работы, выполненные Л.Н.Курчатовой вместе с сотрудниками сектора Бориса Васильевича в Лаборатории № 2 – Институте атомной энергии (ИАЭ), на синхротроне Объединенного Института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне и лаборатории-33 Института биофизики МЗ СССР – статьи и доклады, опубликованные в 1949-1992 гг. Помещенный в книгу “Список” ее трудов, представляет Людмилу Никифоровну как великую труженицу на отечественной ниве науки для пользы людей.

Глава 3
Из научного наследия
(1929–1972)

Часть 1

Научные статьи, доклады и отчеты

Памяти доктора химических наук профессора Б.В. Курчатова *

Б.В. Курчатов являлся одним из основателей советской радиохимии, внесшим большой вклад в решение химических проблем атомной промышленности СССР. Он был одним из первых, кто начал использовать химические методы для интерпретации ядерных реакций при изучении искусственной радиоактивности. Под руководством Б.В. Курчатова и при его непосредственном участии впервые в СССР были выделены индикаторные и весовые количества нептуния и плутония, а также проведены важнейшие радиохимические исследования трансплутониевых элементов — от америция до калифорния. Важные результаты получены им по исследованию ядерных реакций при высоких энергиях частиц, ускоряемых на синхроциклотроне, а также по физике деления тяжелых ядер.



* С.А. Баранов, А.Р. Стриганов, П.М. Чулков. Из статьи “Памяти доктора химических наук профессора Б.В. Курчатова”, “Атомная энергия”, Т.39, Вып. 1, июль 1975, с. 39-41.

К сожалению, научная деятельность Б.В. Курчатова весьма слабо освещена в нашей литературе. Будучи очень скромным человеком, он не заботился о приоритете своих работ, и многие важные результаты своевременно не были опубликованы в открытой печати. В этой краткой статье попытаемся в некоторой мере восполнить отмеченный пробел и осветить вклад Б.В. Курчатова в развитие радиохимии и ядерной физики.

Первые работы Б.В. Курчатова, выполненные в ЛФТИ под руководством акад. А.Ф. Иоффе, относятся к физике диэлектриков и полупроводников. Интересные результаты были им получены при исследовании диэлектрической поляризации изоморфных смесей сегнетовой соли. Для этих кристаллов обнаружена наиболее полная аналогия с ферромагнетиками (выполнение закона Кюри – Вейсса выше точки Кюри, увеличение максимального потока индукции с понижением температуры в области спонтанной ориентации, резко выраженное явление гистерезиса). Полученные данные наряду с исследованием количественных зависимостей от концентрации компонентов смеси послужили основой для разработки его старшим братом И.В. Курчатовым теории сегнетоэлектриков.

В работах по исследованию полупроводников изучена зависимость электропроводности от температуры и примесей. Цель этих исследований – изыскание новых типов твердых выпрямителей. В результате разработан сульфатный выпрямитель, допускающий работу при больших плотностях тока по сравнению с выпрямителями того времени.

В 1938 г. за работы по физике диэлектриков и полупроводников Б.В. Курчатову была присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук.

Начиная с 1934 г. Б.В. Курчатов принимает самое непосредственное участие в работах И.В. Курчатова по изучению искусственной радиоактивности. В этих пионерских исследованиях вся радиохимическая часть была выполнена Б.В. Курчатовым. Изучены ядерные реакции при облучении ядер алюминия нейтронами с образованием ^{27}Mg и ^{24}Na . Одновременно разработан метод изучения ядерных реакций в камере Вильсона с парами из летучего соединения бора. В дальнейших опытах был впервые обнаружен третий радиоактивный изотоп брома. Это привело к замечательному открытию И.В. Курчатовым, Б.В. Курчатовым, Л.В. Мысовским и Л.И. Русиновым ядерной изомерии у искусственно созданных радиоактивных ядер – одному из наиболее крупных достижений советской ядерной физики.

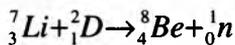
Большой научный и исторический интерес представляет получение первого отечественного плутония. Оно непосредственно связано с именем

Б.В. Курчатова. Исследования в этом направлении начаты Б.В. Курчатовым в 1943 г. в Москве, т.е. значительно раньше пуска первого в СССР уран-графитового реактора (25 декабря 1946 г.). Для выполнения опыта была приготовлена смесь, полученная распределением 2,5 кг закиси-оксида урана в студенистом осадке перекиси урана, осажденной из 3,8 кг уранилнитрата и разбавленной водой до 7,5 л. Колба со смесью помещалась в бочку с водой; в центре колбы устанавливался радий-бериллиевый источник нейтронов, содержащий 1,8 г радия. Облучение велось 83 дня и закончилось 17 октября 1944 г. Оценки показали, что полное количество накопленного плутония составило $3,3 \cdot 10^{12}$ атомов. Плутоний выделяли из пяти образцов; при этом использовались различные варианты химической переработки. В первых трех опытах было взято по 500 г U_3O_8 , в четвертом – 820 г, в пятом – 2,2 кг.

Б.В. Курчатов показал возможность выделения плутония с помощью так называемой купферонсульфатной схемы, отработанной для нептуния, с той разницей, что вместо двойного сульфата калия и цезия используется двойной сульфат калия и лантана.

В результате переработки 2,2 кг облученного урана в виде U_3O_8 был выделен препарат с α -активностью 22 имп/мин. Такое количество полученного вещества позволило достоверно установить химическую природу нового α -излучателя и оценить его период полураспада (31 тыс. лет). Найденная константа оказалась достаточно близкой к современному более точному значению периода полураспада ^{239}Pu (24,3 тыс. лет).

В конце 1944 г. в Лаборатории № 2 АН СССР под руководством И.В. Курчатова был построен и запущен циклотрон с диаметром полюсов 73 см. Он был использован для получения плутония. Дейтроны, ускоряемые до энергии 4 МэВ, направлялись на литиевую мишень. В результате реакции



получались нейтроны, которыми облучался уран. Для замедления нейтронов применялся парафин с размещением в нем уранилнитрата. Облучалось около 10 образцов урана весом до 5 кг каждая. Продолжительность облучения достигала 150 ч.

В период с 10 декабря 1945 г. по 1 сентября 1946 г. Б.В. Курчатов провел много опытов по выделению плутония. В результате отработана лабораторная технологическая схема его выделения: Во всех этих опытах извлечено $1,8 \cdot 10^{-2}$ мкг плутония.

В апреле 1947 г. Б.В. Курчатов с сотрудниками впервые в СССР выделил миллиграммовые количества ^{239}Pu из урана, облученного в первом экспериментальном уран-графитовом реакторе. Плутоний выделяли из двух навесок по 5 кг облученной окиси урана. В первом опыте выделение осуществлялось марганцево-сульфатным методом, во втором — ацетатно-сульфатным.

Концентрирование плутония проводилось лантан-сульфатным методом, обстоятельно отработанным к тому времени Б.В. Курчатовым с сотрудниками. Сущность этого метода состоит в сборе лантана в виде двойного сульфата с калием в окислительной среде и осаждении плутония с меньшим количеством лантана в виде двойного сульфата с калием в восстановительной среде. Уменьшая содержание носителя путем повторения окислительно-восстановительных циклов, можно до такой степени уменьшить объем раствора, что плутоний будет осаждаться в чистом виде без осколков. Для осаждения 5-20 мкг плутония объем раствора должен составлять $\sim 10^{-4}+10^{-3}$ мл. Были получены две навески плутония: из первой партии окиси урана 6,1 мкг и из второй (после более интенсивного и длительного облучения) — 17,3 мкг.

Эти препараты использовались для изучения некоторых свойств химических соединений плутония: гидрата перекиси плутония, фторида плутония, гидрата окиси Pu(IV) , двойного сульфата калия и Pu(III) и Pu(IV) , гидрата Pu(IV) , оксалата Pu(III) , сульфата Pu(III) . Были также определены значения растворимости ряда труднорастворимых соединений плутония (гидроокиси, фторида, гидрата, перекиси, иодата).

Многочисленные работы Б.В. Курчатова в области химии первых трансурановых элементов, продуктов деления, аналитических методик и технологических процессов переработки облученного урана явились большим научным вкладом и широко использованы в отечественной атомной промышленности.

Плодотворными были исследования Б.В. Курчатова, посвященные изучению радиохимическими методами реакций на сложных ядрах при высоких энергиях бомбардирующих частиц. Эти работы выполнялись в Дубне в 1949-1953 гг. непосредственно после пуска мощного синхроциклотрона. В итоге были изучены закономерности выхода разнообразных продуктов расщепления серебра и вольфрама при взаимодействии с быстрыми частицами, найден и идентифицирован ряд новых изотопов; обнаружены такие явления, как вылет легких ядер из серебра (резко асимметричное деление), вторичные ядерные реакции с увеличением заряда и массы облучаемого ядра, деление ядра с возбужденного состояния и т.д.

Б.В. Курчатов был основоположником исследований зараженности воздуха, почвы, продуктов питания радиоактивными изотопами, образующимися при ядерных взрывах. Эти работы большей частью носили пионерский характер и имели существенное значение в изучении влияния продуктов атомных взрывов на биосферу.

Последние годы жизни Б.В. Курчатов посвятил исследованию деления ядер (в основном тяжелых). С помощью радиохимических методов получены закономерности как симметричного, так и асимметричного деления в зависимости от заряда и массы делящегося ядра.

Б.В. Курчатов уделял большое внимание подготовке научных кадров. Его ученики стали высококвалифицированными специалистами, которые самостоятельно претворяют в жизнь научные идеи своего учителя.

Б.В. Курчатов был членом КПСС. Он участвовал в работе ряда комиссий по различным проблемам радиохимии, был членом Ученого совета ИАЭ, членом экспертной комиссии ВАК и членом редсовета журнала "Радиохимия".

Б.В. Курчатов сочетал в себе исключительные способности, трудолюбие и любовь к науке, был человеком большой эрудиции и культуры. Борис Васильевич был чутким и отзывчивым товарищем, всегда очень охотно, не считаясь со временем, помогал всем, кто обращался к нему за советом и помощью. Зачастую даже разрабатывал и проверял специальные методики получения и анализа каких-либо соединений, интересовавших сотрудников Института.

Научная работа Бориса Васильевича неразрывно связана с научной деятельностью его брата Игоря Васильевича. Это была искренняя и деловая дружба талантливого радиохимика и выдающегося физика-экспериментатора нашего века, дружба, стимулировавшая научный поиск и приведшая к большим достижениям как в радиохимии, так и в ядерной физике.

ПРИНЦИП ПОДОБИЯ В ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Б. Курчатов и И. Курчатов.

Поведение диэлектрика в электрическом поле заставляет нас приписать ему помимо диэлектрической поляризации еще способность проводить электрический ток. Оба эти явления, однако, настолько тесно связаны между собой, что нередко их трудно отличить друг от друга в твердых диэлектриках. Прохождение тока здесь сопровождается, как это было показано работами Иоффе, Рентгена, Кирпичевой, Синельникова, Вальтера и др.,¹ специфическими особенностями, связанными с нарастанием встречной электродвижущей силы, величина которой достигает значений, почти равных приложенному потенциалу. Последнее обстоятельство резко отличает явление спада тока по наложению напряжения со временем, наблюдающееся в твердых диэлектриках, от сходных с ним явлений в водных растворах электролитов, где встречная электродвижущая сила поляризации достигает лишь очень малых значений, не зависящих при этом от величины приложенного потенциала.

Работы Иоффе с кристаллами кальцита, кварца и каменной соли, Синельникова и Вальтера со стеклом и слюдой показали, что сила тока в первый момент по включении поля, когда встречная электродвижущая сила еще равна нулю, строго пропорциональна приложенному к диэлектрику напряжению, закон Ома здесь выполняется со всей той точностью, которой можно добиться в данной области измерения. Отступления от закона Ома начинаются только при очень высоких градиентах поля порядка 10^6 вольт/см.

¹ А. Ф. Иоффе и М. В. Кирпичева. Ж. Р. Ф.-Х.О., ч. физ. 48, вып. 9, 1916. W. Roentgen und A. Joffe. Ann. d. Phys. 64, 1, 1921. A. Joffe und W. Roentgen. Ann. d. Phys. 72, 461, 1923. Sinelnikoff und Ann. Walter. ZS. f. Phys. 40, 786, 1927.

Встречная электродвижущая сила в твердых диэлектриках вызывает кажущееся увеличение его диэлектрической постоянной; кроме тех зарядов, которые связываются на электродах диэлектрической поляризацией, распространяющейся со скоростью света, на них возникают еще заряды, силовые линии которых кончаются внутри диэлектрика на ионах объемного заряда.

В дальнейшем мы будем различать две емкости конденсатора с твердым диэлектриком – геометрическую, обязанную диэлектрической поляризации молекул вещества, и “поляризационную”, существование которой вызвано объемным зарядом.

Нарастание встречной электродвижущей силы в твердых диэлектриках вызывается образованием у электродов разноименного с ними объемного заряда, ведущего в большинстве случаев к искажению распределения потенциала в больших расстояниях от электродов, как это показано на рис. 1 для кристаллов кварца по исследованиям Иоффе.

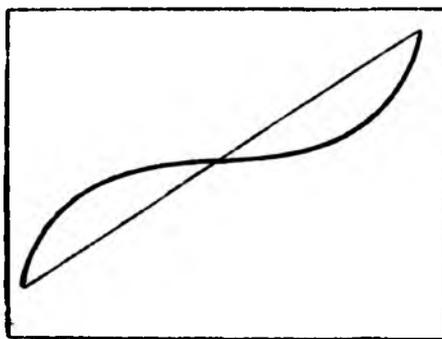


Рис. 1.

Законы, управляющие ростом и величиной объемного заряда, еще не установлены; чрезвычайная сложность проблемы и недостаточность достоверного экспериментального материала оставляют здесь слишком большой произвол; все попытки решения задачи оказываются в данный момент еще слишком необоснованными и рано или поздно начинают противоречить постепенно накапливающемуся опытному материалу.

Целью настоящей работы явилось изучение законов образования объемных зарядов в пластинах различной толщины при одних и тех же градиентах электрического поля. Измерение распределения потенциала – наиболее непосредственный метод решения поставленной выше задачи, не мог служить сколько-нибудь удовлетворительным способом исследования,

благодаря малой точности, с одной стороны, и невозможности произвести измерения для пластин толщиной меньше 1 мм — с другой. Мы остановились на определении поляризационных количеств электричества в пластинах диэлектрика разной толщины и зависимости силы тока от времени, как величин, которые хотя косвенными путями характеризуют распределение объемного заряда, но могут быть измерены с большой степенью точности и для пластин произвольной толщины.

МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение поляризационной емкости и сил токов было произведено со стеклом, изготавливаемым Государственным заводом в Ленинграде, и красной слюдой, совершенно прозрачной и однородной в оптическом отношении. Измерение “остаточных” стационарных токов было произведено на монокристаллах селитры, полученных из расплавленного состояния в лаборатории молекулярной физики Государственного физико-технического рентгеновского института¹. Электрические свойства этих очень чистых кристаллов являются постоянными для всех образцов, как это было показано в предыдущих исследованиях лаборатории А. Ф. Иоффе.

ПРИБОРЫ И РАСПОЛОЖЕНИЕ ОПЫТОВ

Измерение сил токов производились электрометром Лютца-Эдельмана по методу зарядки постоянной емкости или по отклонению при постоянном сопротивлении. В качестве емкости в этих измерениях употреблялся переменный воздушный конденсатор на янтарной изоляции с максимальной емкостью в 3 600 см; в качестве сопротивления служили карбоновые мегомы (фирмы Robt. W. Paul, London), предварительно проверенные на гальванометре на отсутствие явлений поляризации и применимость закона Ома в области напряжений, которые создавались во время работы. Схема соединений при измерении силы тока приведена на рис. 2.

Напряжение от источника подавалось к особому переключателю, ко торый позволял на очень короткое время накоротко соединять с землей связанный с электрометром электрод, после того как на другой подавалось напряжение. Это устройство позволяет исключить из рассмотрения индуктивные заряды на измерительном электроде, вызванные диэлектрической поляризацией.

¹ Кристаллы были предоставлены Н. А. Бриллиантовым, которому выражаем нашу благодарность.

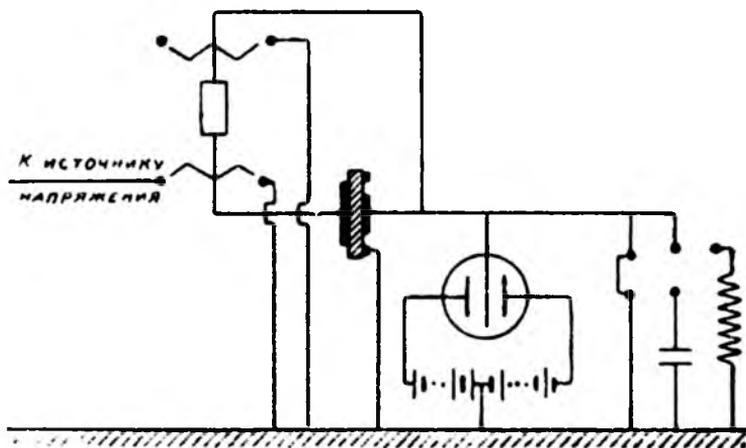


Рис. 2.

Для измерения начального и близкого к начальному токов нить электрометра проектировалась на движущуюся фотографическую пленку; нить при этом сильно подтягивалась и снималась контрольная фотография времени ее установки. При измерении начальных токов отношение сопротивления, через которое заземлялся электрод, соединенный с электрометром, к емкости образца бралось настолько малым, чтобы исключить влияние емкости на кривую спадания. Измерение количеств электричества, запасенных конденсатором с твердым диэлектриком, производилось по схеме, аналогичной применявшейся Синельниковым и Вальтером при изучении хода потенциала поляризации в стекле (рис. 3). Конденсатор заряжался от источника напряжения и разряжался на большую емкость C , потенциал которой промерялся струнным электрометром. Величина емкости C не меньше, чем в 100 раз превосходила емкость исследуемого образца. В качестве емкости C употреблялся декадный магазин фирмы Гартман-Браун от 0,001 до 1,0 микрофарады.

В качестве источника напряжения служили высоковольтные батареи и измерительный трансформатор фирмы Сименс-Гальске на 12 000 вольт; напряжение трансформатора выпрямлялось кенотроном фирмы А. Е. Г. и сглаживалось присоединенными через большое сопротивление конденсаторами емкостью в несколько сотых микрофарады с изоляцией из полимеризованной олифы, изготовленными в Государственной физико-технической лаборатории.

Напряжение измерялось до 1500 вольт мультицеллюлярным вольтметром, выше 1 500 вольт – электростатическим вольтметром фирмы Гартман-Браун.

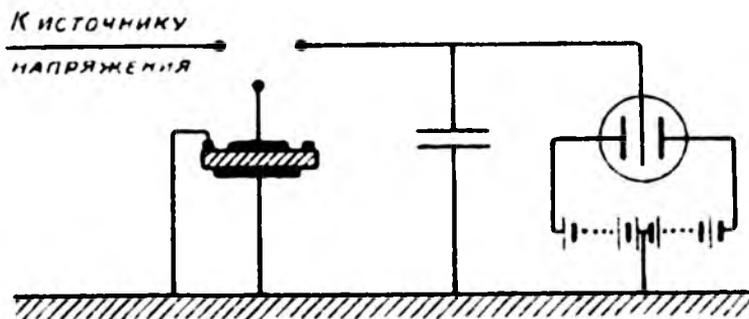


Рис. 3.

ИЗМЕРЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Опыты с кристаллами селитры

Исследуемые образцы с нанесенными графитированием электродами и охранным кольцом зажимались в особые щипцы, которые затем ввинчивались в металлический сосуд, на дне которого в особой чашке помещался фосфорный пентоксид. Образцы до измерений выдерживались в течение 12 часов в металлическом сосуде, так как опыт показал, что только в этих условиях исчезает поверхностная проводимость между охранным кольцом и соединенным с электрометром электродом. С кристаллами селитры были произведены измерения остаточного тока в зависимости от толщины при одних и тех же градиентах электрического поля. Этот ток, отвечающий равновесному состоянию поляризации, определяется количеством приходящих к электродам ионов и диффундирующих отсюда в толщу кристалла. Если через кристалл пропускать некоторое время ток под напряжением V_1 , а затем снизить его до V , то естественно ждать, что отвечающий последнему напряжению равновесный ток будет быстрее устанавливаться при этих условиях, чем в том случае, когда напряжение V сразу было бы подано на образец. Опыт подтверждает эти ожидания. В таблице 1 приведены значения сил токов J и J_1 и время установки стационарного состояния; силы тока J относятся к опытам, где на образец сразу подавалось напряжение V , для которого определялся остаточный ток; значения тока J_1 отвечают тому же потенциалу V , но предварительно через кристалл пропускался ток в течение 20 минут под напряжением, равным $2V$.

Таблица 1

J_1 в амп.	t	J в амп.	t	V в вольтах	d	S
$15,3 \cdot 10^{-12}$	20	$15,5 \cdot 10^{-12}$	2	320	0,55	$0,25 \text{ см}^2$
$28 \cdot 10^{-12}$	20	$27 \cdot 10^{-12}$	2	320	0,28	0,25 „
$13,3 \cdot 10^{-12}$	20	$13,4 \cdot 10^{-12}$	2	82	0,06	0,10 „

t – время установки тока в часах,

d – толщина образца в см,

S – поверхность электрода.

По второму способу был измерен остаточный ток в области градиентов, где выполняется закон Ома, в кристаллах толщиной от 0,55 до 0,06 см.

Опыты велись на одном кристалле селитры, который постепенно шлифовался вначале на наждачной бумаге, а при малых толщинах на матовом стекле, увлажненном концентрированным раствором NaNO_3 . Результаты приведены на рис. 4.

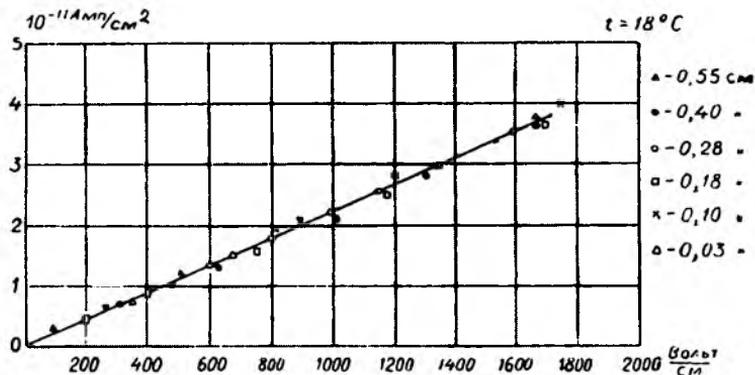


Рис. 4. Остаточный ток в крист. NaNO_3 разной толщины ($t=18^\circ\text{C}$).

Как показывают эти данные, через кристаллы при одинаковом градиенте проходит один и тот же ток, т. е. для остаточного тока в селитре выполняется закон Ома по толщине.

Уже эти измерения дают возможность высказать развиваемый в данной работе принцип подобия распределения потенциала при прохождении тока в твердых диэлектриках, согласно которому распределение потенциала для каждого промежутка времени по включении напряжения подобно в пластинах различной толщины и определяется только градиентом поля.

Данные для кристаллов селитры показывают, что величина градиента в средней части образца, определяющего остаточный ток, зависит только от величины приложенного градиента, но не от толщины образца. Для стекла и слюды это заключение было распространено на всю кривую спада тока со временем, на более широкую область градиентов электрического поля и разные температуры исследования.

Опыты со стеклом

Для измерений употреблялись стеклянные трубки различной толщины. Исследуемая трубка, в верхней части которой наносился слой парафина и охранное кольцо, наполнялась крепким раствором серной кислоты – внутренним электродом, внешним электродом служил тот же раствор; подвод тока осуществлялся платиновыми проволочками.

На внешний сосуд наматывалась электрическая печь, питаемая постоянным током, температура измерялась двумя термометрами, расположенными на разной глубине во внешнем сосуде.

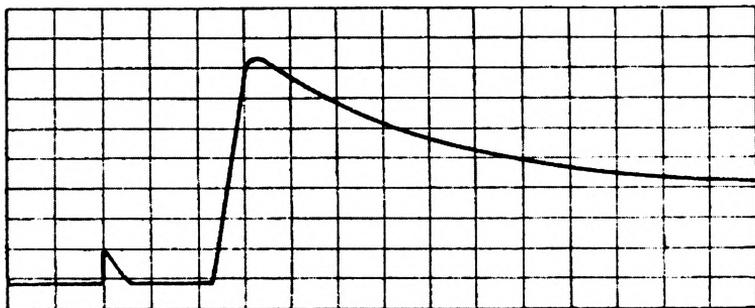


Рис. 5.

Было снято спадание тока фотографическим путем. Измерения тока производились по методу отклонения при постоянном сопротивлении. Опыты были произведены со стеклянными трубками толщиной 1,5 мм, 0,4 мм и 0,2 мм. Толщина трубок определялась по величине емкости конденсатора, образуемого каждой трубкой. После опыта они разбивались и толщина стенок в разных местах промерялась толщешером Цейсса; среднее из этих измерений совпадало с толщиной, вычисленной из величины емкости конденсатора. Измерения были произведены при градиенте $2 \cdot 10^4$ вольт/см и температуре 50° .

Величину сопротивления, через которое один из электродов отводился к земле, приходилось уменьшать при переходе к более тонким образцам в соответствии с изменением емкости системы.

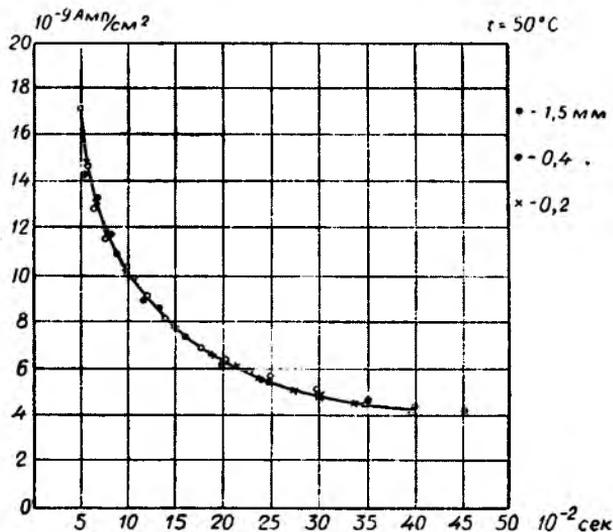


Рис. 6. Опадание силы тока в стекле разной толщины.

Как уже указывалось, электрод, соединенный с электрометром, был в момент подачи напряжения на образец для отвода индуктированных на этом электроде зарядов и лишь спустя несколько сотых секунды он отземлялся и начиналось перемещение нити электрометра. Для отметки на фотографии момента подачи напряжения включался небольшой воздушный конденсатор между электрометром и электродом, соединяемый с источником напряжения. Благодаря этому в момент подачи напряжения электрометр заряжался от индуктированных в этом конденсаторе зарядов и тотчас же разряжался через сопротивление в несколько мегом на землю; в результате, как видно на рис. 5, получался небольшой скачок, служивший начальной точкой для отсчета времени. На рис. 6 сопоставлено изменение силы тока со временем в стеклах, толщины которых указаны выше. Как абсолютные значения, так и ход кривых совершенно тождественны во всех случаях; сила тока определяется только градиентом в образце и временем, протекшим с момента наложения напряжения. С формальной стороны эти результаты доказывают применимость

закона Ома для твердых диэлектриков, если рассматривать явления, учитывая время развития в них ионных процессов.

Это обобщение закона Ома приводит к весьма существенным заключениям относительно величины поляризационной емкости диэлектрика в зависимости от толщины образца. Выше уже было указано, что количества электричества, связанные в конденсаторе с твердым диэлектриком, состоят из двух частей Q_1 и Q_2 , обусловленных диэлектрической поляризацией и объемными зарядами:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

Величина Q_1 пропорциональна разности потенциалов между электродами:

$$Q_1 = C \cdot V,$$

коэффициент пропорциональности представляет геометрическую емкость конденсатора, определяемую величиной диэлектрической постоянной и размерами

$$C = \frac{S \cdot \epsilon}{4 \cdot \pi \cdot d}.$$

Можно думать, что и Q_2 также пропорционально приложенной разности потенциалов:

$$Q_2 = C_n \cdot V, \quad (1)$$

а коэффициент C_n назвать поляризационной емкостью данного диэлектрика.

Формула (1) выполняется на опыте в области не слишком высоких градиентов поля, что было показано на опыте, в уже цитированной работе Синельникова и Вальтера¹, но ход ее с толщиной оставался до настоящего времени неизвестным. Принцип подобия устанавливает ход C_n с толщиной для веществ с объемным искажением потенциала (типа кварца); приведенные выше данные зависимости силы тока от времени в стеклах различной толщины показывают, что количества электричества, возникающие в результате роста в диэлектрике объемных зарядов, определяются градиентом поля, т. е.

$$Q_2 = \alpha \cdot X = \frac{\alpha}{d} \cdot V$$

и, значит, поляризационная ёмкость так же, как и геометрическая обратно пропорциональна толщине образца. Из принципа подобия следует, что отношение общих количеств электричества, запасенных диэлектриком, к количествам

¹ Л. с.

электричества, связанным с диэлектрической поляризацией, определяется только временем наблюдения и не зависит от толщины диэлектрика. Это заключение было непосредственно проверено на опытах со стеклом путем измерения емкости стеклянного конденсатора для различных времен зарядки. Методика опытов приведена выше. Геометрическая емкость измерялась в высокочастотном контуре (частота 10^5). Результаты измерений представлены в таблице для различных температур исследования; в таблицах приведено отношение $\frac{Q}{Q_1}$ для разных промежутков времени по наложению напряжения.

$$f = 35^\circ, X = 3 \cdot 10^4 \text{ вольт/см}$$

Таблица 2

Время зарядки t	$\delta = 1,5 \text{ мм}$	$\delta = 0,1 \text{ мм}$
1"	1,1	1,05
5"	1,2	1,4
15"	1,3	1,3
30"	1,4	1,4
1'	1,5	1,5
5'	1,7	1,8
15'	1,8	—

$$f = 50^\circ, X = 3 \cdot 10^4 \text{ вольт/см}$$

Таблица 3

t	$\delta = 0,1 \text{ мм}$	$\delta = 0,02 \text{ мм}$	$\delta = 0,006 \text{ мм}$
1"	1,3	1,2	1,2
5"	1,6	1,5	1,6
15"	1,7	1,8	1,9
30"	1,8	2,0	2,1
1'	2,1	2,4	2,3
5'	2,7	2,7	2,8

$$f = 70^\circ, X = 3 \cdot 10^4 \text{ вольт/см}$$

Таблица 4

t	$\delta = 1,5 \text{ мм}$	$\delta = 0,4 \text{ мм}$	$\delta = 0,1 \text{ мм}$	$\delta = 0,006 \text{ мм}$
1"	1,8	1,5	1,7	1,7
5"	2,2	2,1	2,4	2,4
15"	2,6	2,4	2,7	2,8
30"	3,0	2,8	3,1	3,1
1'	3,5	3,3	3,4	3,5
5'	4,1	4,0	3,9	4,0

Приведенные данные показывают достаточное постоянство отношения $\frac{Q}{Q_1}$ при изменении толщины более чем в 200 раз и подтверждают правильность принципа подобия.

Опыты со слюдой

С пластинками слюды были повторены те же опыты, как и со стеклом с аналогичными результатами; приводимая ниже таблица дает отношение $\frac{Q}{Q_1}$ для слюды при температуре в 200° и градиенте 10^4 вольт/см. Для исследования на пластинку слюды наносились платиновые электроды катодным распылением, все опыты были произведены с одним образцом, который по мере надобности расщеплялся на все более и более тонкие слои.

Таблица 5

$X=10^4$ вольт/см, $t' = 200^\circ$; время зарядки 10 м.

Толщина образца	$\frac{Q}{Q_1}$
160 μ	1,52
40 „	1,46
20 „	1,48
6 „	1,52

Из опытов Иоффе, Курчатова и Синельникова¹ известно, что в тех областях напряжения, где в диэлектрике наступает ударная ионизация, сила тока при одном и том же градиенте различна в пластинах различной толщины.

Рис. 7, заимствованный из работы вышеуказанных авторов, показывает эту зависимость для начального тока в стекле. Уже значительно раньше того градиента [$3 \cdot 10^6$ вольт/см в стекле и $4 \cdot 10^6$ вольт/см в слюде], при котором начинается расхождение приведенных выше кривых, в толстых пластинах остаточный ток перестает удовлетворять закону Ома в пластинах одной толщины по отношению к изменению напряжения.

Синельниковым и Вальтером² было выяснено, что эти отступления от закона Ома вызваны не изменением сопротивления материала, а непропорциональным ростом встречной электродвижущей силы поляризации по сравнению с приложенным напряжением; последнее обстоятельство вызвано в

¹ Известия Академии Наук, 1927.

² Л. с.

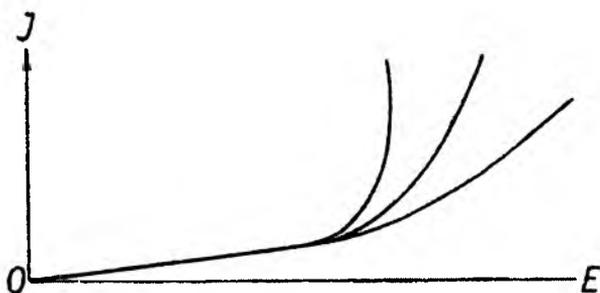


Рис. 7.

свою очередь, повидимому, ударной ионизацией у электродов, где градиент поля значительно выше среднего и может достигать порядка нескольких миллионов вольт на сантиметр при среднем градиенте порядка 10^5 вольт/см. Было существенно проверить выполнимость принципа подобия в той области, где уже возможна ударная ионизация у электродов, но средний градиент меньше ионизационного. На рис. 8 приведены силы остаточного тока в зависимости от градиента через пластины слюды толщиной от 160 до 6 μ . Измерения произведены при температуре в 200° .

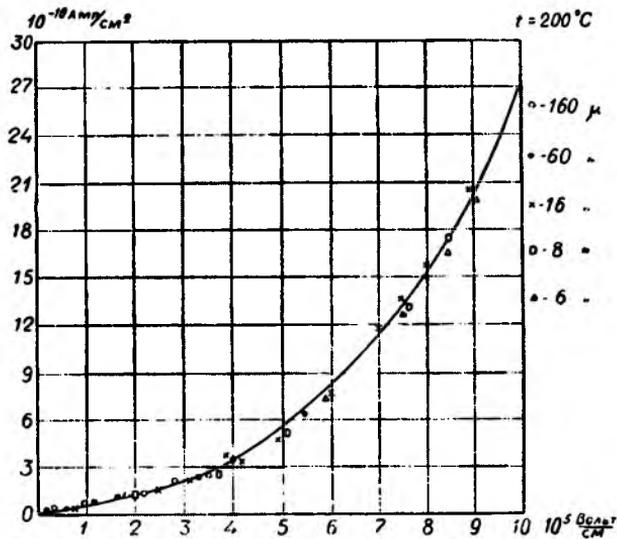


Рис. 8. Остаточный ток в зависимости от градиента в слюде различной толщины.

Данные показывают, что принцип подобия достаточно хорошо выполняется вплоть до градиентов в 10° вольт/см и закон Ома по отношению к толщине соблюдается при градиентах, лежащих уже близко к градиентам ударной ионизации во всей толще диэлектрика.

Некоторые следствия принципа подобия

Полученный экспериментальный материал позволяет сделать некоторые общие заключения. С точки зрения принципа подобия очевидно, что тангенс угла потерь в диэлектрике не должен зависеть от толщины последнего. По теории Синельникова и Вальтера тангенс угла потерь представляется уравнением:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\omega \cdot R}{C} \left(\frac{C_1^2}{C_1^2 \omega^2 R^2 + 1 + \frac{C_1}{C}} \right)$$

Здесь R — сопротивление пластины диэлектрика, C — геометрическая, C_1 — поляризационная емкость, ω — частота переменного тока.

При изменении толщины величины U , C и C_1 все меняются линейно и $\operatorname{tg} \delta$ остается таким образом постоянным. Постоянство $\operatorname{tg} \delta$ с изменением толщины при справедливости принципа подобия, является, конечно, следствием не только одной упомянутой выше теории, но и любой другой, связывающей явления потерь с законом спадания тока при постоянном напряжении. В качестве экспериментального подтверждения постоянства $\operatorname{tg} \delta$ можно указать на работу Чёрчер, Даннат и Дэльгейш¹. Авторы исследовали величину переходного сопротивления между ртутью и рядом твердых диэлектриков и показали, что $\operatorname{tg} \delta$ остается постоянным для большого числа диэлектриков при изменении толщины от 0,1 до 0,9 см, если исключить из полученных данных влияние переходного сопротивления. Мы не приводим здесь полного разбора результатов, полученных другими авторами в интересующей нас области; в некоторых случаях они совпали с нашими, в некоторых расходятся; но всегда легко отыскать причину таких разногласий. Анализ экспериментального материала наших предшественников позволяет считать принцип подобия справедливым для весьма большого числа диэлектриков в области градиентов, не слишком близких к пробойным.

¹ Curcher, Dannat and Dalgleish, Journ. of Electric. Eng. № 386.

Принцип подобия позволяет сделать несколько заключений о справедливости ряда теоретических представлений о механизме прохождения тока через твердые диэлектрики. В ряде работ Смекаль многочисленными соображениями обосновал точку зрения на ток в диэлектриках, как на движение зарядов по трещинам внутри материала. Явление поляризации, по Смекалю, заключается в росте объемного заряда на концах каждой трещины. Нам кажется возможным увязать представления Смекаля с опытом, только допустив, что длина этих трещин может быть очень большой, порядка одного и даже нескольких миллиметров. Выше уже было указано, что поляризация сопровождается искажением поля в образце, и значит, по Смекалю, длина трещин должна быть сравнима с толщиной образца, которая в ряде опытов по измерению поляризации имела значения одного и более сантиметров.

Следует, таким образом, думать, что число трещин, пронизывающих насквозь диэлектрик, будет сильно расти с уменьшением его толщины и вследствие этого остаточный ток должен быть значительно больше при одном и том же градиенте поля в пластинах малой толщины. Это заключение противоречит опытному материалу, и теория Смекаля оказывается таким образом недостаточной для объяснения всех особенностей прохождения тока через твердые диэлектрики. Точно также оказывается неточной теория объемных зарядов, данная Бёнингом². Автор дает следующее выражение сопротивления диэлектрика в зависимости от градиента и толщины образца:

$$\rho^1 = (\rho_0 - n U^m) \frac{X}{X - bd \left(1 - l - \frac{c}{d} X \right)},$$

здесь ρ^1 — сопротивление для остаточного тока,
 ρ_0 — истинное сопротивление диэлектрика,
 U — приложенная разность потенциалов,
 X — градиент поля,
 d — толщина образца,
 n, m, b, c — константы.

² Buning, ZS. f. techn. Physik, № 3, S. 82., 1929 r.

Подбором констант n и m Бёнингу удалось более или менее удовлетворительно объяснить опытный материал, предположив постоянство выражения, стоящего за скобками (имеющийся до настоящей работы материал позволял считать до известной степени правильным такое допущение).

Данные настоящей работы с изменением толщины образца в 200 раз делают недопустимым предположение постоянства рассматриваемого выражения и вместе с тем показывают, что теория Бёнинга не может описать явлений в диэлектриках.

Данная работа производилась в лаборатории общей физики; заведующему лабораторией акад. А. Ф. Иоффе приносим нашу благодарность.

Гос. Физико-Техническая Лаборатория. Ленинград, 1929 г.
(Поступило в Редакцию 14 мая 1929 г.)

ПРОБОЙ КАМЕННОЙ СОЛИ ПРИ РАСТВОРЕНИИ ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ

Б. В. Курчатov

Настоящая работа имела целью выяснить, как влияет состояние поверхности диэлектрика на его электрическую прочность.

В качестве материала для исследования была взята каменная соль, ввиду легкости механической обработки ее, а также возможности непрерывного обновления поверхности соли, путем растворения в воде. Кроме того особое положение каменной соли среди других диэлектриков по отношению к пробое электрическими импульсами длительностью 10^{-7} секунд¹⁾, а именно значительное понижение диэлектрической прочности ее при пробое импульсами по сравнению с пробоем постоянным током, заставляло предполагать у каменной соли резкое влияние на пробивной градиент соли неоднородностей, поверхностных или внутренних.

Для опытов из кусков каменной соли выкалывались по плоскостям спайности пластинки, которым придавалась форма, указанная на рис. 1.

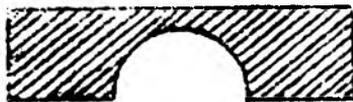


Рис. 1

¹⁾ П. П. Кобеко и И. В. Курчатov. Ж Р. Ф. X. О. Г. Физическая. Том 61, вып 4, 1929.

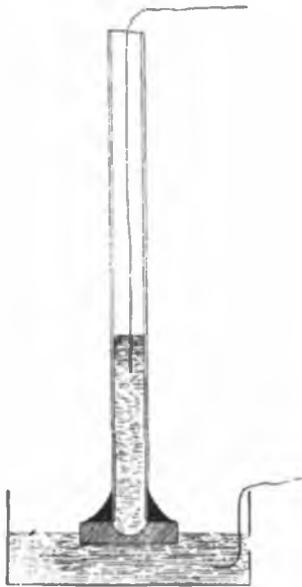


Рис. 2

Размеры пластинок были $2 \times 2 \times 0,4$ см, диаметр углубления, вытачивавшегося шаровым сверлом, составлял 0,8 см. Нижняя поверхность пластинки шлифовалась на крокусовой бумаге, затем на гладком стекле, смоченном водой. Углубление также обрабатывалось водой до образования совершенно гладкой поверхности.

Готовые образцы высушивались в течение одного часа при температуре $120^\circ - 140^\circ$ и в горячем состоянии приклеивались пицеином к стеклянной трубке или системе трубок в зависимости от метода пробоя. На рис. 2 и 3 показана монтаж образца при пробое без растворения и с растворением. В первом случае в качестве электродов применялись насыщенные растворы NaCl, во втором случае — вода или насыщенные растворы NaCl различной концентрации, в зависимости от требуемой скорости растворения. Растворение осуществлялось с одной стороны кристалла водой, протекавшей через стеклянные трубки I и III, с другой стороны — слоем воды, стекавшим по латунной пластине A. Устройство пластинки изображено отдельно на рис. 4.

Проточная вода была необходима для получения гладкой поверхности и достаточно быстрой и постоянной скорости растворения. Растворяющие жидкости подавались по каучуковым трубкам к трубке I и пластине A под постоянным давлением из склянок Мариотта.

Пробой с растворением осуществлялся следующим образом: на образец подавалось напряжение, постоянное по величине ($10 - 40$ kV) и пускалась вода по трубке I и пластине A. В тот момент, когда постепенно растворявшаяся соль пробивалась, прекращалась с помощью пружинного зажима B подача воды в трубку I и пускался по трубке II спирт, удалявший остатки воды. Одновременно образец отводился механическим

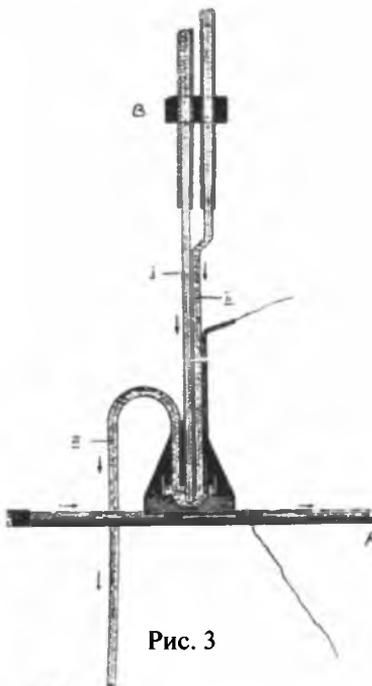


Рис. 3

приспособлением от поверхности пластины *A* и затем осушивался фильтровальной бумагой.

Толщина каменной соли в месте пробоя измерялась микрометром Цейсса; она была несколько меньше той толщины, при которой происходил пробой ввиду неизбежного запаздывания осушки образца после пробоя. Это время запаздывания было порядка одной секунды, что в большинстве случаев отвечало дополнительному растворению 0,01 mm. всей толщины, т. е. систематическая ошибка составляла приблизительно 5%. Соответствующая поправка не внесена в приводимые ниже данные ввиду того, что не влияет существенно на результаты измерений.

Пробой постоянным током

В качестве источника напряжения служила стабилизовольтовая установка фирмы Гэф-Галло-Пиллон на 250 kV и мощностью 7,5 киловатта, Напряжение измерялось электростатическим вольтметром Гартман-Брауна со шкалой 0–13 kV при помощи потенциометра с проточной водой. Пробой без растворения производился постепенным повышением напряжения со скоростью 5 kV в секунду.

У части образцов нижняя поверхность делалась матовой, путем шлифовки на крокусовой бумаге.

Ширина штрихов на такой поверхности была не более $2 \cdot 10^{-2}$ mm. Результаты приведены на рис. 5 и в таблице 1.

Таблица 1

Пробой с одновременным растворением. Скорость растворения 0,7 mm в минуту

№	Исходная толщина δ_0	Измерен. толщина δ_1	Пробивной потенциал V	Пробивной градиент x
1	0,70 mm	0,170 mm	40 000 V	$2,3 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$
2	0,53 „	0,180 „	40000 „	$2,2 \cdot 10^6$ „
3	0,67 „	0,190 „	40000 „	$2,1 \cdot 10^6$ „
4	0,67 „	0,220 „	40000 „	$1,8 \cdot 10^6$ „
5	0,75 „	0,183 „	40000 „	$2,2 \cdot 10^6$ „
6	0,67 „	0,168 „	40000 „	$2,4 \cdot 10^6$ „
7	0,54 „	0,230 „	40000 „	$1,7 \cdot 10^6$ „
8	0,77 „	0,185 „	40000 „	$2,2 \cdot 10^6$ „
9	0,67 „	0,170 „	40000 „	$2,4 \cdot 10^6$ „
10	0,66 „	0,190 „	40000 „	$2,1 \cdot 10^6$ „
Среднее				$2,1 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$

Средний пробойный градиент при электродах из насыщенного раствора NaCl оказался равным

$1,9 \cdot 10^6$ — как для случая гладких, так и матовых поверхностей кристалла. Пробой с растворением дал величину $2,1 \cdot 10^6$. Если ввести поправку на растворение после пробоя, то получается градиент $2,0 \cdot 10^6 \frac{V}{cm}$.

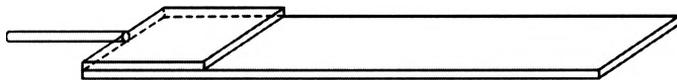


Рис. 4

Таким образом, диэлектрическая прочность каменной соли по отношению к постоянному току почти не зависит от состояния поверхности. Некоторая зависимость наметилась лишь для рода электрода. При ртутных электродах и матовой поверхности кристалла получился пробойный градиент $1,7 \cdot 10^6 \frac{V}{cm}$.

Пробой импульсами малой длительности

Источником напряжения служила импульсная установка; схема установки приведена на рис. 5а¹.

Емкости C_1 и C_2 (10000 см каждая) заряжались через кенотроны K_1 и K_2 от трансформатора T до равных, но противоположных по знаку потенциалов $+v_0$ и $-v_0$. До того же потенциала заряжались через большие сопротивления r_1 и r_2 и одни из обкладок емкостей C_3 и C_4 (5000см каждая). Другие обкладки емкостей были соединены с линией, в которую включался исследуемый образец P и заземлены через сопротивления r_3 и r_4 (по $10^5 \Omega$ каждое). Левые пластины емкостей C_3 и C_4 имели таким образом первоначально потенциалы $+v_0$ и $-v_0$, а правые потенциал нуль.

Если напряжение повышалось настолько, что в искровом промежутке f (шары диаметром в 2 см) проскакивала искра, то левые пластины оказались замкнутыми накоротко. Правые пластины не успевали разрядиться через сопротивления и на конденсаторах сохранялась прежняя разность потенциалов $2v_0$. Правые пластины приобретали поэтому потенциал $-v_0$ и

¹ За любезное разрешение воспользоваться установкой приносим глубокую благодарность А.Ф. Вальтеру.

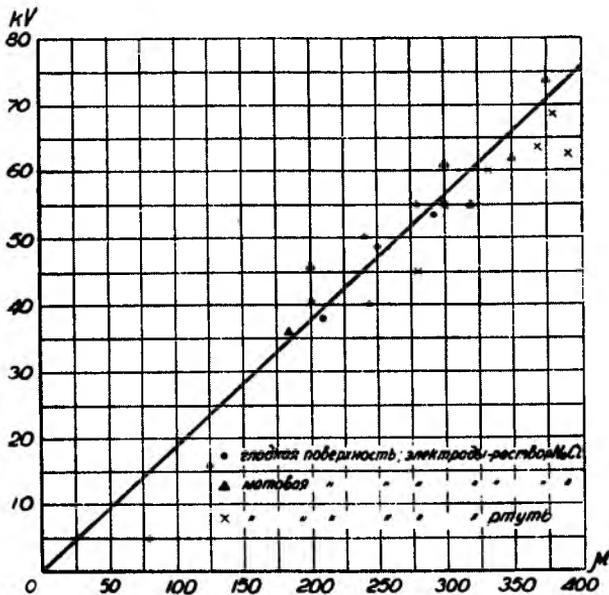


Рис. 5

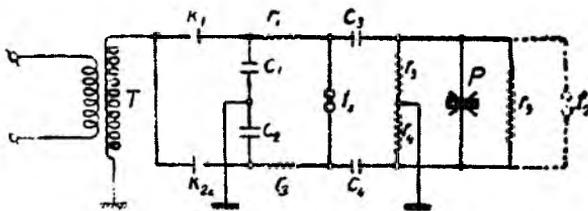


Рис. 5а

соответственно $+v_0$. Возникший таким образом импульс распространялся по линии, достигая образца P , затем конденсатор постепенно разряжался через сопротивления r_3 , r_4 и r_6 , значение которого будет видно из дальнейшего, и напряжение падало до нуля. Максимальное напряжение на образце лишь в том случае равно сумме начальных напряжений на емкостях $2v$, если, во-первых, в линии нет потерь и, во-вторых, у конца линии не происходит отражения. Особенно существенным может оказаться последнее обстоятельство. Теория показывает, что в случае отражения напряжение на концах открытой линии может удвоиться по отношению к разрядному. Замыкая концы линий на сопротивление r_5 , равное волновому сопротивлению линии,

можно избежать отражения. Сопротивление подбиралось опытным путем по сравнению показаний совершенно одинаковых разрядников f_1 и f_2 . Равенство искровых промежутков f_1 и f_2 указывало на отсутствие отражения. Скорость нарастания напряжения в наших опытах равнялась, приблизительно, 10^{-7} сек., длительность всего импульса — $5 \cdot 10^{-7}$ сек.

Таблица 2

Пробой импульсами. Электроды из насыщенного раствора NaCl.
Поверхности кристалла гладкие.

№	δ	v	x
1	0,350 mm	19200 V	$0,55 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$
2	0,315 „	32500 „	$1,03 \cdot 10^6$ „
3	0,310 „	23000 „	$0,74 \cdot 10^6$ „
4	0,300 „	23000 „	$0,77 \cdot 10^6$ „
5	0,225 „	16000 „	$0,71 \cdot 10^6$ „
6	0,250 „	38000 „	$1,50 \cdot 10^6$ „
7	0,260 „	35000 „	$1,30 \cdot 10^6$ „
8	0,295 „	28500 „	$0,96 \cdot 10^6$ „
9	0,345 „	24000 „	$0,70 \cdot 10^6$ „
10	0,310 „	34000 „	$1,10 \cdot 10^6$ „
Среднее			$0,94 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$

При пробое происходило сильное разрушение образца и измерение толщины в месте пробоя было невозможно. Поэтому о толщине образца в момент пробоя при растворении пришлось судить по времени растворения. Скорость растворения была предварительно точно определена из ряда опытов и составляла 0,250 mm в минуту (по 0,120 — 0,130 mm с каждой стороны) при колебаниях на 0,020 mm. Таким образом, погрешность в измерении толщины при растворении в течение одной минуты доходила до 10 %, увеличиваясь все время пропорционально продолжительности опыта.

Результаты приводятся в таблицах 2—4.

Полученные данные указывают на очень резкую зависимость диэлектрической прочности каменной соли от состояния поверхности при пробое импульсами.

Таблица 3

Пробой импульсами. Электроды из насыщенного раствора.
Одна поверхность кристалла матовая

№	δ	v	x
1	0,295 mm	31 000 V	$1,05 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$
2	0,190 „	14000 „	$0,73 \cdot 10^6$ „
3	0,330 „	28000 „	$0,86 \cdot 10^6$ „
4	0,200 „	14400 „	$0,70 \cdot 10^6$ „
5	0,270 „	14000 „	$0,50 \cdot 10^6$ „
6	0,310 „	24000 „	$0,77 \cdot 10^6$ „
7	0,240 „	14000 „	$0,58 \cdot 10^6$ „
8	0,280 „	23000 „	$0,82 \cdot 10^6$ „
9	0,265 „	19200 „	$0,72 \cdot 10^6$ „
10	0,390 „	35000 „	$0,90 \cdot 10^6$ „
11	0,340 „	28400 „	$0,83 \cdot 10^6$ „
12	0,210 „	14000 „	$0,67 \cdot 10^6$ „
Среднее			$0,79 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$

Таблица 4

Пробой импульсами с растворением. Скорость растворения $0,250 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$;
 t – время растворения в секундах

№	δ_0	t	δ_1	v	x
1	0,473 mm	73	0,173 mm	30 000 V	$2,0 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$
2	0,426 „	57	0,177 „	35000 „	$2,0 \cdot 10^6$ „
3	0,370 „	40	0,200 „	25000 „	$1,2 \cdot 10^6$ „
4	0,500 „	80	0,170 „	30000 „	$1,8 \cdot 10^6$ „
5	0,480 „	45	0,290 „	30000 „	$1,0 \cdot 10^6$ „
6	0,520 „	94	0,130 „	30000 „	$2,5 \cdot 10^6$ „
7	0,490 „	80	0,160 „	25000 „	$1,6 \cdot 10^6$ „
8	0,560 „	85	0,210 „	32000 „	$1,5 \cdot 10^6$ „
8	0,530 „	75	0,220 „	32000 „	$1,5 \cdot 10^6$ „
Среднее					$1,7 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$

Наибольшие значения пробойных градиентов получились при пробое с одновременным растворением образца, доходя до $2,0 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$.

В случае пробоя без растворения пробойные градиенты каменной соли с гладкими поверхностями оказались значительно меньше, а именно порядка $1 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$, при исключительной разбросанности результатов, вызванной, очевидно, значительными колебаниями в свойствах поверхностного слоя.

Образцы, шлифованные с одной стороны, дали несколько более устойчивые результаты, по-видимому, в связи с относительно одинаковой степенью неоднородности поверхности. Средний пробойный градиент оказался еще ниже $0,8 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$.

Пробой переменным током

Источником напряжения служила индукционная катушка, мощностью 4 kW на 75 kV напряжении. Катушка питалась переменным 50-ти периодным током. Напряжение измерялось электростатическим вольтметром фирмы Гартман-Брауна со шкалами 0 – 50 и 0– 100 kV. Все ниже приводимые данные отвечают максимальным значениям напряжения.

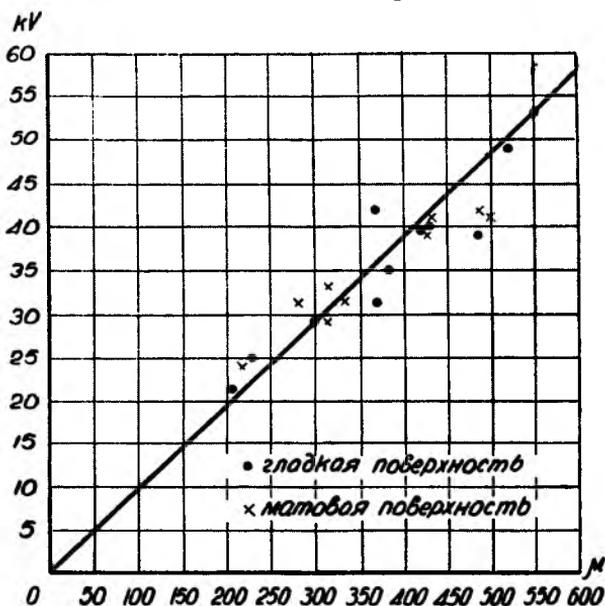


Рис. 6

Рис. 5 изображает результаты пробоя с электродами из насыщенного раствора NaCl. Средний пробойный градиент оказался равным $1,0 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$ для кристаллов как с гладкой, так и матовой поверхностью.

Пробой с растворением был изучен более подробно, чем это было сделано при пробое импульсами, так как небольшое разрушение кристалла при пробое позволяло измерять толщину пробитого образца с достаточной точностью. Результаты приведенные в таблицах 5 и 6, показывают, что пробойный градиент повышается благодаря растворению поверхностного слоя до $2 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$, но только в области относительно малых толщин—до 0,2 мм. При больших толщинах пробойный градиент убывает, приближаясь к $1 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$.

Таблица 5

Пробой переменным током с растворением. Скорость растворения $0,700 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$

№	δ_0	δ_1	v	x
1	0,610 мм	0,190 мм	38000 В	$2,0 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$
2	0,670 „	0,195 „	39000 „	$2,0 \cdot 10^6$ „
3	0,600 „	0,220 „	39000 „	$1,8 \cdot 10^6$ „
4	0,580 „	0,185 „	36000 „	$1,0 \cdot 10^6$ „
5	0,720 „	0,180 „	38000 „	$2,1 \cdot 10^6$ „
6	0,720 „	0,190 „	39000 „	$2,1 \cdot 10^6$ „
7	0,590 „	0,200 „	39000 „	$1,9 \cdot 10^6$ „
Среднее				$2,0 \cdot 10^6 \frac{V}{\text{см}}$

К такому же выводу привел ряд опытов, в которых растворение и пробой были разделены во времени. В этих опытах растворение образца, смонтированного обычным образом (рис. 3) производилось без наложения напряжения. Когда образец становился достаточно тонким, растворение прекращалось путем замены воды насыщенным раствором NaCl, после чего производился пробой и измерялась толщина в месте пробоя. Результаты приводятся в таблице 7.

Таблица 6

Пробой переменным током с растворением. Скорость растворения $0,4 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$

№	δ_0	δ_1	v	x
1	0,520 mm	0,140 mm	28 000 V	$2,0 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{см}}$
2	0,520 „	0,120 „	26000 „	$2,2 \cdot 10^6$ „
3	0,510 „	0,400 „	53000 „	$1,3 \cdot 10^6$ „
4	0,600 „	0,180 „	31000 „	$1,7 \cdot 10^6$ „
5	0,470 „	0,130 „	28000 „	$2,1 \cdot 10^6$ „
6	0,470 „	0,300 „	28000 „	$0,9 \cdot 10^6$ „
7	0,550 „	0,220 „	35000 „	$1,6 \cdot 10^6$ „
8	0,600 „	0,270 „	36000 „	$1,3 \cdot 10^6$ „
9	0,620 „	0,260 „	38000 „	$1,5 \cdot 10^6$ „
10	0,520 „	0,220 „	32000 „	$1,5 \cdot 10^6$ „

Таблица 7

Пробой переменным током каменной соли со свежей поверхностью (без растворения)

№	δ_0	δ_1	v	x
1	1,000 mm	0,300 mm	39000 V	$2,0 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{см}}$
2	1,050 „	0,250 „	35000 „	$1,4 \cdot 10^6$ „
3	1,080 „	0,330 „	43500 „	$1,3 \cdot 10^6$ „
4	1,150 „	0,170 „	35000 „	$2,1 \cdot 10^6$ „
5	1,150 „	0,145 „	31 000 „	$2,2 \cdot 10^6$ „
6	1,030 „	0,250 „	33500 „	$1,3 \cdot 10^6$ „
7	1,000 „	0,240 „	37000 „	$1,5 \cdot 10^6$ „

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные данные могут быть объяснены допущением на поверхности кристалла микроскопических и ультрамикроскопических трещин.

Результаты опытов говорят против механической теории пробоя, развитой Горовицем на основе представлений Гриффитца.

Согласно теории Горовица¹ наличие трещин на поверхности образца ведет к преждевременному разрушению диэлектрика из-за перенапряжения электрических и механических усилий на концах трещин. Роль этих трещин сказывается и на преждевременном разрушении материала механическими усилиями. Опытами Иоффе и Левицкой²) было показано, что растворение каменной соли позволяет значительно повысить ее механическую прочность. Тот же процесс увеличивает диэлектрическую прочность лишь при пробое переменным током и импульсами малой длительности.

Трещины занимают в процессе пробоя, видимо, другое место, чем предписывается теорией Горовица, создавая только в особых условиях требуемые этим исследователем перенапряжение при пробое.

На основании данных работы можно думать, что пробой постоянным током дает возможность получить правильные значения прочности диэлектрика в однородном электрическом поле.

В заключение приношу благодарность Заведующему Лабораторией академику А.Ф. Иоффе, а также И. В. Курчатову, непосредственно руководившему данной работой.

Ленинград. ГФТЛ
Лаборатория общей физики

¹ Журнал Русск. Физ. Химич. Обществ. Часть Физическая 59, 369, 1927.

² A. Joffe und V. Levitzky. Zeitschrift fur Physik.

СПОНТАННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ И ГИСТЕРЕЗИС В НЕКОТОРЫХ ИЗОМОРФНЫХ КРИСТАЛЛАХ СЕГНЕТОВОЙ И АММОНИЙНО-СЕГНЕТОВОЙ СОЛЕЙ*

Б. В. Курчатов

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Аномальные электрические свойства сегнетовой соли были в последнее время подробно исследованы П. Кобеко и И. Курчатовым. Ими было показано, что для понимания явлений, в ней происходящих, необходимо сделать два предположения: 1) о вращении в кристаллах сегнетовой соли дипольных групп и 2) о существовании внутреннего поля, аналогичного полю Вейсса.

Это внутреннее поле в сегнетовой соли способно в области комнатных температур вызывать спонтанную ориентацию, что и было показано П. Кобеко и И. Курчатовым на закономерностях электрокалорического эффекта. По аналогии с ферромагнетизмом из этих опытов была определена точка Кюри сегнетовой соли как такая температура, при которой исчезает самопроизвольная ориентация.

В дальнейшем нам будет важно пользоваться некоторыми данными из работы И. Курчатова и В. Бернашевского по изучению диэлектрической постоянной сегнетовой соли при температурах выше точки Кюри. С их любезного согласия мы в нашей работе приводим часть их измерений из этой еще не опубликованной работы.

Всякое ферромагнитное тело выше точки Кюри (Θ) следует закону Кюри-Вейсса:

$$\frac{\sigma}{H} = \frac{C}{T - \Theta}$$

* Совместно с М. А. Еремеевым.

Для сегнетовой соли закон Кюри-Вейсса, очевидно, тоже должен выполняться. В виду того, что диэлектрическая постоянная этого кристалла остается очень большой до предельно высокой температуры (40° С), можно полагать электрическую восприимчивость равной $\frac{\epsilon}{4\pi}$. Закон Кюри-Вейсса в таком случае должен быть представлен следящим выражением:

$$\frac{\epsilon}{4\pi} = \frac{C}{T - \Theta},$$

причем C здесь та же постоянная Кюри, что и в магнитных явлениях, и равна:

$$C = \frac{\mu^2 N}{3k}.$$

Здесь μ – дипольный момент и N – число молекул в единице объема.

Из этой формулы видно, что $\frac{1}{\epsilon}$ должна зависеть линейно от температуры; это и подтверждается на рис. 1. Из него видно, что точка Кюри для сегнетовой соли лежит около 24° С.¹ Вычисленный из постоянной Кюри дипольный момент оказался порядка 10^{-18} CGSE, что является нормальным для дипольных моментов молекул.

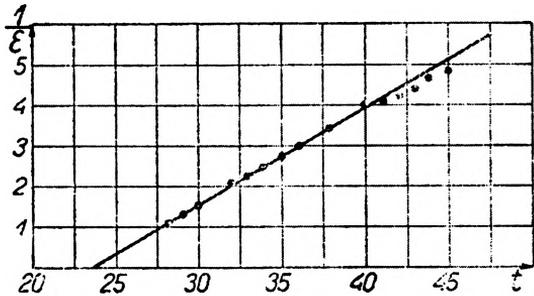


Рис. 1

Все до сих пор известные случаи не позволяют ответить на очень важный вопрос о зависимости спонтанной ориентации от температуры кристалла. В сегнетовой соли при температуре – 20° С возникают какие-то процессы,² которые препятствуют ориентации молекул. Температурный интервал ориентации ограничивается, таким образом, очень узкой областью температур

¹ В одной из работ Валашека указывается на аналогичную зависимость.
² Природа этих процессов еще совершенно не ясна.

от 24 до 20° С. Решение указанного выше вопроса невозможно при исследовании сегнетовой соли. Изучая диэлектрические свойства изоморфных кристаллов простой и аммонийной сегнетовой солей, нам удалось при определенных молекулярных соотношениях компонентов получить кристаллы, в которых температурный интервал ориентации оказался значительно более широким.

Исследования с такими кристаллами уже позволяют выяснить зависимость спонтанной ориентации от температуры. Этому вопросу, а также и ряду аналогий электрических свойств некоторых изоморфных кристаллов с ферромагнитными материалами посвящена данная статья. Общий же вопрос характеристики ряда изоморфных кристаллов с точки зрения их электрических свойств будет освещен в наших дальнейших статьях.

МЕТОДИКА

Насыщенный раствор изоморфных солей помещался в эксикатор с прокаленным хлористым кальцием, и рост кристалла происходил за счет его испарения. Полученный монокристалл подвергался предварительному исследованию на количество введенной в сегнетовую соль изоморфной компоненты, а также на степень его однородности. Как видно из рис. 2, содержание изоморфной примеси в кристалле не совпадает с ее содержанием в растворе. На этом чертеже по оси абсцисс отложено число молекул изоморфной компоненты

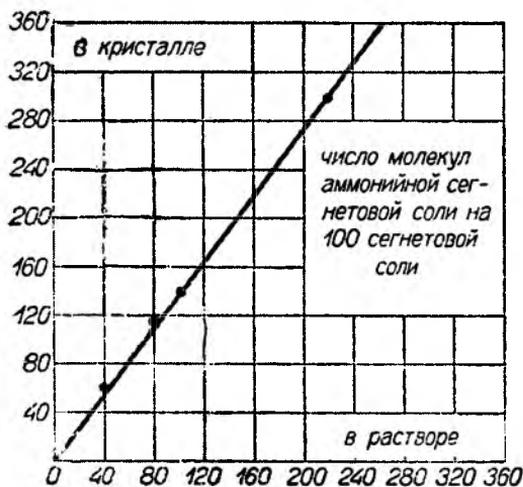


Рис. 2

в растворе на 100 молекул сегнетовой соли, а по оси ординат — то же число в кристалле. Однородность кристалла определялась путем тщательного химического анализа. Из физических методов определения однородности кристалла наиболее чувствительным оказался метод определения малых разностей показателя преломления для различных точек кристалла.¹

Предварительные исследования показали, что из небольших объемов нельзя получить сколько-нибудь химически однородных кристаллов; и если при этом не поддерживать строго постоянной температуры термостата, в кристалле образуются натяжения и трещины, легко обнаруживаемые применявшимися нами чувствительными методами. Это наблюдается особенно сильно в тех случаях, когда кристаллы готовились из небольших объемов раствора.

Для отдельных опытов кристаллизация велась из очень больших объемов раствора (1 л на кристалл в 3 см³), а температурные колебания нашего термостата не превышали 0,1° С. Получение вполне однородных кристаллов представляет непреодолимые трудности, и даже чрезвычайно трудно получить изоморфный кристалл без трещин. Во всяком случае мы производили дальнейшие исследования только с теми кристаллами, неоднородность которых в химическом составе не превышала 0,1%, а показатель преломления не отличался в пятом знаке для всего объема кристалла. Все наши кристаллы не имели видимых в микроскоп трещин.

Для электрических измерений из монокристалла влажной нитью вырезывалась пластинка перпендикулярно к оси *a*. На поверхности пластинки наносились электроды из коллоидного графита (аквадага), к которым затем наклеивалась свинцовая фольга. Опыты П. Кобеко и И. Курчатова показали, что такие электроды дают вполне надежные результаты.

Чрезвычайно важно было монтировать образцы в таком приборе, который позволял бы легко, просто и удобно получить и поддерживать любую температуру, необходимую при измерениях. Для этого был изготовлен прибор, показанный на рис. 3. Он представляет неоткачанный дюаровский стакан, к которому сверху припаян шлиф, а внутри помещена электрическая печка, намотанная на алюминиевый цилиндр. Сверху стакан через шлиф прикрывается эбонитовым кружком, который препятствует конвекции воздуха. Температура внутри прибора определялась термопарой. Для получения низких температур он опускался в дюаровский стакан с жидким воздухом, и необходимая температура устанавливалась электрической печкой. В таком термостате довольно быстро устанавливается нужная температура, легко поддающа-

¹ Мы пользовались методом проф. И.В. Обреимова.

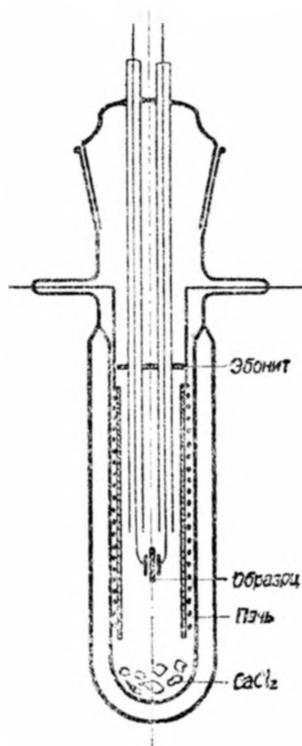


Рис. 3

ся регулировке. Расход жидкого воздуха незначительный. Нам хватало 2 л. на 5-6 часов работы при всех температурах до комнатной.

Методика наших электрических измерений была та же, что и в работе П. Кобеко и И. Курчатова.²

Диэлектрическая постоянная аммонийной сегнетовой соли ($\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) мала и не зависит от температуры.

Несмотря на чрезвычайно большое сходство в химическом и кристаллографическом отношениях с сегнетовой солью, $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ не обладает ее аномальными электрическими характеристиками. Оказалось, однако, что эти характеристики появляются в изоморфных кристаллах обеих компонент. Первые измерения показали, что температурная область ориентации смещается в изоморфных кристаллах в сторону низких температур. Оставляя для дальнейшего изложения электрические характеристики изоморфных кристаллов в зависимости от процентного содержания отдельных компонент, мы в данной статье будем предпочтительно говорить о свойствах изоморфного кристалла, содержащего 140 молекул аммонийной сегнетовой соли на 100 молекул сегнетовой. Температурный

интервал здесь распространяется на 100° : от -90 до -190°C . Две особенности установки ориентации в изоморфных кристаллах отличают их от сегнетовой соли: 1) медленная установка ориентации при низких температурах и 2) гистерезис с очень значительной коэрцитивной силой. На рис. 4, 5 и 6 даны зависимости потока индукции через кристалл (ось ординат) от приложенного напряжения (ось абсцисс) при постоянном токе после приложения поля в течение 10 минут (рис. 4), при переменном поле с частотой в 50 (рис. 5) и 500 (рис. 6) периодов. Параметром этих кривых является температура. Из сопоставления этих данных видно, что начиная с температуры -150° и ниже поток индукции через кристалл начинает падать по мере увеличения частоты тока; начиная с этих температур время установки поляризации таким образом больше 0,001 и даже 0,01 секунды. Специальные опыты, проведенные при температуре

² ZS, Phys., 66, II. 3 und 4. Там же указана и библиография вопроса.

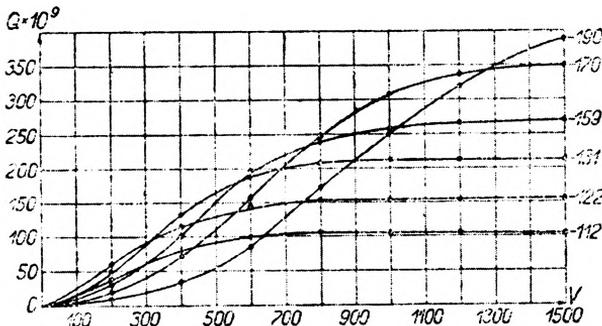


Рис. 4

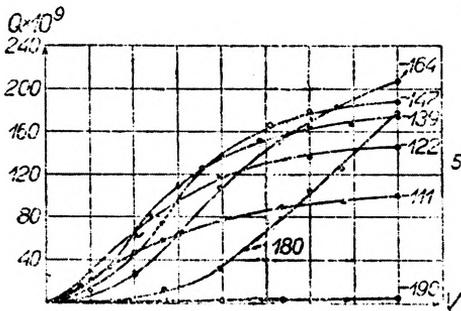


Рис. 5

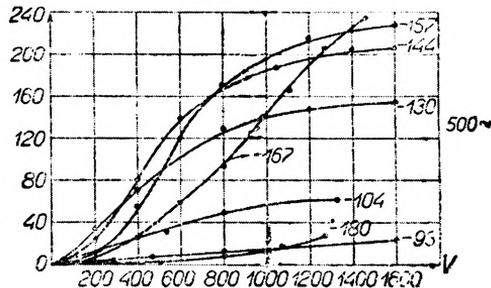


Рис. 6

кипения жидкого воздуха, показали, что полная установка поляризации диэлектрика требует многих минут. Замедление установки поляризации можно отнести к замедлению процессов в кристалле, но можно объяснить также и несовершенством методики измерений, если сделать предположение, что электрод из аквадага при температуре жидкого воздуха становится относительно плохим проводником или же дает плохой контакт с кристаллом. Процесс зарядки последнего может очень сильно растянуться во времени.

Для того чтобы выяснить роль электрода, был проведен такой контрольный опыт. На пластинку из кристалла с обеих сторон наклеивались листочки слюды толщиной около 0,002 мм с фольговыми электродами (рис. 7). На рис. 8 представлен процесс зарядки конденсатора под влиянием электрического поля. Здесь по оси абсцисс отложено время в секундах, а по оси ординат — заряд конденсатора в произвольных единицах. Поле было в 15000 В/см. Затем опыт был повторен, но кристалл был заменен металлом. При приложенном напряжении в 1500 В не было замечено тока большего 10^{-16} (чувствительность установки). Реальность замедленной установки поляризации в изоморфных кристаллах, таким образом, можно считать установленной.

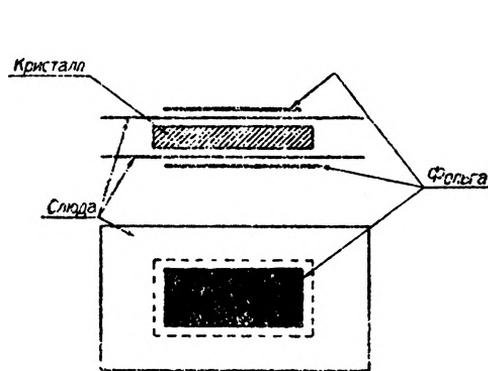


Рис. 7

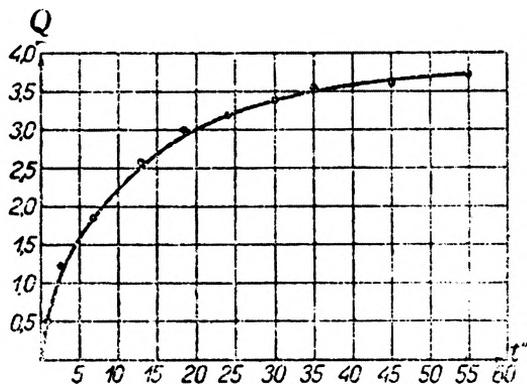


Рис. 8

На рис. 9, 10, 11 и 12 нанесены снятые нами замкнутые циклы гистерезиса. Они снимались следующим образом. Один из электродов исследуемого кристалла присоединялся к источнику напряжения, которое плавно изменялось потенциометром в первичной цепи кенотронной установки. Второй электрод был присоединен к электрометру с параллельно приключенной к нему большой слюдяной емкостью. При неизменной емкости потенциал электрометра непосредственно давал значения ординат в цикле гистерезиса. Из этих рисунков видно, как расширяется петля гистерезиса при понижении температуры и таким образом увеличиваются коэрцитивная сила и остаточная ориентация. Последняя сохраняется в образце в течение значительного промежутка времени. При температуре жидкого воздуха мы в течение 3 часов не наблюдали заметного ее уменьшения.

В учении о магнетизме установлено, что ферромагнетики теряют остаточное намагничивание, а коэрцитивная сила становится равной нулю в точке Кюри. На рис. 13 нанесена остаточная ориентация в изучаемом нами кристалле в зависимости от температуры. Она исчезает при -106°C . Коэрцитивная сила также падает к нулю при этой температуре (левая часть рис. 14), которая в то же время является точкой Кюри (правая часть рисунка), определяемой по закону Кюри-Вейсса, проверенному для сегнетовой соли В. Бернашевским и И. Курчатовым, соотношением:

$$\frac{1}{\varepsilon} = C_1(T - \Theta).$$

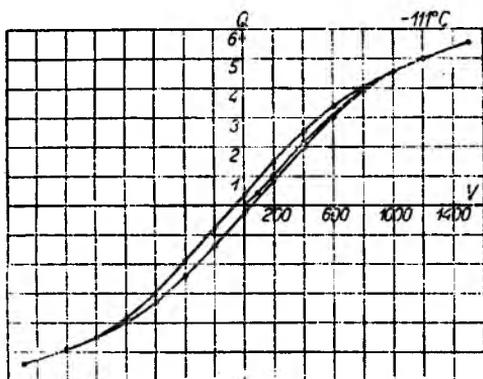


Рис. 9

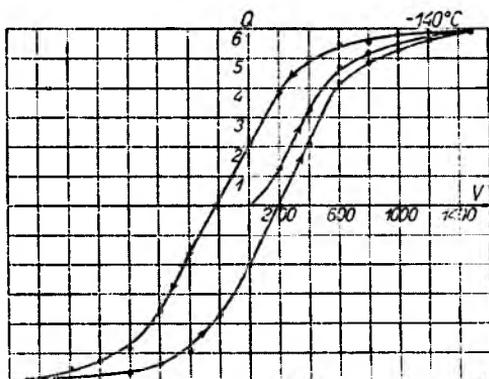


Рис. 10

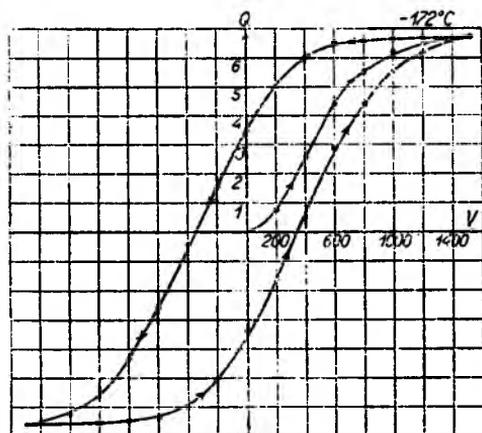


Рис. 11

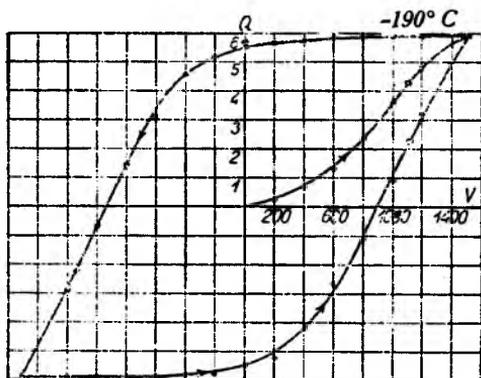


Рис. 12

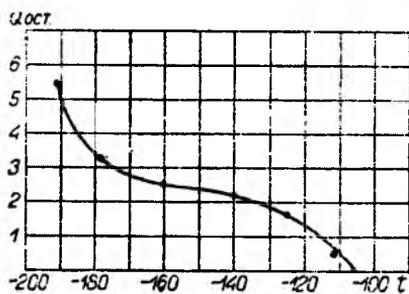


Рис. 13

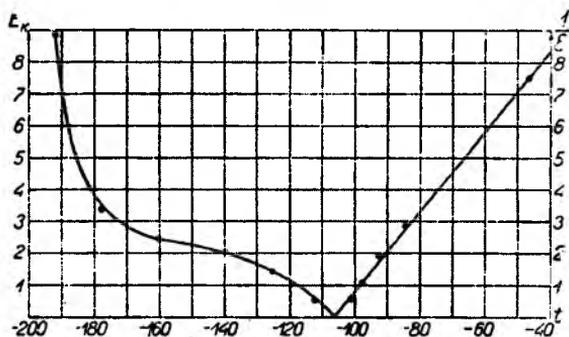


Рис. 14

Полученные данные углубляют известные до сих пор соотношения в аналогии ферромагнетизма и рассматриваемого класса явлений и связаны, очевидно, с не вполне еще до сих пор выясненным механизмом спонтанной ориентации. Общность закономерностей в той и другой области физики еще более подчеркивается зависимостью спонтанной ориентации от температуры. Теория ферромагнетизма, построенная на представлениях Вейсса, позволяет установить между спонтанной ориентацией и температурой зависимость следующего вида:

$$\frac{T}{\Theta} = \frac{3}{a} \cdot \frac{\sigma_s}{\sigma_0}, \quad (1)$$

причем a определяется из уравнения:

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_0} = \coth a - \frac{1}{a}. \quad (2)$$

Эта система уравнений дает зависимость между σ_s самопроизвольной ориентацией и температурой T . Здесь Θ – температура Кюри, $\sigma_0 = \mu_0 Z$ – момент 1 г вещества и $a = \frac{\mu_0 E_b}{KT}$. E_b – внутреннее молекулярное поле, σ_0 и Θ – величины, характерные для данного вещества; поэтому σ и T входят как приведенные координаты, и, следовательно, соотношение (1) и (2) является универсальным.

На рис. 15 нанесена пунктиром универсальная кривая; сплошная кривая представляет собой наши измерения, отнесенные к приведенным координатам. Эти две кривые совмещены в точке a . Произвол, который мы здесь допускаем, связан очевидно с тем, что нам неизвестно значение P_0 . На ординатах рис. 15 должны быть отложены значения момента спонтанной ориентации; в нашем случае с достаточным приближением можно было заменить эти значения моментом диэлектрика при насыщении Q . Почти полная параллельность в зависимости Q от V при низких температурах дает основания к такому приближению.

Совпадение результатов измерений с теоретическими вполне удовлетворительное. Заметим, что полного совпадения не наблюдается и для ферромагнитных материалов.

Настоящее состояние вопроса еще не позволяет теоретически оформить накопившийся экспериментальный материал. Можно однако сказать, что подмеченные ранее аналогии электрических свойств сегнетовой соли с магнитными свойствами ферромагнетиков углубляются соотношениями, установленными в данной работе. Явление замедленной установки поляризации

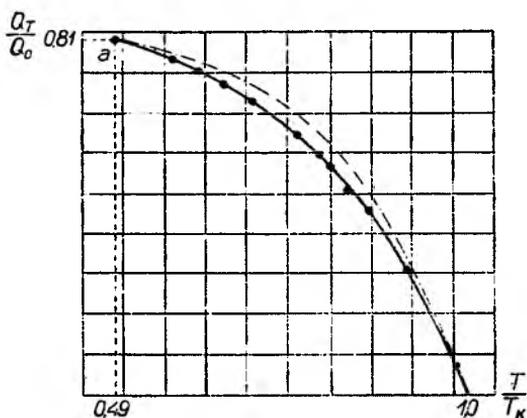


Рис. 15

в изучаемых нами изоморфных кристаллах может быть пролет свет на уменьшение диэлектрической постоянной со стороны низких температур в данном классе диэлектриков.

В заключение приносим благодарность И. В. Курчатову за указание темы и руководство работой.

СВОДКА

Обнаружена большая диэлектрическая постоянная в изоморфных кристаллах простой и аммонийной сегнетовой соли. Установлено явление гистерезиса, обобщено понятие температуры Кюри, установленное в предыдущих работах. Обнаружено замедление установки поляризации в изоморфных кристаллах при низких, температурах.

Ленинград, ГФТИ.

Поступило в Редакцию 1 июня 1930.

ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ*

Б.В. Курчатov

Число полупроводников, в которых обнаруживается изменение сопротивления под действием света, в настоящий момент достаточно велико. Как будет видно из дальнейшего, наблюдаемое изменение сопротивления вызывается в полупроводниках не непосредственно выражающимися в процессе внутреннего фотоэффекта электронами, а возникает в результате ряда вторичных явлений. При прохождении первично сорванных светом электронов решетка искажается — и тем больше, чем больше плотность тока. В результате возникает как побочное обстоятельство дополнительное уменьшение сопротивления полупроводника.

Характерно, что изменение сопротивления происходит постепенно и достигает предельного значения, зависящего от температуры, напряжения, интенсивности освещения, длины волны и рода полупроводника. Аналогично этому при прекращении освещения решетка не сразу восстанавливает прежнее равновесие, но еще долго может оставаться искаженной. Таким образом, из наблюдаемого увеличения тока, проходящего через полупроводник при его освещении, нельзя сделать никаких заключений о первичном процессе фотоэффекта. Можно только утверждать его наличие как причины, вызывающей последующие изменения. Эти “вторичные токи” могут достигать значений, много больших первичных.

Как раз такое соотношение между обоими токами наблюдается в селеновых, таллофидных элементах и ряде других полупроводников.

Движение электронов через границу кристаллов, вообще говоря, затруд-

* Журнал технической физики, 1931 г., Том 1, вып. 7.

нено: поэтому в кристаллитах и спрессованных порошках первичный ток часто вообще не наблюдается, так как для ионов эти границы раздела являются наоборот областями повышенной электропроводности, вторичные токи этими границами совсем не ослабляются. Гудден и Поль с сотрудниками в ряде случаев проследили и объяснили переход первичных токов во вторичные (1).

Рассмотрим некоторые зависимости, установленные Гудденом и Полем для вторичных токов. На рис. 1 приведено изменение вторичного тока со временем для монокристалла гренокита (CdS) при длине волны в $579 \text{ м}\mu$. Рисунок иллюстрирует инерционность процесса; из него же видна зависимость наблюдающихся явлений от истории элемента; кривые рис. 1 перенумерованы в порядке последовательных серий измерений. Далее в отличие от первичного тока не наблюдается прямой пропорциональности между силой тока при освещении и интенсивностью падающего света. Как правило, ток растет медленнее интенсивности света. Еще сложнее зависимость силы вторичного тока от напряжения, ее характер определяется степенью поглощения телом падающего излучения. На рис. 2 приведены две кривые для вторичного тока как функции напряжения в монокристалле киновари (HgS) для двух длин волн: кривая I для слабо поглощаемого излучения в $615 \text{ м}\mu$, кривая II для сильно поглощаемого излучения в $300 \text{ м}\mu$.

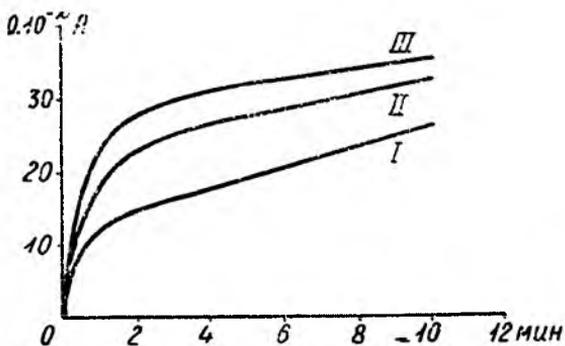


Рис. 1

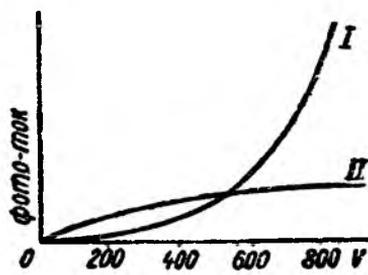


Рис. 2

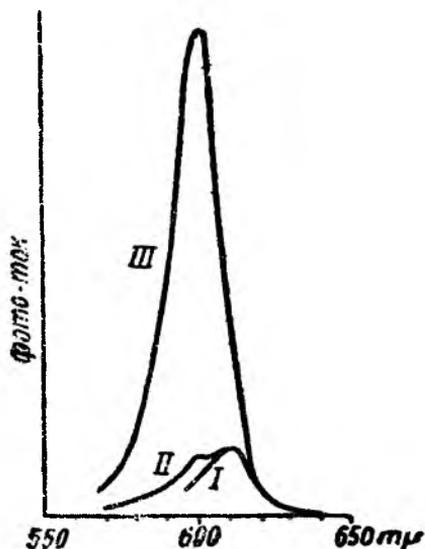


Рис. 3

В случае очень тонких слоев полупроводника наблюдается явление насыщения в зависимости вторичного тока от напряжения и для слабо абсорбируемого излучения. Ввиду указанных зависимостей вторичных токов от напряжения поля, интенсивности и времени освещения спектральное распределение чувствительности фотоэлемента оказывается очень неустойчивым и условным. Здесь большую роль играет также расположение освещения по отношению к электродам. Рис. 3 иллюстрирует изменение спектрального распределения с приложенным напряжением в кристалле киновари. Кривая I относится к напряжению 100 В, II — 200 В, III — 700 В, толщина кристалла 1,35 мм. Несмотря

однако на то, что общий вид кривой меняется с напряжением, со стороны длинных волн они идут почти одинаково: граница чувствительности везде оказывается одной и той же и очевидно совпадает с границей первичного тока.

Особенно сложно поведение вторичных токов в спрессованных порошках. Здесь инерция тока и зависимость его от предыстории полупроводника и от других факторов, выражена еще более резко, чем в монокристаллах.

В сущности единственной попыткой количественного подхода к закономерностям во вторичном токе является работа Рунге и Зервинга (²). Базируясь на представлениях Гуддена и Поля, они исходят из следующих основных допущений.

1. Каждый сорванный светом электрон оставляет испорченное место в решетке, вероятность восстановления которого связана с атомными процессами в кристалле.

2. Электропроводность освещенного тела (речь очевидно идет о вторичном токе) пропорциональна числу имеющихся испорченных мест. Пусть p — число срываемых светом в секунду электронов, y — число уже имеющихся испорченных мест в решетке, ky — число восстанавливающихся мест в секунду; тогда dy — прирост испорченных мест будет:

$$dy=(p-ky)dt,$$

и зависимость y от времени представится соотношением:

$$y = \frac{p}{k}(1 - e^{-kt}).$$

Принимая, что число испорченных мест в решетке без освещения (определяющее темновую электропроводность) равно y_0 , окончательно имеем:

$$y = y_0 + \frac{p}{k}(1 - e^{-kt})$$

или, переходя к току:

$$i = i_{\text{тем}} + i_n(1 - e^{-kt}).$$

Это уравнение описывает возрастание тока со временем в таллофидных элементах. На рис. 4 приведены вычисленные значения тока и кривые тока, снятые осциллографом при прерывистом освещении этих элементов. Как видим, Рунге и Зервинг затронули только одну и притом наиболее ясную закономерность для вторичных токов, и то справедливую только в области небольших интенсивностей света.

Мы считали не лишним остановиться на вышеизложенных закономерностях вторичного тока, так как все это нужно постоянно иметь в виду при изучении влияния света на электропроводность полупроводников.

Все исследованные до 1914 г. в интересующем нас смысле вещества указаны в обзорной работе Гальвакса; сюда относятся селен, теллур, сернистые серебро и сурьма, галоидные соединения серебра и йодистая медь⁽³⁾. Позднее появились работы Фольмера, открывшего фотоэлектрическую проводимость в желтом фосфоре, иоде, хлорной, йодной и сернистой ртути. Пфунд нашел изменение сопротивления под действием света у закиси меди. Далее Кэйз в поисках технического эквивалента селена исследовал ряд естественных минералов, обнаружив фотоэлектронную проводимость в висмутините (Bi_2S_3), молибдените (MoS_2), в ряде сложного состава сульфидов, тяжелых металлов и,

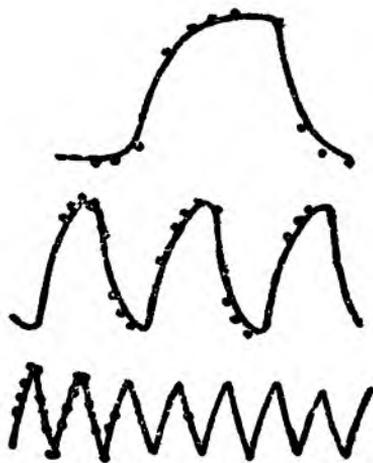


Рис. 4

наконец, в сплаве сернистого таллия с его окислом, оказавшимся особенно удобным из технических соображений. Этот сплав получил особое название таллофид, под которым он хорошо известен в технике. Эти вещества и некоторые новые были в последнее время особенно подробно изучены Кобленцем и его сотрудниками.

Переходя к систематическому изложению экспериментального материала, мы разобьем его на группы, охватывающие: 1) элементы за исключением селена, 2) сульфиды, 3) галоидные соединения, 4) все остальные вещества. В связи со специальным назначением данного обзора в нем излагаются свойства только тех тел, которые обладают заметной темновой электропроводностью.

1. ЭЛЕМЕНТЫ (C, P, S, Se, Te, J)

Углерод (в виде алмаза), кристаллы желтого фосфора и серы были подробно изучены в отношении внутреннего фотоэффекта, но ввиду высокого сопротивления этих веществ их свойства в данном обзоре излагаться не будут.

Теллур. По отношению к теллуру, который очень близок по своим свойствам селену, известно только очень небольшое число исследований. Изменение сопротивления теллура при освещении очень мало. Адамс ⁽⁴⁾, производивший параллельные измерения с этим элементом и селеном, обнаружил, что в последнем при освещении парафиновой лампой сопротивление уменьшается на 1/5, в то время как в теллуре на 1/1000 темнового сопротивления. Если однако учесть, что удельное сопротивление теллура очень мало – порядка десятых долей ома, а у селена оно измеряется сотнями тысяч, то легко видеть, что сила вторичного тока при одинаковых условиях оказывается в теллуре значительно больше, чем в селене. Температурный коэффициент сопротивления у теллура положительный, как у металлов.

Иод. Фотоэлектрические свойства кристаллического иода изучались Фольмером ⁽⁵⁾ и Кобленцем ⁽⁶⁾ на слое иода, получавшегося расплавлением его между двумя стеклянными пластинками. Результаты исследования оказались недостаточно устойчивыми и дают только качественную картину распределения чувствительности иода по спектру. По Фольмеру область чувствительности простирается от красной до фиолетовой части спектра с максимумом в последней. Кобленц указывает максимум при 540 мμ и границу чувствительности при 700 мμ. Существенно отметить, что край полосы поглощения иода лежит также при 700 мμ, причем при 589 мμ иод обладает чисто металлическим поглощением. Удельное сопротивление иода по старым данным Экснера равно приблизительно $2 \cdot 10^{-7} \Omega$.

II. СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Прежде чем переходить к отдельным соединениям, упомянем ряд общих закономерностей, установленных для них Кобленцем. Для одинаковой падающей энергии фотоэлектрическая чувствительность более или менее одинакова по всему видимому спектру, давая один или два максимума в красной или инфракрасной части спектра. Время установки фототока зависит от длины волны, изменяясь от нескольких секунд для видимой до нескольких минут для инфракрасной областей спектра. Повышение интенсивности падающего света смещает максимум чувствительности в сторону длинных волн. При понижении температуры область максимальной светочувствительности смещается, как правило, в сторону коротких волн.

Сернистое серебро. На рис. 5 приведено спектральное распределение чувствительности фотоэлектрического тока в Ag_2S (аргентит) при двух температурах. Наблюдаемое при изменении температуры смещение больше соответствующего смещения края полосы поглощения. Любопытно отметить, что при низких температурах и длинных волнах фототок растет быстрее, чем интенсивность освещения (7,8). Сернистое серебро является относительно хорошим проводником, удельное сопротивление его равно $10^3 \Omega$ при 20° . По данным Тубандта химически чистое Ag_2S обладает смешанной электропроводностью, причем доля электронной проводимости растет с повышением температуры: при комнатной температуре она колеблется в зависимости от плотности тока между 1,5% и 4,9%.

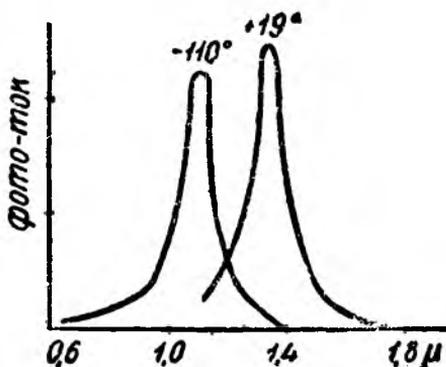


Рис. 5

Для Ag_2S известно образование электродвижущей силы при освещении контакта металл/полупроводник. На рис. 6 приведены данные Челдона и Гейгера (⁹) для зависимости электродвижущей силы от интенсивности освещения и спектральное распределение силы тока (рис. 7). Исследования производились на кристалле аргентита, освещенный контакт заряжался отрицательно. Для этой системы характерно явление “утомления”: по истечении нескольких минут освещения ток через нее падает почти до нуля и после затемнения при последующем освещении уже не достигает первоначального значения. Эффект не зависит от материала электрода и, как показал Шнейдер (¹⁰), возникает только в ряде точек кристалла.

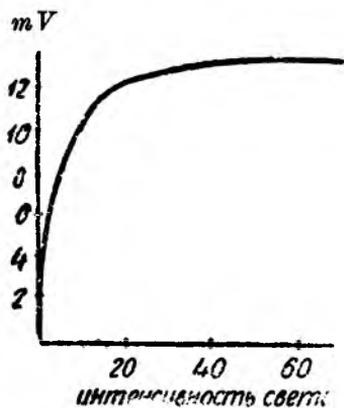


Рис. 6

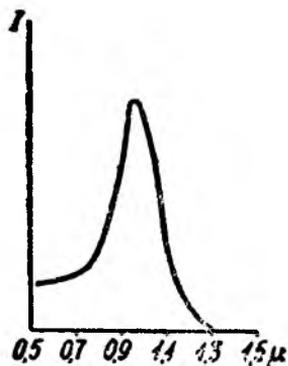


Рис. 7

Сернистая ртуть (HgS). Это вещество подробно исследовано Гудденом и Полем. Но, так как электропроводность очень мала, обзор его свойств не затронут в данной статье.

Сернистый таллий (Tl_2S). Впервые это вещество было обследовано Кэйзом (¹¹), обнаружившим его слабую фоточувствительность. Несколько подробнее оно в последнее время было изучено Фурнье (¹²). По данным последнего светочувствительность Tl_2S приходится на область около 1000 $\text{m}\mu$. В технике нашли применение препараты Tl_2S с примесью окислов таллия, обладающие значительно большей чувствительностью. Способы изготовления таллофидных фотоэлементов сколько-нибудь подробно не освещены в литературе. Имеется только указание Майорано (³⁰), окислявшего нагреванием на воздухе Tl_2S , нанесенный на стекло, а также Михельсена (¹³). Последний возгонял сернистый таллий в атмосфере кислорода при давлении 0,8 мм. Для получения

чувствительных к свету препаратов необходимо установить определенную скорость возгонки.

Таллофидные элементы Кэйза обладают сопротивлением порядка $5 \cdot 10^6 \text{ Q}$, оно уменьшается вдвое при освещении интенсивностью $1/2 \text{ м свечи}$; для них характерна большая инерция тока. Сопротивление таллофидных элементов фирмы "Осрам" при комнатной температуре колеблется от 10^7 до 10^{10} Q . При освещении в 200 м свечей оно падает в $10-6000$ раз. Фотоэлектрический ток в них по Зервингу (¹⁴) не зависит от температуры в интервале от -193° до $+24^\circ$; выше он уменьшается. При освещении элемента стационарный ток устанавливается через $0,01 \text{ сек.}$, при очень больших интенсивностях света ток через элемент непрерывно возрастает, что связано с какими-то необратимыми изменениями светочувствительного слоя, приводящими к его постепенной порче. Спектральное распределение чувствительности таллофидных элементов разного происхождения приведено на рис. 8. Кривые I и II относятся к элементам фирмы "Осрам", III и IV – фирмы Кэйза, V нанесено по данным Михельсена в другом масштабе.

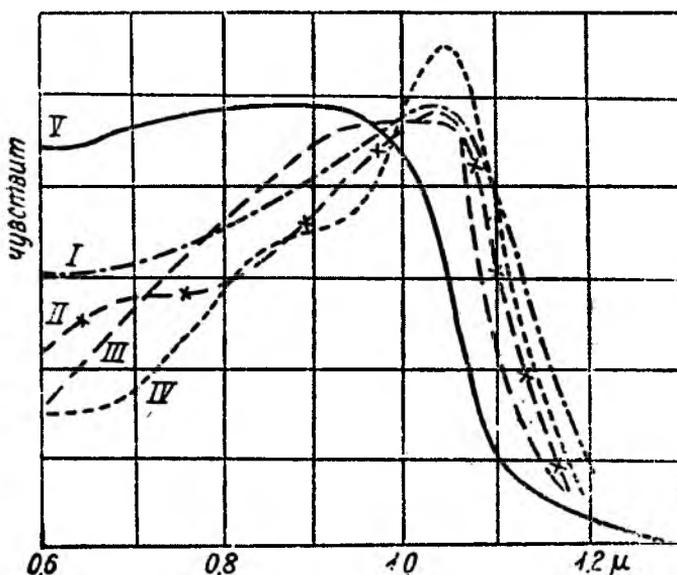


Рис. 8

Фурнье улучшает свойства чистого Tl_2S , вводя в него следы металлов, чем достигается расширение чувствительности по спектру в сторону коротких волн. В его препаратах область фоточувствительности простирается от 500 μm до 1200 μm с максимумом при 1000 μm . В этих элементах по Фурнье окончательная остановка тока при освещении осуществляется в 5-10 сек., и у них не наблюдается явления утомления. Механизм электропроводности как чистого сернистого таллия, так и его технических препаратов остается до настоящего времени невыясненным.

Трехсернистая сурьма (Sb_2S_3). Это вещество дает прекрасные кристаллы, известные в минералогии под названием стибнита или антимонита. Фотоэлектрические свойства этих кристаллов изучались Кобленцом⁽¹⁵⁾ и очень подробно в последнее время Фохтом⁽¹⁶⁾: последний в числе других характеристик снял кривые поглощения света в различных образцах (рис. 9). Различный ход отдельных кривых связан по его мнению с наличием некоторых примесей в кристаллах (возможны Ca, Ba, Sr, Fe и SiO_2). Резкое возрастание поглощения начинается приблизительно при 700 μm , в этой же области лежит максимум первичного фототока при температуре -180° (рис. 10). Сплошные части кривых на рис. 10 относятся к первичному току, который устанавливается, как показал Фохт, без всякой инерции, пропорционален интенсивности света и т.д. Пунктирные части кривых представляют главным

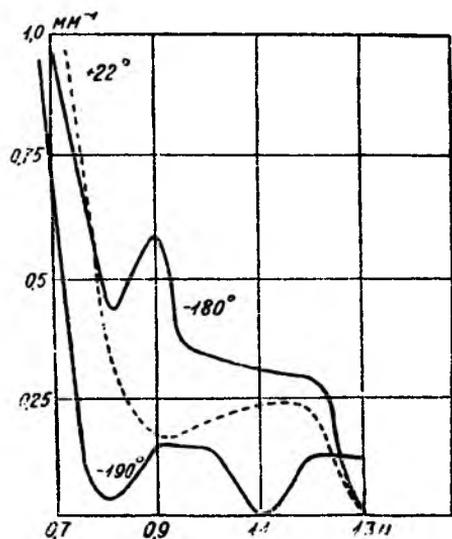


Рис. 9

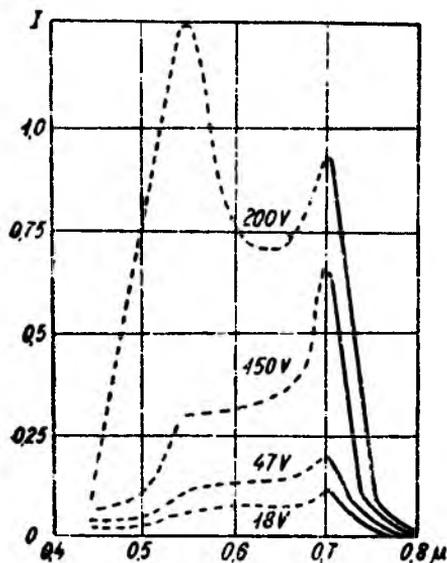


Рис. 10

образом вторичный ток, быстро растущий при уменьшении длины волн и увеличении напряжения поля. Спектральное распределение фоточувствительности стибнита при комнатной температуре приведено по данным Кобленца на рис. 11.

По данным Тубандта стибнит является электронным полупроводником, его удельное сопротивление при комнатной температуре – порядка 10^8 Q .

Сернистый висмут (Bi_2S_3). Кобленц (¹⁷) исследовал это вещество в виде природных кристаллов висмутинита и обнаружил в спектральном распределении чувствительности двойной максимум (рис. 12). Сплошная кривая относится к длительному освещению, пунктирная – к кратковременному. Висмутинит является по данным Тубандта электронным полупроводником, удельное сопротивление его неизвестно.

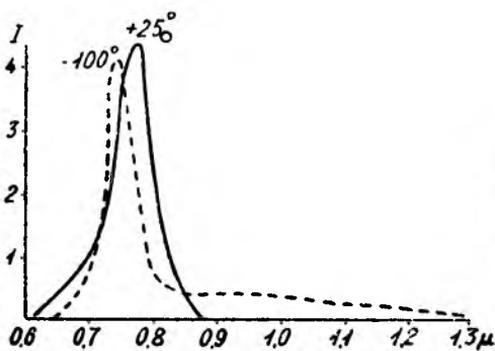


Рис. 11

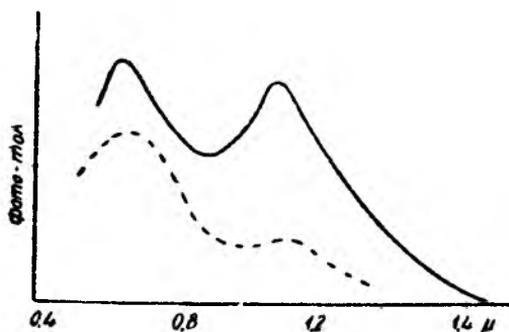


Рис. 12

Сернистый молибден (MoS_2). Это вещество было изучено как в виде естественных кристаллов молибденита, так и на спрессованных таблетках из чистого порошка MoS_2 (¹⁸⁻²⁴). Оптические характеристики MoS_2 представлены на рис. 13. Распределение чувствительности по спектру (рис. 14) имеет максимум фототока в области возрастания поглощения. Две кривые на рис. 14. относятся: сплошная к температуре 25° и естественному кристаллу, пунктирная к -125° и спрессованному чистому порошку MoS_2 . Интересно отметить, что у ряда природных кристаллов молибденита наблюдается второй максимум при $1600 \text{ m}\mu$ (рис. 15), который, можно думать, связан с присутствием примесей, так как он отсутствует у спрессованных таблеток из химически чистого MoS_2 .

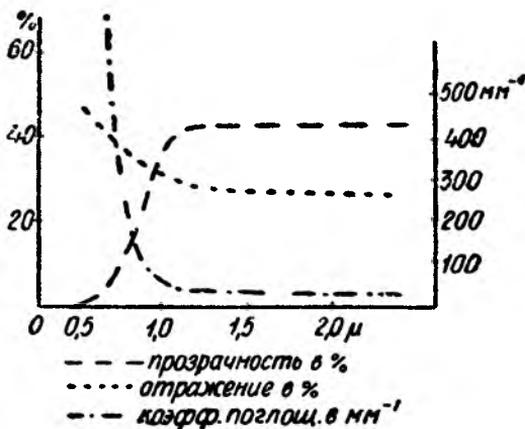


Рис. 13

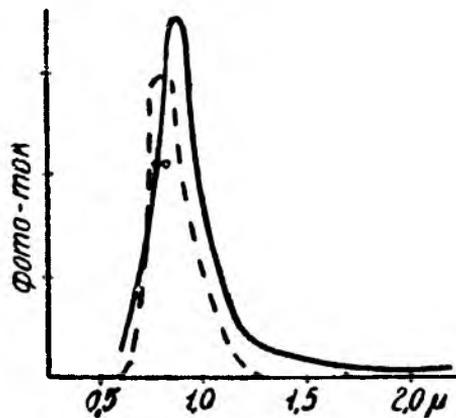


Рис. 14

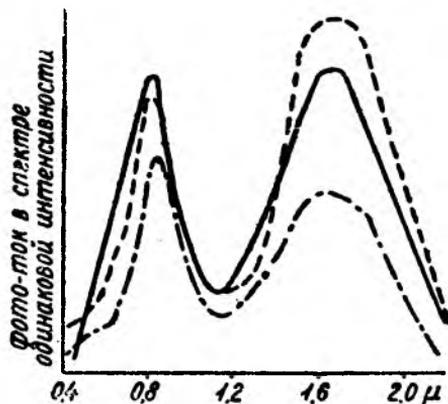


Рис. 15

Замечательно, что в двусернистом молибдене, а также в некоторых других полупроводниках, фотопроводимость оканчивается много раньше, чем поглощение света полупроводником. В частности, для MoS₂ границей внутреннего фотоэффекта является длина волны в 2500 мμ, а поглощение света простирается далеко в инфракрасную часть и не меняется при этом по величине уже с 1000 мμ; появление максимума фототока в области 1600 мμ совершенно не ясно с атомной точки зрения. Чистый MoS₂ по исследованиям Тубандта является электронным проводником: удельное сопротивление кристаллов молибденита при комнатной температуре порядка 10⁶ Q/см.

Молибденит аналогично аргентиту дает образование электродвижущей силы при освещении контакта. Чувствительна в этом смысле не вся поверхность кристалла, а лишь некоторые её участки. Знак заряда меняется от точки к точке, а при неизменном положении контакта — с длиной волны. Спектральное распределение этого активно электрического эффекта ограничивается длинами волн от 600 мμ до 1200 мμ. При понижении температуры эта область немного смещается в сторону более коротких волн. На дневном свете величина электродвижущей силы достигает $3 \cdot 10^{-6}$ В, на солнечном свете $4 \cdot 10^{-4}$ В.

III. ГАЛОИДНЫЕ СОЛИ

Как уже было указано выше, к числу галоидных солей, меняющих сопротивление под действием света, относится помимо иодидов ряд бромидов и хлоридов. Но, так как последние соединения обладают большими сопротивлениями, мы ограничимся только иодидами с заметной темновой электропроводностью.

Иодистая медь (CuI). Особенно подробно CuI было обследовано Рюдертом, который работал на тонких слоях CuI. Они готовились действием иода на тонкие слои меди, полученные катодным распылением. Область спектра, в которой возникает фотопроводимость, прослежена от 700 мμ до 400 мμ; край полосы поглощения CuI лежит ниже 400 мμ. Для этого вещества характерно нарастание тока под действием света, затягивающееся на несколько минут. Затягивание сильно зависит от температуры и длины волны падающего света. Рюдерт объясняет повышение проводимости CuI образованием свободного иода под действием освещения. В темноте свободный иод реагирует с медью, давая обратно йодистую медь. В настоящий момент эту фотохимическую интерпретацию явления нельзя еще считать общепризнанной. Удельное сопротивление CuI в опытах Рюдерта равнялось $0,27 \cdot 10^5$ Q — величина до некоторой степени случайная, определявшаяся количеством избыточного иода в препарате; чистый CuI по Бедкеру является непроводником. Механизм электропроводности по Тубандту электронный.

Иодистое серебро (AgI). Свежеприготовленное иодистое серебро чувствительно к свету уже в зеленой части спектра, причем максимум фототока приходится при 420—430 мμ. Предварительное освещение фиолетовым светом временно сдвигает границу чувствительности в сторону более длинных волн и создает по Кириллову (25) второй побочный максимум в кривой чувствительности при 650 мμ. По выключению освещения уже через 0,01 сек.

восстанавливается нормальный темновой ток. Поглощение света в AgJ начинается с 460 мμ, причем уже при 430 мμ коэффициент по Тубандту AgJ является чисто ионным проводником, его темновое сопротивление равно 0,77 Q при 144,6°.

Иодная ртуть (HgJ₂). Это вещество всесторонне изучено Кэмпфом, но, так как оно является изолятором, его свойств мы здесь рассматривать не будем.

IV. ОСТАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Кэйз, испытывая различные минералы, открыл фотоэлектрические свойства у ряда сульфосолей, которые были впоследствии подробно изучены Кобленцем (26, 27). Полученные им данные по распределению фотоэлектрической чувствительности этих веществ по спектру приведены на рис. 16 — для пруссита (Ag₃AsS₃), рис. 17 — для минерала пираргирита (Ag₃SbS₃), рис. 18 — для Pb₃SbS₃ и на рис. 19 — для минерала бурнонита [3(Cu₂, Pb)S·Sb₂S₃]. Для двух первых солей (Ag₃AsS₃ и Ag₃SbS₃) механизм электропроводности был изучен

Тубандтом; оба вещества оказались чисто ионными проводниками. Интересно отметить, что у них максимум фототока смещается с понижением температуры в область более длинных волн. Абсолютные значения электропроводности всех этих солей неизвестны.

Для завершения обзора экспериментального материала по внутреннему фотоэффекту остается привести данные из работы Кэйза (28). Последний исследовал большое количество природных минералов, включая их в цепь из источника постоянного тока с напряжением 100 V и телефона с трехступенным аудионным усилителем, при одновременном освещении образца. Освещение образца производилось прерывистым светом от дуговой лампы с помощью вращающегося диска с отверстиями. Когда включался минерал, меняющий сопротивление при освещении, телефон начинал звучать, причем

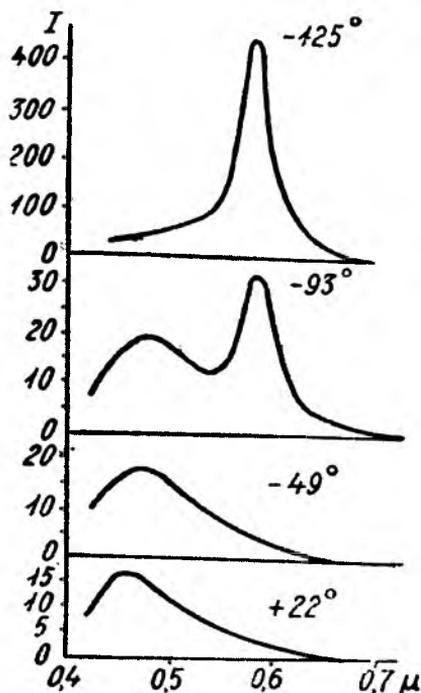


Рис. 16

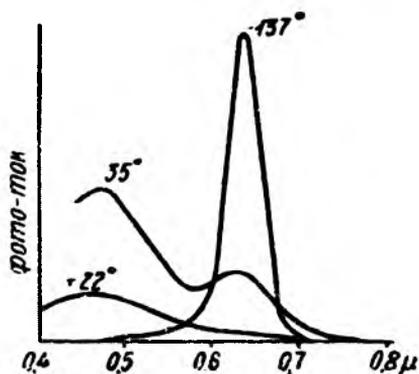


Рис. 17

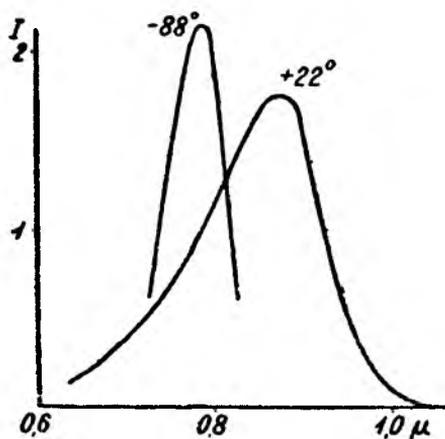


Рис. 18

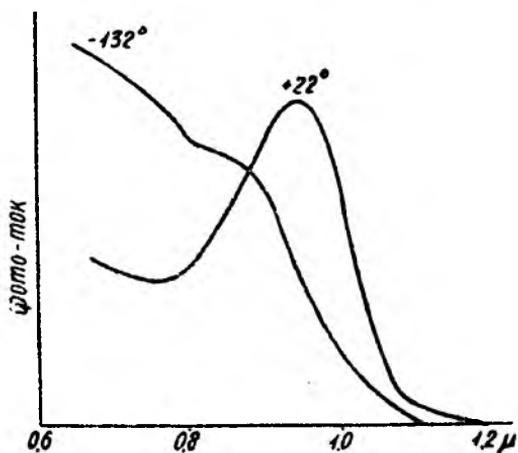


Рис. 19

сила звука характеризовала степень чувствительности минерала. Результаты наблюдений Кэйза представлены в выше приводимой табл. I; в столбцах электропроводности буквы u, n и x означают: u – что кристалл изолятор, n – что сопротивление его больше 10^6 Q при напряжении в 100 V, и наконец x – что в тех же условиях сопротивление кристалла менее 10^6 Q.

Кроме перечисленных в таблице веществ Кэйзом было испытано около 30 различных силикатов и алюмосиликатов, которые все оказались изоляторами, нечувствительными к свету.

Таблица I

Минерал	Состав	Электропроводность	Фотоэлектрическое действие
Сера	S	u	Нет
Селен	Se	x	Слабое, едва слышное
Теллур	Te	x	Нет
Сурьма	Sb с примесью Ag, Fe и As	x	"
Висмут	Bi	x	"
Реальгар	AsS	u	"
Аурипигмент	As ₂ S ₂	u	"
Стибнит	Sb ₂ S ₃	n	Небольшое
Висмутинит	Bi ₂ S ₃	n	Очень большое
Тетрадимит	Bi ₂ (Te,S) ₃	u	Нет
Молибденит	MoS ₂	x	Слабое
Домейкит	Cu ₃ As	x	Нет
Алгодонит	Cu ₆ As	x	"
Витнеит	Cu ₉ As	x	"
Аргентит	Ag ₂ S	x	Большое, сильная утомляемость
Гессит	Ag ₂ Te	x	Нет
Галленит	PbS	x	Слабое
Алтаит	PbTe	-	Нет
Клаусталит	PbSe	x	"
Берцелианит	Cu ₂ Se	u	"
Крукезит	(Cu, Te, Ag) ₂ Se	u	"
Халькоцит	Cu ₂ S	u	"
Стромейерит	(Ag, Cu) ₂ S	u	"
Стернбергит	Ag, Fe ₂ S ₃	x	"
Акантит	Ag ₂ S	x	Большое, сильная утомляемость
Сфалерит	ZnS	u	Нет
Метациннабарит	HgS	x	"
Гвадалказарит	-	u	"
Киноварь	HgS	u	"
Ковеллит	CuS	n	"
Гренокит	CdS	u	"
Миллерит	NiS	n	"

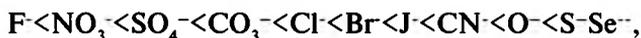
Минерал	Состав	Электропроводность	Фотоэлектрическое действие
Никколит	NiAs	u	"
Брейтаултит	NiSb	n	"
Пирротит	Fe ₁₁ S ₁₂	x	"
Полидимит	Ni ₄ S ₅	x	"
Борнит	Cu ₃ FeS ₂	x	"
Линнент	Co ₃ S ₄	x	"
Халькопирит	CuFeS ₂	x	"
Станнит	Cu ₂ S, FeS, SnS ₂	x	"
Гауерит	MnS ₂	x	"
Кобальтит	CoS ₂ CoAs ₂	u	"
Герсдорффит	NiAsS	x	"
Коринит	Ni(As,Sb)S	u	"
Улльманит	NiSbS	x	"
Марказит	FeS ₂	x	"
Арсенопирит	FeAsS	x	"
Персеит	Ag ₉ AsS ₆	x	Слабое
Сильваннит	(Au, Ag)Te ₂	u	Нет
Калаверит	(Au, Ag)Te ₂	u	"
Кермезит	Sb ₂ S ₂ O	u	"
Цинкениит	PbSb ₂ S ₄	x	"
Сарторит	PbAs ₂ S ₄	u	"
Ратит	3PbS ₂ As ₂ S ₃	n	"
Эмплектит	CuBiS ₂	-	"
Халькостибит	CuSbS ₂	n	"
Галеновисмутит	PbBi ₂ S ₄	x	"
Миаргирит	AgSbS ₂	x	Слабое
Плаггионит	5PbS·4Sb ₂ S ₂	u	Нет
Ширмерит	3(Ag ₂ , Pb)S·2Bi ₂ S ₃	u	"
Козалит	Pb ₂ Bi ₂ S ₅	x	"
Жамезонит	Pb ₂ Sb ₂ S ₅	n	Слабое
Кобелит	Pb ₂ (Bi, Sb) ₂ S ₅	n	Нет
Семсейит	Pb ₇ Sb ₆ S ₁₆	-	"
Фрайеслебнит	(Pb, Ag) ₅ Sb ₁₄ S ₁₁	n	"
Бурнонит	3(Cu ₂ , Pb)S ₈ Sb ₂ S ₃	n	Большое
Буланжерит	Pb ₃ Sb ₂ S ₆	u	"
Физелиит	Ag ₇ Pb ₅ Sb ₈ S ₁₈	u	Нет
Гвитерманит	10PbSA ₂ S ₃	u	"
Пираргирит	Ag ₃ SbS ₃	x	Слабое

Минерал	Состав	Электропроводность	Фотоэлектрическое действие
Прустит	Ag_3AsS_3	х	Большое
Тетраэдрит	$Cu_8Sb_2S_7$	х	Нет
Стефаннит	Ag_5SbS_4	х	Слабое
Полибазит	Ag_9SbS_6	х	"
Энаргит	$3Cu_2SAs_2S_5$	u	Нет
Эпибуланжерит	$Pb_3Sb_2S_8$	u	"
Кераргирит	$AgCl$	u	"
Иодирит	AgI	п	"
Флюорит	CaF_2	u	"
Лаврионит	$PbCl_2Pb(OH)_2$	u	"
Куменгейт	$PbCuCl_2(OH)_2$	u	"
Кварц	SiO_2	u	"
Валентинит	Sb_2O_3	u	"
Висмит	Bi_2O_3	u	"
Молибдит	MoO_3	u	"
Кервантит	Sb_2O_4	u	"
Куприт	Cu_2O	п	Слабое
Халькотрихит	Cu_2O	u	Нет
Окись серебра	Ag_2O (свежеприготовленное)	п	Слабое
Периклазит	MgO	u	Нет
Манганозит	MnO	п	"
Цинкит	ZnO	u	"
Массикот	PbO	u	"
Тенорит	CuO	п	"
Корунд	Al_2O_3	u	"
Гематит	Fe_2O_3	х	"
Магнетит	$FeOFe_2O_3$	х	"
Шпинель	$MgAl_2O_3$	u	"
Франклинит	$(Fe,Zn,Mn)O(Fe,Mn)_2O_3$	п	"
Хромит	$FeCr_2O_4$	п	"
Хризоберилл	$BeAl_2O_4$	u	"
Гауссманиит	Mn_3O_4	u	"
Сурик	Pb_3O_4	u	"
Касситерит	SnO_2	х	"
Рутил	TiO_2	u	"
Брукит	TiO_2	u	"
Пирролюзит	MnO_2	х	"

Минерал	Состав	Электропроводность	Фотоэлектрическое действие
Тургит	$\text{Fe}_4\text{H}_2\text{O}_7$	х	"
Диаспор	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$	u	"
Гетит	$\text{FeO}(\text{OH})$	u	"
Лимонит	$2\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	u	"
Бруцит	MgOH_2O	u	"
Гиббсит	$\text{Al}(\text{OH})_3$	u	"
Халькофанит	$(\text{Mn}, \text{Zn})\text{O}_2\text{MnO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	u	"
Лампадит	MnO_2	п	"
Кальцит	CaCO_3	u	"
Сидерит	FeCO_3	u	"
Смитсонит	ZnCO_3	u	Нет
Фосгенит	$\text{PbCO}_3\text{PbCl}_2$	u	"
Малахит	$\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$	u	"
Азурит	$2\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$	u	"
Аурихальцит	$2(\text{Zn}, \text{Cu})\text{CO}_3\cdot 3(\text{Zn}, \text{Cu})(\text{OH})_2$	u	"
Перовскит	CaTiO_3	u	"
Колумбит	$\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$	u	"
Самарскит	$\text{R}_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_8$	п	"
Эвксенит	$\text{R}(\text{NbO}_3)_3\text{R}_2(\text{TiO}_3)_1\cdot 3\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	u	"
Ванадинит	$\text{Pb}_3\text{V}^{1/3}\text{PbCl}_2$	u	"
Оливенит	$\text{Cu}_3\text{As}_2\text{O}_8\text{Cu}(\text{OH})_2$	u	"
Десклоизит	$\text{Pb}_2\text{O}_7\text{VO}_3$	u	"
Вивианит	$\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8\cdot 8\text{H}_2\text{O}$	u	"
Торбернит	$\text{Cu}(\text{UO})_2\text{P}_2\text{O}_8\cdot 8\text{H}_2\text{O}$	u	"
Барит	BaSO_4	u	"
Крокоит	PbCrO_4	п	"
Вульфенит	PbMoO_4	u	"
Агвилорит	$\text{Ag}_2\text{SAg}_2\text{Se}$	u	"
Лорандит	TIAsS_2	п	"
Дымчатый кварц	SiO_2	u	"

В дополнение к этому следует упомянуть, что по Кобленцу нечувствительны к свету $PbBr_2$, PbJ_2 , MoO , сульфиды олова, вольфрама, урана, Bi_2 , Te_3 , $MoSe_3$, $AgNO_3$.

Попытка обобщения громадного экспериментального материала была сделана Гудденом и Полем⁽²⁹⁾. Эти авторы в ряде исследованных ими соединений отмечали существование параллелизма между ходом внутреннего фотоэффекта и величиной предполагаемой Фаянсом деформации электронной оболочки аниона под действием связанного с ним катиона в решетке. Именно, чем больше деформация, тем больше вероятность появления фотоэлектрической проводимости. Величина деформации аниона, растущая по Фаянсу в ряду



определяется строением и валентностью катиона, входящего в состав соединения. Катионы Pb^{++} и Tl^+ , обладающие наибольшим деформирующим действием на электронную оболочку аниона, обнаруживают фотоэлектрическую проводимость во всех соединениях с вышеуказанными анионами, начиная с карбонатов (за исключением цианистых солей). Слабо деформирующий катион As^{++} активен только в соединении с легко деформируемым анионом O^- .

В табл. II приведено по Гуддену и Полю распределение фотоэлектрической чувствительности в ряде соединений различных металлов. Знаки плюс и минус указывают соответственно на наличие или отсутствие фотоэлектрической проводимости, в скобки взяты недостаточно определенные данные.

Не укладываются в схему цианистые соединения металлов, которые по водимому все не обладают фотоэлектрической проводимостью. Далее вышеразвитые представления не пригодны для случаев чисто гомеоплярной связи в селене, иоде и углероде. В качестве общего критерия наличия фотоэлектрической проводимости Гудденом и Полем выдвинуто правило, что в веществах с показателем преломления большим двух (вдали от полосы поглощения) всегда наблюдается внутренний фотоэффект. Кроме того для них характерно резкое возрастание поглощения видимой части спектра, заходящее и в область инфракрасных лучей. В области этого резкого возрастания и лежит максимум светочувствительности кристалла.

Таблица II

Катионы	Анионы										Примечания
	F ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	J ⁻	O ⁻	S ⁻	Se ⁻	
Pb ⁺⁺		-	-	-	+	+	+	+	+		1. Катионы со строением электронной оболочки, отличным от строения оболочки благородного газа
Tl ⁺		-	-	+	+	+	+	+	+		
Hg ⁺⁺					(+)		+	+	+		
Cd ⁺⁺					+	+	+	+	+		
Ag ⁺		-	-		+	+	+	+	+		
Zn ⁺⁺			-	-				+	+		
Cu ⁺						(+)	+	+	+		
Ba ⁺⁺	-	-	-	-	-				+		2. Катионы с оболочкой, подобной оболочке благородного газа
Sr ⁺⁺	-	-	-	-	-				+		
Ca ⁺⁺	-	-	-	-	-			(-)	+		
Mg ⁺⁺	-							-			
K ⁺	-	-	-	-	-	-	-				
Na ⁺	-	-	-	-	-	-	-				

Для первичного тока Гудден и Поль показали, что каждый поглощенный квант срывает один электрон, чем и определяется соотношение между светочувствительностью и поглощением кристалла. Следует однако отметить, что установленное соотношение не распространяется на все участки спектра: оно оказывается, например, неприменимым в ультрафиолетовых лучах, где для большинства веществ очень велик коэффициент поглощения и квантовый выход резко уменьшается.

Последнее обстоятельство, так же как и закономерности вторичного тока, — вопросы, стоящие перед физикой в этой области явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gudden, Lichtelektrische Erscheinungen, Berlin 1928.
2. Runge u. Sevig, ZS. f. Phys. 62, 726, 1930.
3. Hallwachs, Handbuch der Radiologie III, Die Lichtelektrizität.
4. Adams, Proc. Roy. Soc. 24, 163, 1875; Pogg. Ann. d. Phys. 159, 629, 1876.
5. Volmer, ZS. f. wiss. Photogr. 16, 152, 1916.
6. Coblenz, Scient. Pap. Bureau of Standards 452, 23, 1922.
7. Coblenz a. Kahler, Scient. Pap. Bureau of Stand. 344, 18, 1919.
8. Coblenz, Scient. Pap. Bureau of Stand. 446, 16, 1922.
9. Sheldon a. Geiger, Proc. Nat. Acad. Amer. 8, 161, 1922.
10. Schneider, Phys. Rev. 29, 363, 1927.
11. Case, Phys. Rev. 15, 289, 1920.
12. Fournier, Bull. Sec. Fran. de Phys. 243, 1927.
13. Michelsse, ZS. f. Techn. Phys. 12, 510, 1930.
14. Serwig, ZS. f. Techn. Phys. 7, 269, 1930.
15. Coblenz, Scient. Pap. Bureau of Stand. 452, 586, 1923.
16. Voigt, ZS. f. Phys. 57, 174, 1929.
17. Coblenz a. Dowell, Scient. Pap. Bureau of Stand. 322, 14, 1919.
18. Coblenz a. Kahler, Scient. Pap. Bureau of Stand. 338, 40, 1919; 398, 42, 1920.
19. Coblenz a. Dowell, Phys. Rev. 13, 154, 1919.
20. Coblenz a. Kahler, Phys. Rev. 14, 534, 1919.
21. Coblenz, Journal Wasch. Acad. Scien. 12, 411, 1922.
22. Coblenz, Scient. Pap. Bureau of Stand. 486, 44, 1924.
23. Штейнберг, Ж. Р. Ф.-Х. О. 56, 572, 1924; Украинский Физический Вестник, 1, 44, 1926.
24. Coblenz a. Hughes, Phys. Rev. 29, 365, 1927.
25. Kirilov, ZS. f. wiss. Photogr. 26, 235, 1929.
26. Coblenz, Scient. Pap. Bureau of Stand. 412, 10, 1921.
27. Coblenz a. Eckford, Scient. Pap. Bureau of Stand. 451, 20, 1926.
28. Case, Phys. Rev. 9, 305, 1917.
29. Gudden u. Pohl, ZS. f. Phys. 16, 43, 1923.
30. Majorano Todesco, Lincei Rend. 8, 9, 1928.

1932

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ
СЕГНЕТОВОЙ СОЛИ С ПРИМЕСЬЮ
 $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ И $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$**

*Б. В. Курчатов**

Преыдущими работами нашей лаборатории было установлено, что в двух солях виннокаменной кислоты ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) при некоторых условиях наблюдается ряд аномальных явлений. В этих солях были обнаружены по оси *a* очень большие значения диэлектрической постоянной, явления насыщения в зависимости потока индукции от силы поля и целый ряд других закономерностей.¹

Область указанных аномальных явлений ограничивается определенным температурным интервалом, зависящим от катионов соли и их относительных концентраций в изоморфных смесях.² Найденные закономерности укладываются в схему представлений Вейсса для ферромагнитных веществ. Для сегнетовой соли и изоморфных смесей ее с аммонийной выполняется закон Кюри-Вейсса в зависимости диэлектрической постоянной от температуры.

В работе М. Еремеева и Б. Курчатова было показано, что примесь аммонийной соли к сегнетовой смещает точку Кюри последней в сторону низких температур. В попытках объяснить это смещение точки Кюри мы сделали допущение о том, что в солях виннокаменной кислоты данного кристаллографического строения появление аномальных электрических свойств обусловлено

* Совместно с М. А. Еремеевым, П. П. Кобеко и И. В. Курчатовым.

¹ Кобеко, Kuratoff. ZS. f. Phys. 66, 192, 1930 г. Курчатов, Щепкин. Журн. exper. и теорет. физики 1, 164, 1931 г.

² Еремеев и Б. Курчатов. Журн. exper. и теорет. физика 1, 201, 1931 и кроме того дальнейшие сообщения нашей лаборатории.

установлением определенного расстояния между некоторыми элементами решетки.

Сегнетовая соль принадлежит к кристаллам ромбической системы с отношением осей $a : b : c = 0,83169 : 1 : 0,42963$, аммонийная же соль, принадлежащая к той же системе, имеет отношение осей $a : b : c = 0,82336 : 1 : 0,42002$. По молекулярному весу и плотности соли, зная отношение осей, можно определить размеры элементарного параллелепипеда, включающего одну молекулу, в каждом из указанных выше кристаллов. Такое определение, конечно, не дает истинных сведений о расстояниях молекул в решетке по разным направлениям, но вычисленные размеры будут с ними связаны линейным соотношением, коэффициент пропорциональности которого будет одним и тем же в обеих солях и их изоморфных смесях.

Эти размеры элементарного параллелепипеда для сегнетовой и аммонийной соли оказываются соответственно равными по a 7,47 Å, по b 9 Å, по c 3,87 Å; по a 7,63 Å, по b 9,3 Å, по c 3,91 Å.

Таким образом в кристаллах аммонийной соли размеры параллелепипеда по оси a больше нежели в сегнетовой соли, чем по нашему мнению и обусловлено в первую очередь отсутствие в ней аномальных явлений при комнатных температурах. Зная порядок коэффициента расширения сегнетовой соли, можно вычислить размеры параллелепипеда для аммонийной соли при разных температурах. Соответственный пересчет показывает, что даже при температуре абсолютного нуля размеры параллелепипеда по оси a остаются большими этого же размера у сегнетовой соли при комнатной температуре. При подсчетах коэффициент расширения принимался не зависящим от температуры. Так как согласно теореме Нернста коэффициент расширения должен стремиться к нулю при температуре абсолютного нуля, очевидно, истинный размер параллелепипеда будет еще больше вычисленного нами.

С точки зрения развиваемых здесь представлений в аммонийной соли от температуры ее плавления до температуры абсолютного нуля при нормальном давлении не могут наблюдаться те аномальные явления, которые имеют место в сегнетовой соли. Это заключение, как известно из наших прежних работ, на самом деле и подтверждается на опыте.³

Размеры элементарного параллелепипеда в изоморфных смесях обеих солей будут по закону топических параметров определяться концентрацией обеих компонент. Можно думать, что и коэффициент линейного расширения этих кристаллов имеет тот же порядок величины, что для сегнетовой соли.

³ М.А.Еремеев и Б.В.Курчатов

Основываясь на этом, можно вычислить ту температуру, при которой размеры элементарного параллелепипеда изоморфной смеси по оси a окажутся равными соответствующему размеру параллелепипеда сегнетовой соли при комнатной температуре. Такой подсчет показывает, что эти температуры для изоморфных смесей совпадают с их точками Кюри, и постулированное выше допущение о существенной роли расстояния элементов решетки для рассматриваемых явлений получает некоторое экспериментальное подтверждение.⁴

Нам казалось интересным распространить полученные соотношения на другие соединения виннокаменной кислоты. По кристаллографическим данным для этой цели пригодны следующие двойные соли: $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaCsC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Все они кристаллизуются в той же системе, что и сегнетовая соль, и поэтому на них достаточно надежно можно распространить указанный выше способ определения размеров элементарного параллелепипеда. $\text{NaCsC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ не мог быть обследован за отсутствием в нашем распоряжении препаратов цезия.

Отношение осей для $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ мы не нашли в литературе. Для $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ оно равно $a:b:c = 0,8491:1:0,4307$; молекулярный вес и плотность этого соединения следующие: $M = 447,4$ и $2,58$.

Размеры элементарного параллелепипеда по этим данным оказываются равными по a $7,9 \text{ \AA}$, по b $9,3 \text{ \AA}$, по c 4 \AA . Так же, как и аммонийная соль, $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при нормальном давлении не должен обладать аномальными свойствами ни при одной из возможных для исследования температур. Изоморфные же кристаллы его с сегнетовой солью должны снижать точку Кюри при этом значительно больше, чем той же концентрации изоморфные кристаллы сегнетовой с аммонийной солью.

Соли $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ получались из винной кислоты нейтрализацией ее едким натрием и углекислыми солями рубидия и таллия. В качестве исходных материалов применялись препараты Кальбаума.⁵

Кристаллы как чистых $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, так и их изоморфных смесей с сегнетовой солью выращивались из насыщенного раствора в эксикаторе с хлористым кальцием по ранее описанному методу.

Определение концентрации таллия в изоморфных смесях производилось по содержанию его в исследуемом образце весовым путем в виде сернокислого таллия, согласно Мейеру.⁶

⁴ Эта связь подробнее будет изложена в наших дальнейших работах.

⁵ За предоставление в наше распоряжение препаратов рубидия и таллия приносим благодарность д-ру Плешу.

⁶ Meyer. ZS. f. anorg. Chemie 24, 363, 1900.

Содержание рубидия в изоморфных кристаллах не подвергалось анализу ввиду сложности выделения малых количеств его при большом содержании калия. Содержание рубидия в кристаллах рассчитывалось из состава исходной смеси. Как показали анализы для изоморфных смесей с натроталлиевой солью, получается достаточно хорошее совпадение с рассчитанными и экспериментально определенными данными.

Кристаллы изоморфных смесей сегнетовой и указанных выше солей получались вполне однородными и прозрачными.

Методика измерения диэлектрической постоянной заключалась в определении количеств электричества, индуцируемых через кристалл при наложении поля. Кристалл помещался в термостат для низких температур.⁷

Уже предварительные опыты показали, что как чистый $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, так и $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ во всем доступном для измерения температурном интервале $\{+50^\circ, -180^\circ\text{C}\}$ дают небольшие значения для диэлектрической постоянной. Кроме того выяснилось, что изоморфные кристаллы сегнетовой и указанных солей дают совершенно иную картину поляризации, чем изоморфные кристаллы с аммонийной солью. Смещения температурного интервала аномальных явлений в кристаллах сегнетовой соли с $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ не происходит. Прибавление этих компонент к сегнетовой соли приводит для каждой температуры кристалла к уменьшению его диэлектрической постоянной. На рис. 1 дана зависимость от концентраций и температуры диэлектрической постоянной при малых силах поля для изоморфных кристаллов сегнетовой соли с $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Концентрация последней соли указана на кривых. Как видно из рис. 1. уже незначительная примесь $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в изоморфном кристалле сильно снижает значение диэлектрической постоянной. На рис. 1 не представлена температурная зависимость диэлектрической постоянной для чистой сегнетовой соли. Здесь можно отметить, что диэлектрическая постоянная для малых полей в сегнетовой соли имеет тот же ход с температурой, причем ее максимальное значение при 0°C равно 10000 единиц.

Примесь $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ к сегнетовой соли дает аналогичные зависимости диэлектрической постоянной как от температуры, так и от концентрации. Более того, оказывается, что одинаковые молярные концентрации $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в сегнетовой соли дают одни и те же значения диэлектрической постоянной в изоморфных кристаллах, как это видно из рис. 2. На нем представлена зависимость потока индукции в CGS единицах

⁷ См. литературу, указанную выше.

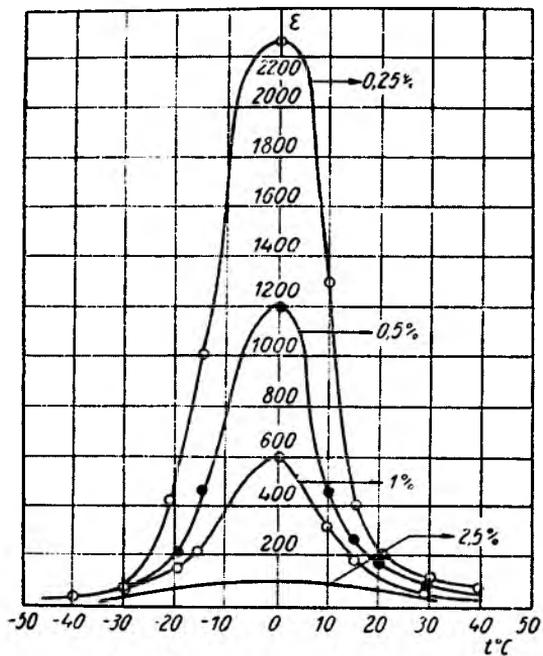


Рис. 1.

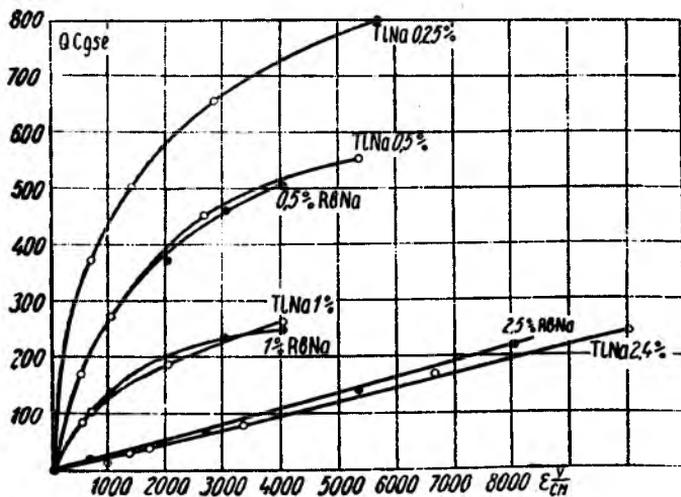


Рис. 2.

от силы поля, выраженной в вольт/см для температуры 0°C . Как видно кривые для содержания $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при концентрации в 0,5 и 2,5% практически совпадают. В указанной зависимости наблюдаются при некоторых концентрациях примесей к сегнетовой соли отступления от линейности, столь характерные для рассматриваемых аномальных кристаллов. Следует отметить, что предел, к которому стремится поток индукции, при больших силах поля уменьшается вместе с увеличением концентрации примеси. Зависимость диэлектрической постоянной при малых силах поля от концентрации примеси является общей, как уже об этом говорилось выше, для $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; для температуры в 0°C она представлена на рис. 3. Как видно, уже 4% примеси снижают диэлектрическую постоянную с 10 000 до 50 единиц.

Следует отметить, что в тесной связи со специфичностью всей картины стоят отступления от закона Кюри, установленного ранее как для чистой сегнетовой соли, так и для ее изоморфных кристаллов с $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. На рис. 4 дана зависимость обратной диэлектрической постоянной от температуры. Из измеренных значений диэлектрической постоянной вычиталась часть, обусловленная; ионной и электронной поляризацией кристалла.

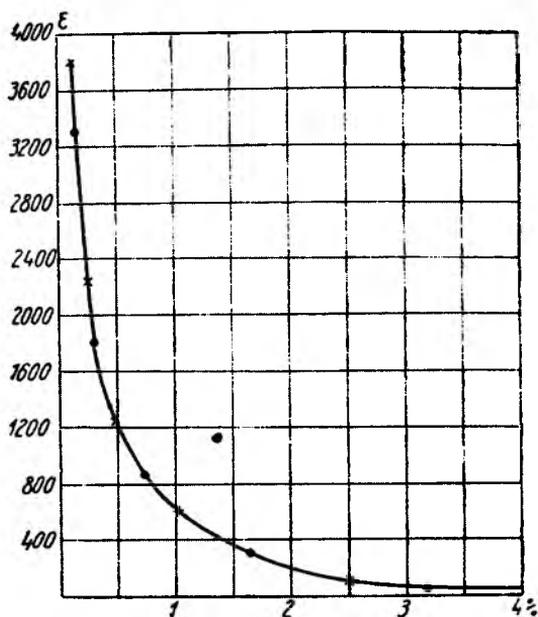


Рис 3.

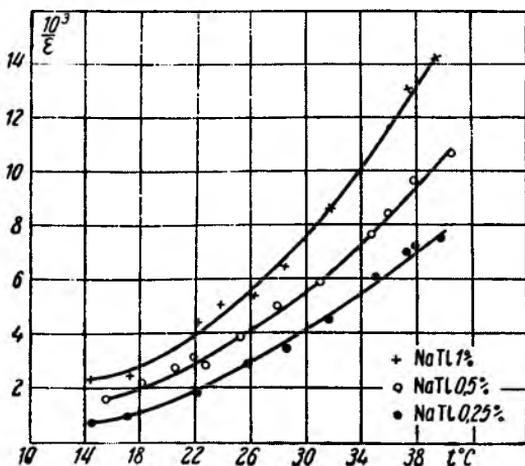


Рис 4.

Последняя принималась независимой от температуры; для ее определения мы пользовались измерениями диэлектрической постоянной соответствующих кристаллов при температуре кипения жидкого воздуха. Как видно из рис. 4, температурная зависимость дана для изоморфных кристаллов $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ при малых концентрациях (0,25; 0,5 и 1%).

Все произведенные измерения относятся к случаю, когда силовые линии поля были направлены по оси *a*. По осям *b* и *c* в этих изоморфных кристаллах так же, как и во всех ранее исследованных солях виннокаменной кислоты, диэлектрическая постоянная мала и не зависит от температуры.

Полученные результаты не могут быть использованы для той цели, которая ставилась нами в начале исследования. В отличие от аммонийной соли прибавление $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ к сегнетовой соли не приводит к смещению точки Кюри, а только снижает значение диэлектрической постоянной кристалла. Следует думать, что ионы Rb и Tl по своему воздействию на решетку значительно дальше отстоят от К, чем ион аммония. Можно думать, что действие ионов Rb и Tl сводится к затормаживанию вращения ориентирующихся масс решетки полями каждого из этих ионов в связи с большим их объемом, по сравнению с ионами К и NH_4 .

Радиус иона	К	NH_4	Tl	Rb
По Гольдшмидту (экспер. опред.).....	1,33	1,43	1,49	1,49
По Паули (теорет.).....	1,33	—	1,44	1,48

То обстоятельство, что влияние обоих ионов оказывается количественно совершенно одинаковым, говорит за эту точку зрения. С формальной стороны изоморфный кристалл сегнетовой соли с этими солями можно рассматривать как среду с большой диэлектрической постоянной, в которую включены шарики с малой диэлектрической постоянной. Этой модели отвечает найденное на опыте большее влияние примеси при температурах, где диэлектрическая постоянная имеет большие значения. Понятно, что в этой модели не будет соблюдаться закон Кюри. Что касается числа тех ориентирующихся молекул решетки, которые удерживаются одним ионом примеси, то по грубым подсчетам порядок этого числа 3—5.⁸

Можно думать, что действие ионов TI и Rb сводится кроме того к нарушению однородности внутреннего молекулярного поля.

Может быть те исследования, которые ведутся в нашей лаборатории по изучению электрических свойств тройных изоморфных смесей солей виннокаменной кислоты $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, дадут возможность точнее оценить рассматриваемые соотношения.

Основной вопрос, поставленный в этой работе, остался нерешенным; новые, не учтенные в постановке работы факторы помешали оценить роль, атомных расстояний для описываемых аномальных явлений в кристаллах. Поставленные в нашей лаборатории опыты по изучению электрических свойств солей виннокаменной кислоты при больших всесторонних давлениях, мы надеемся, позволят точнее ответить на выдвинутый здесь вопрос.

Ленинград. Группа строения вещества.

ЛФТИ. Поступило в Редакцию

Январь 1932 г. 5 февраля 1932 г.

⁸ Определение числа задерживаемых молекул производилось из расчета диэлектрической постоянной системы, состоящей из последовательно включенных слоев вращающихся и не вращающихся молекул.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОМОРФНЫХ КРИСТАЛЛОВ $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ И $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

*Б. В. Курчатов**

1. Изучены диэлектрические свойства кристаллов изоморфных смесей $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ с различным соотношением обеих компонент. — 2. Исследованные смеси можно разделить на 3 группы. В первой группе увеличение содержания второй компоненты вызывает постепенное уменьшение сегнетоэлектрических свойств кристалла, сводя их к минимуму при соотношении компонент 100:12,5; вторая группа, с большим содержанием аммонийно-натровой соли винной кислоты, характеризуется проявлением вновь всех аномальных электрических свойств сегнетовой соли; к третьей, переходной по свойствам группе отнесены промежуточные по составу смеси. — 3. Введено понятие срывного поля из анализа зависимости момента индукции от силы поля. — 4. Изучены закономерности гистерезиса для второй группы смесей и связь его со срывным полем. — 5. Прослежена зависимость установления момента индукции от времени наложения напряжения. — 6. Исследован температурный ход пьезоэффекта для смесей второй группы, подчиняющийся формуле Кюри-Вейсса. — 7. Установлены явления гистерезиса пьезоэффекта при температурах ниже точки Кюри.

В предыдущей работе нами было показано, что изоморфные смешанные кристаллы сегнетовой соли с аммонийно-натровой солью винной кислоты при отношении числа молекул 100:143 также обладают в некотором температурном интервале аномальными диэлектрическими свойствами, как и чистая сегнетовая соль. При этом был обнаружен ряд закономерностей, позволивших провести более глубокую аналогию с явлениями ферромагнетизма. Цель настоящей работы была — проследить некоторые из этих закономерностей для других соотношений компонент смеси.

* Совместо с М. А. Еремеевым

Получение изоморфных кристаллов, изготовление образцов и методика измерения были описаны ранее, поэтому здесь мы не останавливаемся на этом и переходим непосредственно к изложению полученных результатов. Все приводимые ниже данные относятся к случаю, когда электрическое поле было направлено по оси *a* кристалла.

При введении небольших количеств аммонийной соли получающиеся изоморфные кристаллы по своим свойствам напоминают кристаллы чистой сегнетовой соли. Однако температурный интервал максимальных значений диэлектрической постоянной смещается в сторону низких температур по мере увеличения примеси аммонийной соли. Кроме того абсолютные значения диэлектрической постоянной уменьшаются. Так, в сегнетовой соли при температуре в 0° С диэлектрическая постоянная достигает значений в 10000 единиц, а при определении ее по общему току на 50-периодном переменном токе — даже 15 000 единиц. В обоих случаях диэлектрическая постоянная определяется из равенства $\varepsilon = 4\pi \frac{dQ}{dE}$, где *Q* — количество электричества на сантиметр поверхности, *E* — сила поля в кристалле. В изоморфном кристалле с 1% содержания аммонийной соли максимальное значение диэлектрической постоянной получается порядка 4000 единиц при температуре -9° С; для образца с содержанием 3%, соответственно, имеем 500 при -5° С. Наименьшее значение диэлектрической постоянной получается при соотношении компонент 1:8; максимальное значение диэлектрической постоянной в этой смеси достигает при -15° С 80 единиц.

Одновременно с падением диэлектрической постоянной по мере увеличения концентрации аммонийной соли наблюдается изменение характера зависимости момента от силы поля; в то время как в сегнетовой соли насыщение достигается при полях порядка 300 вольт/см, в кристалле с содержанием 3% аммонийной соли оно начинается при 3000 вольт/см. В смеси с соотношением компонент 1:8 во всем доступном интервале измеряемых долей получается прямолинейная зависимость момента от поля. Описанные соотношения характеризуют смеси с не особенно большим (до ~30%) содержанием аммонийно-натровой соли в изоморфном кристалле. При дальнейшем увеличении концентрации аммонийной соли получают кристаллы с качественно отличными свойствами. Здесь начиная с некоторой характерной для каждой смеси температуры вновь появляется ряд свойств, которые слабо или совсем не выражены в сегнетовой соли. Сюда относятся резко выраженные явления гистерезиса, очень малые скорости установления поляризации и т. д. При переходе к кристаллам с еще большим содержанием

аммонийной соли, вплоть до предельного изученного нами соотношения в 300 молекул аммонийно-натровой соли винной кислоты на 100 молекул сегнетовой соли, получаются смеси с аналогичными свойствами.

Вся совокупность полученных нами данных представлена на рис. 1, где по оси абсцисс отложена температура, по оси ординат — диэлектрическая постоянная; параметром кривых служит состав кристалла. Обращает на себя внимание тот факт, что область больших значений поляризуемости изоморфных кристаллов исследуемых солей характеризует системы с очень малым и очень большим содержанием аммонийно-натриевой соли. Кроме того можно видеть, что для первой группы кристаллов с большой поляризуемостью характерно уменьшение этой поляризуемости при уменьшении температуры. Для второй группы мы не замечаем никаких следов такого уменьшения вплоть до самых низких доступных нам температур исследования. Возможно, однако, что это спадание будет иметь место при дальнейшем снижении температуры. Экспериментальное разрешение этого мы надеемся получить в ближайших исследованиях. Нельзя не отметить в добавление к уже сказанному, что диэлектрические свойства кристаллов, обладающих малыми значениями поляризуемости, кристаллы с содержанием 10–15 молекул аммонийно-натровой соли на 100 молекул сегнетовой качественно отличны от смесей первых двух групп. Скорость установки поляризации в кристаллах этой группы очень велика; здесь уже нет зависимости момента от силы поля в диэлектрике. Опыты одного из нас с И. Курчатовым, опубликованные в этом же журнале, проливают некоторый свет на факторы, определяющие уменьшение поляризуемости чистой сегнетовой соли и первой группы кристаллов с понижением температуры. Там же разбираются особенности поведения первой группы кристаллов в электрическом поле. Мы же несколько подробнее остановимся на второй группе кристаллов.

Для каждого кристалла изоморфной смеси при переходе от комнатных температур к более низким наблюдается непрерывный рост диэлектрической постоянной. Этот температурный ход хорошо описывается формулой Кюри-Вейса. В табл. 1 приведены значения температур Кюри для изоморфных смесей различного состава. Как видно из приведенных данных, точка Кюри смещается в сторону низких температур с увеличением концентрации аммонийной соли.

Одновременно с возрастанием диэлектрической постоянной наблюдается изменение вида зависимости момента от поля. При высоких температурах момент возрастает пропорционально полю; вблизи точки Кюри кривые заметно загибаются к насыщению. Рис. 2 иллюстрирует этот ход выше точки

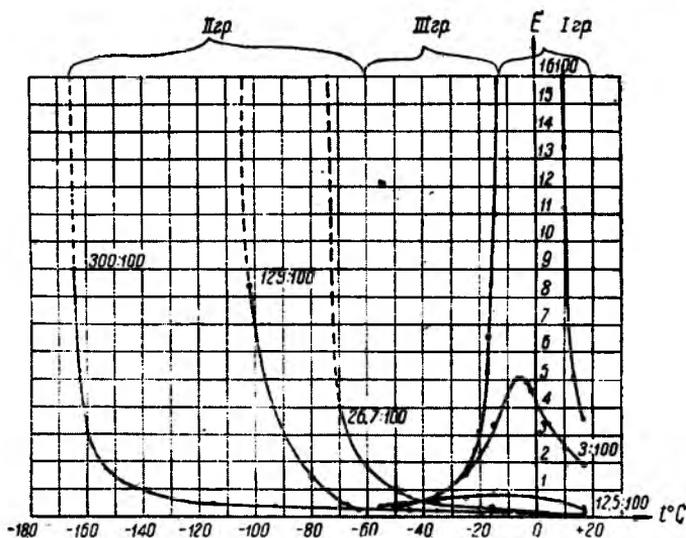


Рис. 1.

Положение точки Кюри в зависимости от соотношения компонент $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Таблица 1

Соотношение компон.	100:0	100:1	100:3	100:12,5	100:26,7	100:114	100:143	100:300
Точка Кюри	+24°C	+5°C	0°C	-15°C(?)	-70°C	-100°C	-106°C	-107°C

Кюри для изоморфной смеси с 26,7 молекулами аммонийной соли на 100 молекул сегнетовой (точка Кюри – 70°C). При переходе в область температур ниже точки Кюри появляется новая особенность в форме кривых: у начала координат лежит область малой поляризуемости. Наравне с другими характерными для этой группы кристаллов свойствами – гистерезисом и медленным установлением поляризации, нами детально исследовалась форма зависимости момента от поля.

При малых полях зависимость представляется прямолинейным участком с малым наклоном. При дальнейшем возрастании силы поля момент за небольшой переходной областью быстро возрастает опять линейно, как видно

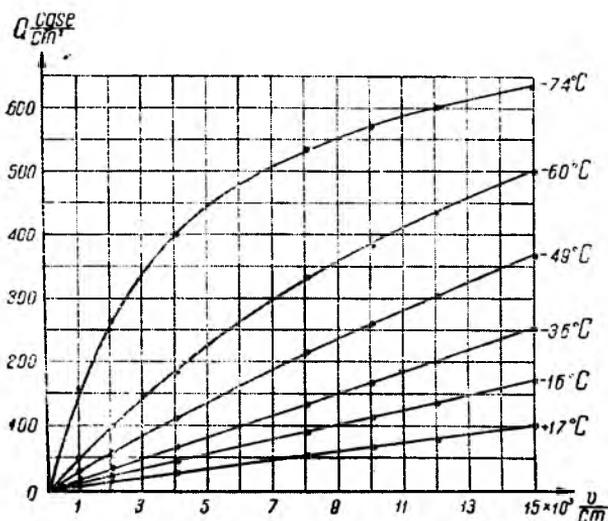


Рис. 2.

из рис. 3. По оси абсцисс на рис. 3 нанесены значения поля в кристалле, выраженные в вольтах/см, по оси ординат – величины момента девственной стационарной кривой; параметром является температура исследования. Данные относятся к кристаллу с составом: 123 молекулы аммонийно-натровой соли на 100 молекул сегнетовой. При опытах очень медленно повышалось напряжение на кристалле; общее время опыта для каждой из кривых занимало около 2 часов. Из рисунка видно, что температура заметно сказывается только на положении области пересечения обоих линейных участков, которая смещается в сторону меньших напряжений при возрастании температуры. В точке Кюри, как ясно из рис. 2, это напряжение становится равным нулю.

Нам кажется вероятным, что механизм этого явления должен рассматриваться в связи с наличием спонтанной ориентации в кристалле. Состояние ориентации дипольных групп при этом является не только результатом взаимодействия электрического поля и теплового движения, но и взаимодействия между соседними спонтанно-ориентированными областями. Но можно думать, что весь ход кривой определяется еще и взаимодействием спонтанно-ориентированных областей с остовом кристалла, который не участвует во вращении. Так или иначе, из опыта мы заключаем, что ориентация дипольных групп происходит только с некоторой вполне определенной величины электрического поля E_s , которое мы в дальнейшем называем срывным полем. Значение срывного поля определяется как отрезок оси абсцисс, отсекаемый

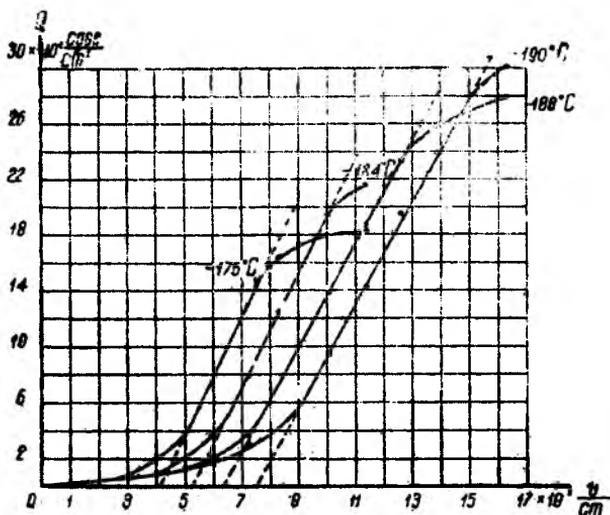


Рис. 3.

вторым прямолинейным участком кривой момента при продолжении его до пересечения с этой координатной осью. Как мы видели, срывное поле зависит от температуры и исчезает в точке Кюри. В очень, правда, слабой форме явление такой срывной ориентации диполей проявляется и в чистой сегнетовой соли. В работе И. Курчатова и Бернашевского изгиб на кривой момента от силы поля при малых полях был интерпретирован как результат внутренних натяжений, создающихся из-за несовершенства кристалла. Отжиг кристалла в значительной мере уничтожал эффект, но авторам ни разу не удалось свести его к нулю. Для изученных нами кристаллов изоморфных смесей также, очевидно, возможно влияние механических натяжений на величину срывного поля; однако тот факт, что срывное поле при данной температуре на различных образцах одной изоморфной смеси оказывается одинаковым, указывает на невозможность объяснения его столь случайным фактором. Очевидно, причины существования срывного поля следует искать в специфических условиях, связанных со спонтанной ориентацией в кристалле. Вопрос о том, как зависит срывное поле от содержания компонент, мы не подвергали специальному обследованию, но все же можно утверждать, что при прочих равных условиях срывное поле растет с возрастанием в кристалле содержания компоненты $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Простое сопоставление здесь затруднительно, так как положение точек Кюри также зависит от состава кристалла. На рис. 4 даны петли гистерезиса для двух образцов различного

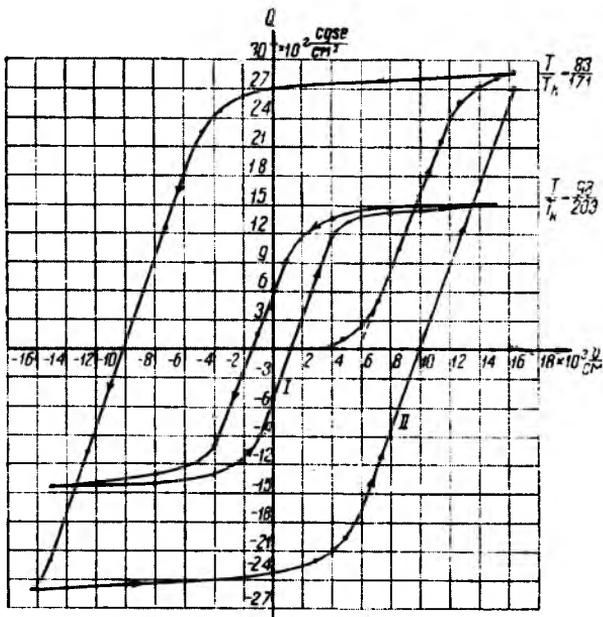


Рис. 4.

состава при одинаковых приведенных температурах; отношение температуры исследования, выраженной в абсолютных градусах, к температуре Кюри для обоих кристаллов приблизительно равно 0,48. Кривая I относится к кристаллу с 26,7 молекулами аммонийной соли на 100 сегнетовой, кривая II – к 114 молекулам аммонийной на 100 сегнетовой. Как видим, срывное поле соответственно равно 1000 и 5800 вольт/см.

Обращает на себя внимание тот факт, что значение насыщения резко различно в обоих случаях. Но нужно оговориться, что одна из петель принадлежит кристаллу, промежуточному между 2-й и 3-й группой, и делать отсюда поэтому те или иные выводы нам кажется преждевременным.

При наложении на изоморфный кристалл электрических полей больших, чем срывное, наблюдается – в отличие от области малых полей – замедленная установка поляризации. Значения момента, приведенные на рис. 3 и 4, получены, как уже отмечалось, при очень длительном выдерживании кристалла в электрическом поле. Представляло значительный интерес проследить рост со временем поляризации кристалла при различных силах поля и различных толщинах образцов. Этот интерес был продиктован теми соображениями об установлении равновесия в кристаллах со спонтанной ориентацией,

которые были выработаны в применении к нашему случаю Л. Ландау. При переходе через точку Кюри в теле по энергетическим соображениям должна возникать спонтанная ориентация. Весь кристалл в целом должен при этом получить момент в одном из возможных антипараллельных положений равновесия диполя в решетке вдоль оси a . Однако эта односторонняя ориентация будет энергетически выгодна лишь в том случае, когда кристалл рассматривается бесконечно длинным. Если размеры его ограничены, необходимо при расчете учитывать ту дополнительную энергию, которая создается полем на концах обладающего моментом кристалла. Если принять эти соображения во внимание, то окажется, что наиболее выгодное расположение диполей в кристалле ниже точки Кюри будет такое, когда они соберутся в трубки, пронизывающие насквозь по оси a кристалл и сложенные таким образом, что диполи в соседних трубках расположены антипараллельно друг другу. Диаметр этих трубок зависит от толщины кристалла; чем тоньше кристалл, тем меньше диаметр трубок; в среднем по грубым расчетам он должен быть равным $\sim 10^{-6}$ см. Процесс установления поляризации в кристалле по Ландау нужно рассматривать как развитие одних трубок за счет других. Этот процесс идет по поверхности касания соседних областей, и следовательно, в тонких кристаллах, где число трубок на единицу поверхности больше, чем в толстых, при прочих равных условиях будет больше и скорость нарастания поляризации.

Соответствующие измерения были проделаны для кристалла с содержанием 114 молекул аммонийной соли на 100 сегнетовой при температуре в -187°C . Опыты производились следующим образом. На кристалл подавалось напряжение, емкость с параллельно присоединенным к ней струнным электрометром заряжалась через индукцию. Производился ряд отсчетов напряжения на емкости, и секундомером регистрировалось время от начала опыта. После снятия кривой для одной силы поля образец нагревался выше точки Кюри для устранения остаточного наэлектризовывания. Результаты измерений показаны на рис. 5, где по оси абсцисс отложено время в секундах, а по оси ординат — момент кристалла. Параметром кривых является электрическое поле. Для сравнения формы полученных кривых ординаты их для одного значения времени (160 сек.) были совмещены. Полученные при таком пересчете точки группируются около одной кривой, приведенной на рис. 6. Здесь же нанесены данные, полученные на том же образце для двух других толщин. Рисунок показывает, что скорость нарастания момента определяется исключительно градиентом поля для данного образца и температуры; вид функциональной зависимости оказывается одинаковым при различных градиентах.

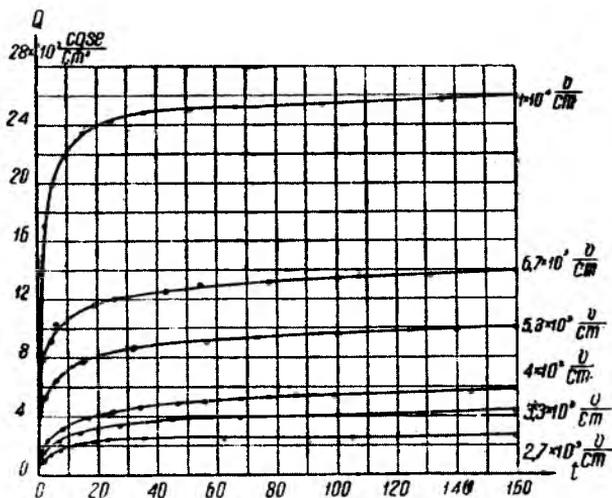


Рис. 5.

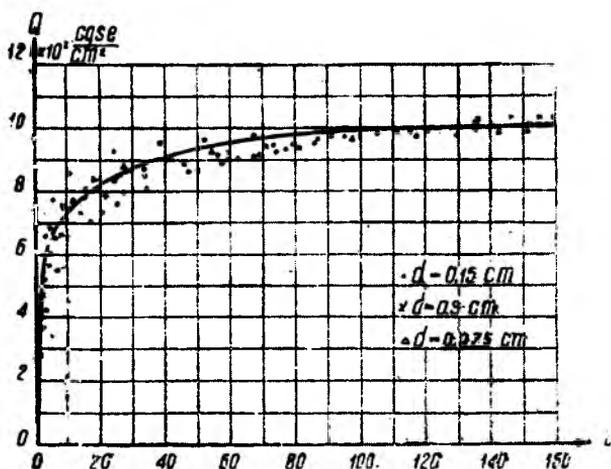


Рис. 6.

Приведенные результаты, таким образом, не подтвердили предположений об установлении поляризации, которые кратко были выше очерчены. Было бы преждевременным думать, что эти предположения неверны в своей основе. Возможно, что несоответствие с опытом относится за счет некоторой схематичности описания явления, которой страдает принятый выше взгляд. Так, он совершенно не описывает срывной ориентации и не предполагает

ее в кристалле, он не содержит также объяснения равновесия и не в состоянии указать определяющих его элементов. Здесь совершенно необходимо дальнейшее уточнение теоретических взглядов, с учетом некоторых новых, еще не принятых во внимание факторов.

Предыдущие закономерности относятся к поведению кристалла, не испытывавшего электрических воздействий. Картина еще усложняется для кристалла, уже подвергавшегося воздействию поля, благодаря явлению гистерезиса. Общее описание гистерезиса было сделано нами уже ранее. Здесь же мы несколько уточняем картину. Существенной особенностью, обнаруженной нами в данном исследовании, является связь характеристик гистерезиса с величиной срывного поля и характером срывной ориентации вообще. Оказывается, что при наложении на кристалл электрического поля, меньшего по величине, чем срывное, явление гистерезиса не имеет места. Момент однозначно определяется величиной приложенного электрического поля. Петли гистерезиса появляются только в циклах, где максимальное поле больше срывного. Это ясно видно из данных, приведенных на рис. 7, а также из кривых зависимости коэрцитивной силы и остаточного момента от максимального напряжения цикла (рис. 8). Далее эти петли ограничены параллельными прямыми в области сил поля, где равновесное значение момента девственной кривой возрастает линейно с напряжением. При переходе к большему напряжению петли начинают расширяться. Рис. 7 иллюстрирует изменение петли гистерезиса с ростом предельных величин электрического поля. Измерения, указанные на этом рисунке, произведены на кристалле изоморфной смеси, с содержанием 114 молекул аммонийной соли на 100 сегнетовой при температуре в -187°C . Весь цикл проходил в опыте в течение 3 часов. Нужно отметить, что и в этих измерениях обнаруживалась замедленная установка поляризации всякий раз, когда поле было больше срывного.

Существенно отметить, что до предельных полей момент проходит через нуль при напряжении электрического поля, равного срывному полю. Нам кажется, что это обстоятельство допускает следующие разъяснения.

Всякий раз кристалл с результирующим моментом, равным нулю, будет характеризоваться одной и той же величиной срывного поля и одинаковым ходом момента от силы поля вблизи срывной точки. Таким образом, каждый раз, когда петля гистерезиса пересекает ось абсцисс и когда, следовательно, момент кристалла равен нулю, сила поля будет равна срывному. Это и характеризует наши кривые. Что касается объяснения общего хода петли, его можно сделать, только поняв условия равновесия в сегнетоэлектриках при спонтанной ориентации. Здесь любопытно только отметить большое сходство в

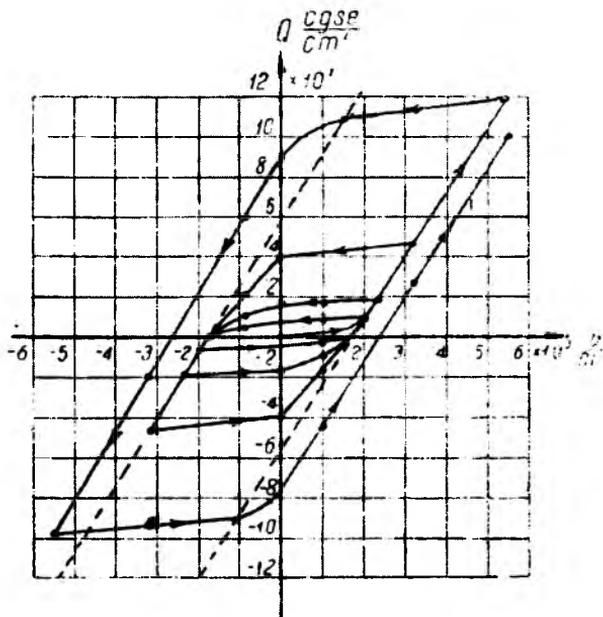


Рис. 7.

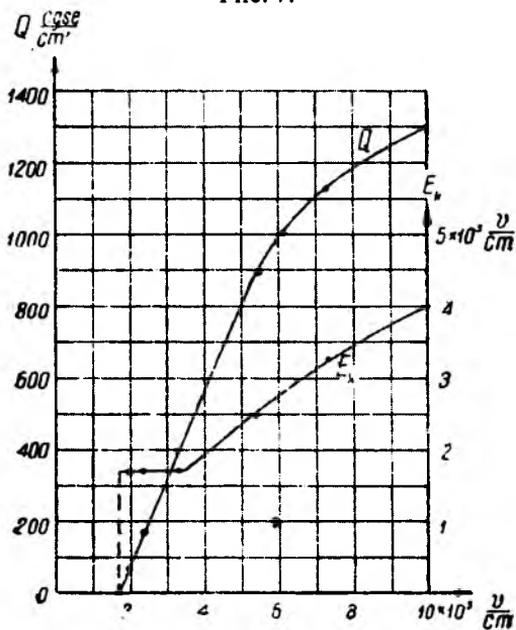


Рис. 8.

наших кривых гистерезиса и кривых Неймана¹ для магнитного гистерезиса в сплавах 50% Ni, 20% Fe, 30% Co. Кривые Неймана не только напоминают наши в смысле формы, но в них характерно наличие срывного поля и наложение последующих циклов кривых на девственную кривую.

Известно, что кристаллы сегнетовой соли дают очень большой пьезоэлектрический эффект, температурная зависимость которого показывает, что механизм его по существу тот же, как и поляризация кристалла в электрическом поле. Было интересно изучить поведение изоморфных кристаллов с целью выяснить, сохраняется ли у них указанная связь между аномальными электрическими свойствами и пьезоэффектом. Измерения производились на кристалле с содержанием 26,7 молекул аммонийной соли на 100 молекул сегнетовой соли. Плоскости давления находились под углом 45° к осям b и c кристалла. Образец монтировался внутри термостата на низкие температуры, описанного в предыдущей работе, с приспособлением, позволявшим с помощью стерженька, выходявшего наружу, создавать различные нагрузки. По наложении давления на кристалл измерялись выделившиеся количества электричества на плоскостях, перпендикулярных к оси a кристалла, струнным электрометром. При комнатной температуре величина пьезоэффекта сравнительно мала. Нагрузка в 1 г/см^2 вызывает пьезоэффект в $7 \cdot 10^{-4}$ единиц. При понижении температуры он быстро растет: температурная зависимость эффекта вполне аналогична температурной зависимости поляризации. На рис. 9 приведена зависимость обратных значений момента, возникающего при пьезоэффекте и рассчитанного на 1 г/см^2 , от температуры. Значения обратных величин момента даны в CGS-единицах. Как видно, и здесь применим закон Кюри-Вейсса; определяемая отсюда точка Кюри (-70°C) совпадает со значением ее, полученным путем измерений диэлектрической постоянной. Выше точки Кюри зависимость пьезомомента от давления выражается прямой, проходящей через начало координат. При больших нагрузках на кристалл, а также при температурах близких к точке Кюри, вероятно, получились бы такие же кривые, как на рис. 2 для поляризации электрическим полем. Значительно сложнее картина ниже точки Кюри. Наблюдаемая в этой области зависимость пьезо-эффекта от давления и времени во многом напоминает рассмотренные выше закономерности для поляризации электрическим полем. Как видно из рис. 10, здесь также можно говорить о срывном поле, имеет место замедленная установка равновесных значений пьезоэлектрических моментов и существует своеобразный гистерезис, показанный на этом же рисунке.

¹ Neumann. Wissenschaftliche Veruff. Siemens-Konzern, Band I, 1931.

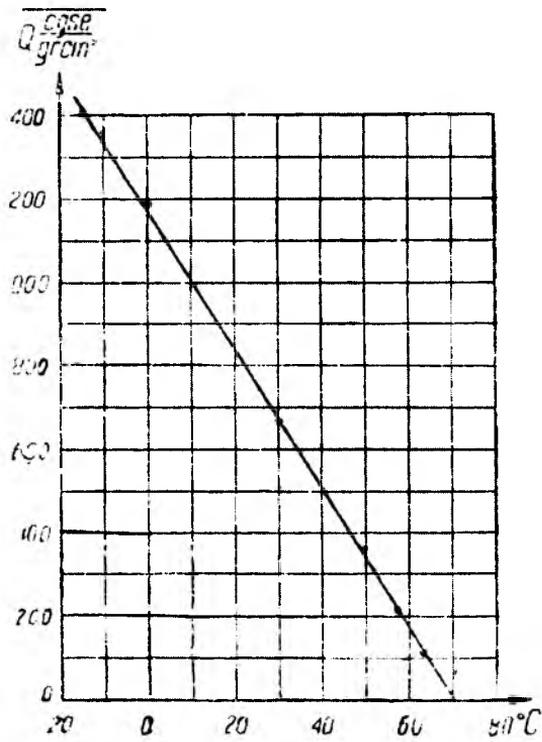


Рис. 9.

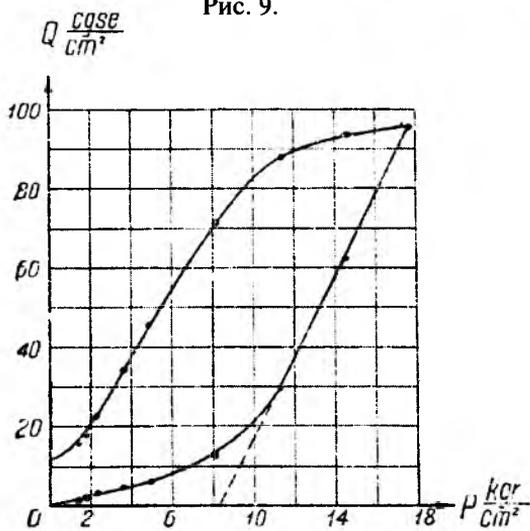


Рис. 10.

В результате полученных данных выяснились некоторые экспериментальные соотношения, управляющие установлением поляризации кристаллов в области спонтанной ориентации. Для большинства этих соотношений сейчас нельзя указать теоретических объяснений, но нужно думать, что полученные данные помогут установить в дальнейшем некоторую законченную точку зрения. Задачей теории в этой области является в первую очередь учет элементов, определяющих равновесие в кристалле, в частности, таких элементов этого равновесия, как наличие срывной ориентации и линейного роста равновесного момента с силой поля в кристалле за срывным полем. С этой же задачей связано объяснение явления гистерезиса и всех его закономерностей. Второй цикл вопросов связан с кинетикой установления равновесия. Здесь необходимо выяснить вопрос о температурной зависимости и зависимости от силы поля времени релаксации диполей в решетке при организации их в спонтанно-ориентированные области.

За руководство работой приносим благодарность И.В.Курчатову.

Группа строения вещества ЛФТИ

Ленинград, 27 июня 1932 г. Поступило в Редакцию

5 июля 1932 г.

НИЖНЯЯ ТОЧКА КЮРИ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ¹

Б. В. Курчатов²

Исследована зависимость момента от силы поля в очень малых полях для сегнетовой соли на постоянном и 50-периодном переменном токе. Изучена температурная зависимость диэлектрической постоянной в малом поле для сегнетовой соли и изоморфных кристаллов $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ различного состава на 50-периодном переменном токе. Обнаружены в сегнетовой соли и некоторых изоморфных кристаллах пики больших значений диэлектрических постоянных при двух характерных для данного состава температурах. Высказано предположение о том, что пики больших значений диэлектрической постоянной вызваны распадом спонтанной ориентации. Предположено, что в пике при более высокой температуре распад вызывается тепловым движением диполей, в пике при более низких температурах — взаимодействием диполей с остовом решетки. Введено понятие второй — нижней точки Кюри в сегнетоэлектриках. На основе развитых в работе взглядов разобраны закономерности температурной зависимости поляризации и зависимости поляризации от состава в изоморфных кристаллах $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

В наших предыдущих работах по сегнетоэлектрикам [1] была дана схема явления поляризации этого рода тел, аналогичная построению Вейсса для ферромагнитных материалов. Еще ранее мы отмечали ряд соотношений, которые не могли быть объяснены путем этой аналогии. К ним в первую очередь относится уменьшение диэлектрической постоянной, наступающее в сегнетовой соли в температурном интервале -15 - 20°C (рис. 1), которое нельзя

¹ Журн. эксп. и теор. физ., 1932, 2, вып. 5–6, с. 319–327.

² Совместно с И. В. Курчатовым

объяснить ранее принятыми нами предположениями. Данное исследование посвящено анализу процессов в области этого уменьшения поляризации диэлектрика.

В качестве критерия состояния диэлектрика при различных температурах мы решили выбрать его поляризуемость в очень слабых полях, основываясь при этом на следующем. Ход зависимости потока индукции от силы поля резко различен по форме выше и ниже точки Кюри (рис. 2). Это обстоятельство было установлено в работе П. Кобеко и И. Курчатова и позднее подробно изучено Курчатовым и Бернашевским. Все сказанное выше, а также и настоящие измерения относятся к случаю, когда поле было направлено по оси a . При температурах выше точки Кюри (кривая b на рис. 2) зависимость Q от E не меняет знака кривизны во всем интервале изменения напряжения; при температурах ниже точки Кюри у начала координат лежит область медленного роста индукции с полем, и, таким образом, знак кривизны меняется вдоль кривой. Наличие малых значений поляризуемости сегнетоэлектрика в слабых электрических полях, мы думаем, обусловлено спонтанной ориентацией. По мнению Л. Ландау малое значение поляризуемости диэлектрика в этих условиях должно быть приписано стрикционному эффекту, разделяющему области спонтанной ориентации. С этой точки зрения температурный ход поляризуемости в малых полях служит индикатором состояния спонтанной ориентации в кристалле. Р. Д. Шульвас-Сорокина, проводившая в очень слабых полях измерение диэлектрической постоянной сегнетовой соли, действительно обнаружила максимум в точке Кюри. Если бы уменьшение поляризуемости

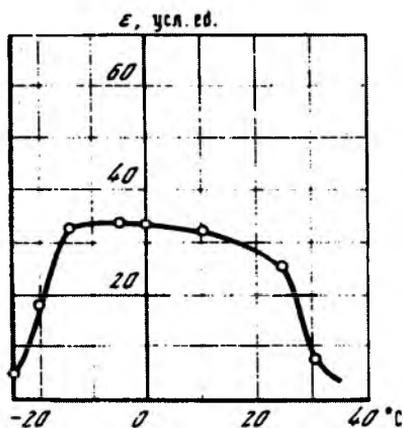


Рис. 1

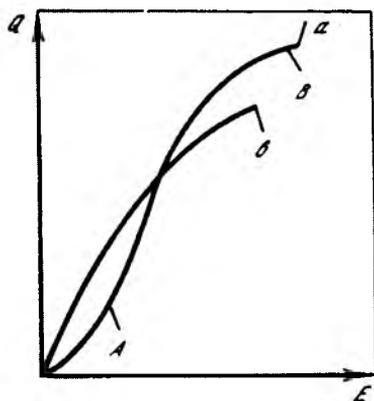


Рис. 2

сегнетовой соли в области температур между $-15+20^{\circ}\text{C}$ было связано с уменьшением или разрушением спонтанной ориентации, то в малых полях должен был бы наблюдаться такой же максимум значений диэлектрической постоянной при этих температурах. Указания на это имеются в работе Фрейна [2], наблюдавшего рост диэлектрической постоянной в этой области температур при больших частотах поля.

Предварительно нами были проведены опыты измерения поляризации диэлектрика в пластинах различной толщины на постоянном и переменном 50-периодном токе с целью выяснить оптимальные условия обнаружения максимума. Очевидно, такой максимум должен быть тем более резким, чем больше разница в наклонах касательных к кривой a на рис. 2 в начале координат и точке с максимальным значением этого наклона. До сих пор была установлена независимость хода кривой¹ от частоты и толщины пластин лишь в части AB ; для начальной же части кривой соответственных опытов проведено не было.

Эти измерения проводились с образцами сегнетовой соли, толщина которых в опытах была: 6,5; 0,8; 0,2; 0,07 см. Температура опыта поддерживалась равной 15°C ; измерения как при постоянном, так и при переменном токе проводились в той схеме, которая была раньше описана в наших работах. Электродами для образцов служили аквадаговые слои, к которым раствором целлулоида в амилацетате приклеивались фольговые листки. Приготовленный таким образом кристалл зажимался между медными обкладками, к одной из них припаивалась медно-константановая термопара. Образец помещался в стеклянной трубке, плотно прикрытой резиновой пробкой. Нижний конец трубки заполнялся свежeproкаленным CaCl_2 .

В соответствии со всеми предыдущими нашими данными и в этих опытах было обнаружено, что равновесный поток индукции через сегнетову соль определяется исключительно напряжением поля и ни в какой мере не зависит от толщины исследуемого диэлектрика. Это относится как к постоянному, так и к переменному току. Данные, полученные на постоянном токе, показывают кроме того, что установленная М. Еремеевым и Б. Курчатовым закономерность в ходе потока индукции от силы поля для начальной части кривой может быть целиком распространена и на случай сегнетовой соли. Так же, как и в том случае можно говорить о срывном поле, которое здесь, правда, очень мало и равно всего 15 В/см. На рис. 3 приведены результаты измерений образца, толщина которого равнялась 0,07 см; по оси абсцисс отложена

¹ Измерения проводились П. Кобеко и И. Курчатовым до частот в 20 000 периодов в секунду.

разность потенциалов на обкладках образца, по оси ординат — наблюдаемый момент в условных и CGS единицах, рассчитанный на квадратный сантиметр поверхности. Диэлектрическая постоянная даже при самых малых напряжениях поля в 0,1 В/см еще довольно высока, а именно: при температуре в 15° С она равна 1340. Таким образом, проведя измерение на постоянном токе даже при самых слабых — доступных применяемой нами методике — силах поля, трудно надеяться получить отчетливый максимум в температурной зависимости. Значительно более надежны в этом случае измерения на переменном токе. Начальное значение диэлектрической постоянной здесь равно только 150, в то время как максимальное значение диэлектрической постоянной при поле около 100 В/см приблизительно равно 10000. Ход кривой момента для переменного поля представлен на рис. 4; толщина образца в опыте была равна 6,5 см. Момент определялся по общему току, проходившему через кристалл. Обозначения на рис. 4 те же, что и на рис. 3. Срывное поле на переменном 50-периодном токе равно приблизительно 70 В/см. Его величина, так же как и все значения индукции, не зависит от толщины пластин (толщина пластин, как уже указывалось, менялась в опытах приблизительно в 100 раз). Измерения на 500-периодном токе дали совпадающие с 50-периодным током значения.

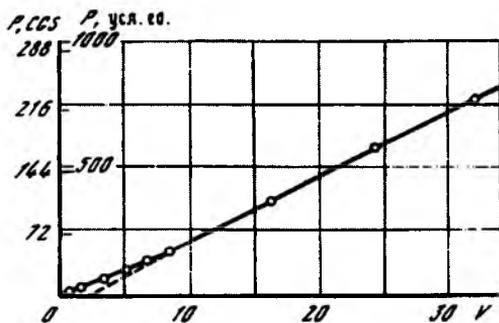


Рис. 3

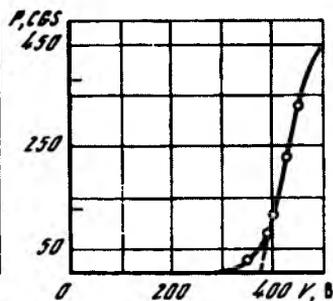


Рис. 4

Описанные предварительные опыты показали, что для обнаружения максимума рационально проводить измерения на переменном токе в полях, меньших 60 В/см. Приводимые ниже данные были сняты при силах поля, варьировавшихся в пределах между 5 и 15 В/см на 50-периодном переменном токе.

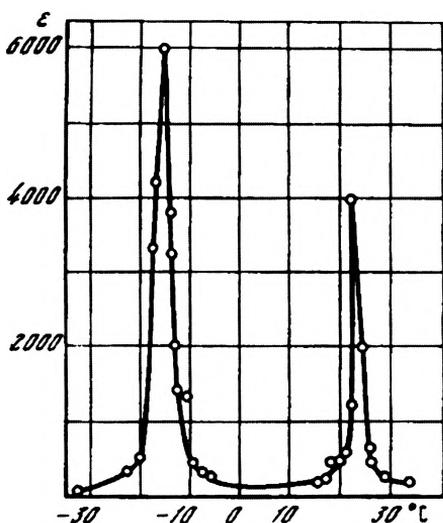


Рис. 5

В этих опытах трубка с кристаллом помещалась в широком дьюаровском стакане, забитом ватой. Кристалл охлаждался приблизительно до -30°C подливанием небольшого количества жидкого воздуха в дьюар. Далее система медленно прогревалась сама собой до комнатной температуры. Этот прогрев шел приблизительно 4–5 часов; непрерывно в течение этого промежутка времени проводились измерения. Зависимость диэлектрической постоянной от температуры в этом очень слабом переменном поле для сегнетовой соли дана на рис. 5 и табл. 1. Получились два максимума: один – при $22,5^{\circ}\text{C}$, приблизительно совпадающий с максимумом, обнаруженным Р. Д. Шульвас-Сорокиной в точке Кюри, второй – при температуре в -15°C . По нашим представлениям второй полученный максимум указывает на распад спонтанно ориентированных областей при температуре в -15°C . Мы поэтому в дальнейшем эту температуру будем называть нижней точкой Кюри.

Таблица 1

Диэлектрическая постоянная сегнетовой соли в очень малых полях на 50-периодном переменном токе

$t, ^{\circ}\text{C}$	ϵ						
-33	42	-13	1990	17,2	200	25,8	590
-22,6	315	-12,2	1380	18,2	410	26	425
-20,2	455	-11	1320	19,4	440	28,6	200
-17,4	3300	-9,2	380	21,2	500	30,4	168
-16	4200	-8,2	335	22,2	1220	33,2	168
-15	6000	-7	315	22,5	4000	33,6	160
-14,2	3800	-6,2	222	23,4	2200		
-13,7	3250	16	168	24,4	2000		

В пике значений диэлектрической постоянной были проведены измерения электропроводности зажатого между обкладками образца. Дело в том, что образец монтировался в наших опытах без охранного кольца. При том режиме охлаждения и нагрева, который мы применяли, перемещение водяного пара в трубке могло привести к его конденсации на кристалле и, следовательно, вызвать значительную поверхностную электропроводность образца. Последняя могла дать кажущийся пик значений диэлектрической постоянной. Измерения электропроводности в пике при постоянном напряжении показали, однако, что ток через образец неизмеримо мал (меньше 10^{-15} А), и, таким образом, полученный максимум действительно отвечает реальному росту поляризуемости диэлектрика. Мы здесь позволим привести в добавление к приведенным опытам результаты очень интересного исследования, сообщенные нам Р. Д. Шульвас-Сорокиной. Она измеряла в зависимости от температуры скорость установления поляризации в сегнетовой соли. Измерения проводились в небольших полях. Оказалось, что зависимость времени релаксации от температуры может быть схематически представлена медленно растущей кривой, начинающейся при $22,5^\circ\text{C}$; кривая дает резкий обрыв при температуре нижней точки Кюри (рис. 6). С нашей точки зрения ход кривой получает очень простую интерпретацию. За пределами спонтанной ориентации скорость установления поляризации будет, очевидно, всегда очень высока. При температурах же между двумя точками Кюри процессы установления поляризации могут идти очень медленно, как известно уже из старых опытов М. Еремеева и Б. Курчатова для изоморфных смесей сегнетовой и аммонийно-сегнетовой соли.

Можно двумя различными процессами объяснить распад спонтанной ориентации при температуре в -15°C :

1. Можно думать, что ориентирующиеся моменты взаимодействуют с решеткой; в наших предыдущих работах мы не учитывали этого взаимодействия. Можно представить себе механизм такого взаимодействия в следующей форме: при температуре абсолютного нуля диполи в решетке расположены совершенно упорядоченно, хотя бы в таком виде, как это указано на рис. 7. При достаточно высокой температуре взаимодействие диполей с решеткой из-за колебаний последней приводит к тому, что диполи можно рассматривать почти свободными. При понижении температуры от этой предельной число тех диполей, которые прочно (в статистическом смысле) связаны в решетке и не могут ориентироваться под действием поля, будет увеличиваться, и в первом приближении убывание поляризуемости диэлектрика будет пропорциональным уменьшению числа моментов, способных к ориентации. Распад спонтанно-ориентированных областей в силу этих

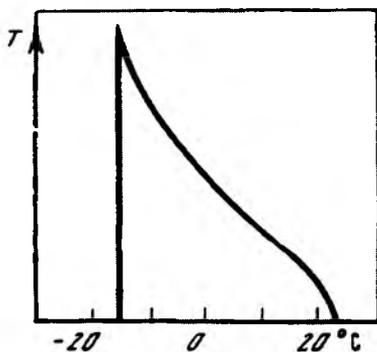


Рис. 6

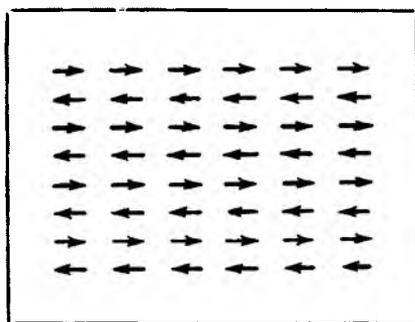


Рис. 7

соображений будет просто связан с уменьшением концентрации дипольного газа. Конечно, такая трактовка представляет очень большое упрощение реальных процессов. Более строго весь вопрос разбирается в работе Л. Ландау, которая в скором времени появится в печати.

2. Можно думать, что распад спонтанной ориентации связан с изменением структуры решетки при температуре в -15°C в силу того или иного аллотропического превращения.

Ряд соображений заставляет нас предпочесть первое объяснение второму. Волдырь в Ленинградском физико-техническом институте снимал лауэ-рентгенограммы сегнетовой соли при температурах 30, 15 и -25°C и не нашел никаких структурных изменений в этом интервале. Далее, при допущении аллотропического изменения соли непонятна непрерывность хода значений диэлектрических постоянных около -15°C в сильных полях. Если бы на самом деле имело место такое аллотропическое превращение, следовало бы ждать резкого скачка диэлектрических свойств. Мы попытались показать непригодность объяснения аллотропическим превращением обнаруженного распада спонтанной ориентации, исследуя диэлектрические свойства кристаллов, охлажденных с различной скоростью. В одних случаях находившийся при комнатной температуре кристалл медленно (в течение 3–4 ч) охлаждался до температуры в -110°C , и затем при нагреве измерялась его диэлектрическая постоянная при разных температурах. Сила поля в измерениях была довольно высока, около 200 В/см. Опыты проводились на переменном 50-периодном токе. Во втором случае находившийся при комнатной температуре кристалл, толщина которого была около 0,05 см, опускался в петролейный эфир, предварительно охлажденный до температуры в -100°C . Так же как и в предыдущем случае, при медленном нагреве измерялась диэлектрическая

постоянная этого кристалла. При быстром охлаждении пластинки сильно растрескивались, но до температуры -19°C можно было еще вполне надежно измерять емкость образца. Повышение электропроводности из-за абсорбции влаги на поверхностях трещин могло исказить результаты не больше чем на 1%, как показали отдельные измерения токов утечки через образец при температурах исследования. Если бы в сегнетовой соли в указанном интервале температур существовало аллотропическое превращение, состояние образца должно было бы определяться характером охлаждения. Между тем, даже при столь значительных разностях в скоростях охлаждения, какие были осуществлены в наших опытах, электрическое состояние образца однозначно определяется температурой исследования, как это видно из рис. 8. На этом рисунке кружки дают значение диэлектрической постоянной при нагреве образца, охлажденного до температуры -115°C в течение 3–4 ч, крестики – значения диэлектрической постоянной при нагреве образца, охлажденного погружением в холодный эфир. Время охлаждения в последнем случае – порядка десятых долей секунды.

Последние измерения и рентгеновские данные, по нашему мнению, не дают возможности базироваться на объяснении распада спонтанной ориентации аллотропическим превращением кристалла. Причина этого распада лежит в таком взаимодействии диполей с остовом решетки, который был рассмотрен выше.

Исследование диэлектрической постоянной в малых полях в зависимости от температуры было нами проведено кроме сегнетовой соли также на некоторых изоморфных кристаллах сегнетовой и аммонийно-сегнетовой соли. Так же как и в случае чистой сегнетовой соли здесь получились кривые с двумя максимумами для тех образцов, где концентрация аммонийно-сегнетовой соли не была особенно значительной. Так, на рис. 9 и в табл. 2 представлены результаты измерения диэлектрической постоянной изоморфного кристалла, состав которого был



Определение содержания обеих солей в образце было проведено по зависимости, установленной М. Еремеевым и Б. Курчатовым, между составом кристалла и раствора по содержанию компонент в растворе. В этом образце мы также получаем две точки Кюри; температура верхней точки $4,8^{\circ}\text{C}$, нижней – 9°C . Для образцов с большим содержанием аммония (от 3 до 20%) не получилось ни одного резкого максимума.

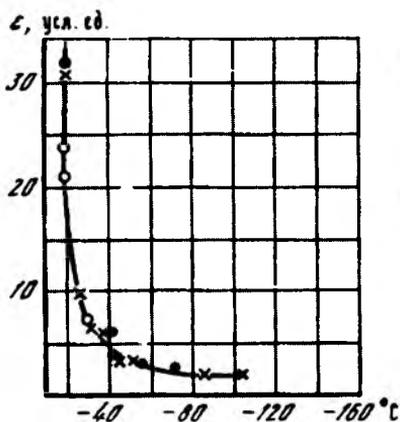


Рис. 8

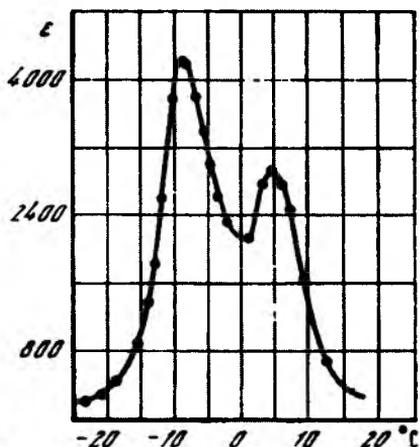


Рис. 9

Таблица 2

Диэлектрическая постоянная изоморфного кристалла
 $99\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + \text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 при малых полях на 50-периодном переменном токе

$t, ^\circ\text{C}$	ϵ						
-35,5	92	-16,5	725	-7,8	4000	6,2	2800
-33,1	106	-15,8	840	-7	3800	7,5	2600
-31,1	118	-15,2	935	-6,4	3650	8,2	1980
-29,1	130	-14,5	1100	-5,7	3400	8,9	1860
-25,7	164	-13,8	1580	-4,7	3050	9,3	1640
-23,3	205	-13,1	1800	-3,7	2850	9,9	1340
-22	247	-12,5	2600	-3,3	2650	12,6	720
-20,9	280	-12,1	2900	-1,9	2350	12,9	635
-20,3	305	-11,5	3400	-1,6	2250	13,6	510
-19,6	320	-10,5	3550	-1	2100	15,6	385
-18,9	375	-10,1	3800	1,1	2100	17	372
-17,9	520	-9,5	4250	2,8	2800	-	-
-17,5	590	-8,7	4250	3,8	3100	-	-
-16,9	050	-8,1	4000	4,8	3150	-	-

Полученное соотношение приводит нас к тому выводу, что вне некоторой области температур, характерной для каждого сегнетоэлектрика, в нем нет спонтанной ориентации. Нам кажется возможным поэтому, исследуя ход величины $\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2}$ вне этого температурного интервала и пользуясь при вычислении выражением Дебая

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{4\pi}{3} \left(P_0 + \frac{n\mu^2}{3kT} \right),$$

определять ход π^2 при различных температурах².

В нашем случае π^2 окажется функцией температуры. Можно приписать изменение π^2 с температурой изменению числа n , если под ним понимать концентрацию диполей в решетке, способных к ориентации. Как мы увидим, такой способ представления явления вносит некоторую ясность в соотношения между диэлектрическими свойствами и составом изоморфных кристаллов аммонийной и сегнетовой соли. Для подсчета величины π^2 мы воспользовались отчасти данными работ М. Еремеева и Б. Курчатова, частью же сами измерили ход диэлектрической постоянной с температурой в некоторых образцах кристаллов.

Все эти вычисления суммированы на рис. 10 и 11, где по оси ординат отложены значения $\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2}$, по оси абсцисс — температура в градусах абсолютной шкалы. Различные кривые относятся к образцам различного состава; в той части, где образец обладает спонтанной ориентацией, кривые проведены штрихами, соответствующие значения не могли быть вычислены по принятой нами методике. На рис. 11 проведена прямая, уравнение которой $y = T$. В местах пересечения этой прямой с кривой для $\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2}$ выражение $\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = 1$, диэлектрическая постоянная обращается в бесконечность, в теле возникает спонтанная ориентация. При прибавлении аммонийно-сегнетовой соли концентрация частиц, способных к ориентации, уменьшается, но вместе с этим уменьшается и взаимодействие диполей с решеткой, по всей вероятности, потому, что решетка теряет свою упорядоченность. Число диполей, которые могут ориентироваться, тем меньше зависит от температуры, чем выше концентрация в изоморфном кристалле аммонийно-сегнетовой соли.

² ϵ — диэлектрическая постоянная, μ — дипольный момент ориентирующейся молекулы, n — число моментов в единице объема, T — абсолютная температура, k — постоянная Больцмана, P_0 — поляризация недипольных элементов кристалла.

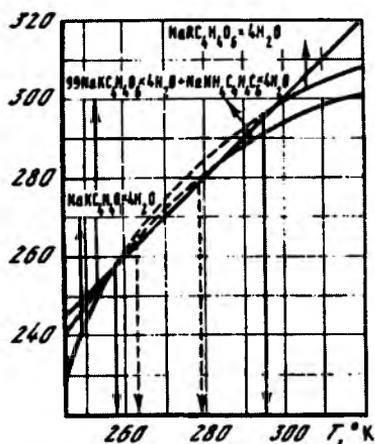


Рис. 10

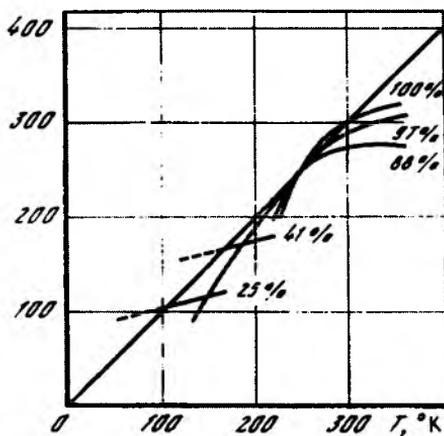


Рис. 11

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобеко П., Курчатов И. — ЖРФХО. 1930. 62, с. 251; Kobeko P., Kourtschatov I. — Ztsclir. Phys., 1930, 66, S. 192; Курчатов И., Бернашевский R — ЖРФХО, 1930, 62, с. 477; Еремеев М., Курчатов Б. — ЖЭТФ. 1931, 1, с. 201 — Eremeyeff M., Kourtsekatoff B. — Phys. Ztschr. Sow., 1932. 1. S. 140; Еремеев М., Кобеко П., Курчатов Б., Курчатов И. — ЖЭТФ. 1932. 2, с. 102.
2. Fraune I. G., — Phys. Rev., 1923, 21, p. 348.

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Б. В. Курчатov

В последнее время в Германии усиленно разрабатывается проблема конструкции так называемого электронного микроскопа, обещающего стать новым мощным орудием исследования, особенно в области изучения электронной эмиссии и объемных зарядов в вакууме. Это название носит прибор, позволяющий получать увеличенные изображения тех или иных объектов с помощью электронного пучка, играющего роль светового пучка в обычном микроскопе. Возможность использования электронов для этой цели связана со способностью магнитного или электрического поля концентрировать в известных условиях расходящийся электронный пучок.

1. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛИНЗЫ

Свойство магнитного поля короткого соленоида концентрировать электронный пучок, направленный вдоль оси катушки, было известно уже давно и использовано, в частности, Роговским в конструкции катодного осциллографа. Теория действия такого соленоида была разработана Бушем [1, 2] и проверена им же на опыте.

Концентрирующее действие магнитного поля легко понять в простейшем случае длинной катушки, создающей однородное поле вдоль всего пути электронного пучка. Для этого проще всего разложить скорость электрона U , образующую с направлением магнитного поля угол γ (рис. 1), на две составляющие: продольную $U \cdot \cos \gamma$, не испытывающую изменений под действием поля, и поперечную $U \cdot \sin \gamma$, которая будет менять направление таким образом, что проекция электрона на плоскость, перпендикулярную к силовым линиям магнитного поля, будет описывать круг с периодом

$$T = \frac{2\pi m}{He}, \quad (1)$$

где H — сила магнитного поля, e и m — заряд и масса электрона.

Действительный путь электрона представится в виде винтовой линии. Легко понять, что электроны, вылетевшие в определённый момент из некоторой точки, придут, сделав полный оборот (или несколько оборотов), на ту силовую линию магнитного поля, которая проходит через исходный пункт. Это ясно из формулы (1), где T не зависит от угла γ и радиуса описываемого электронами круга. Если кроме того продольные скорости электронов одинаковы, то они окажутся не только на одной линии, но и в одной точке на этой линии, т. е. пучок будет сконцентрирован. На экране в этой точке получим изображение исходной точки.

Если продольные скорости электронов различны, то фокусировка будет несовершенной из-за своего рода хроматической аберрации электронов. Изображение системы точек получится прямым в натуральную величину. Иначе обстоит дело при применении короткой линзы. Расчет показывает, что и здесь происходит концентрирование пучка на расстоянии b , определяемом известной формулой оптики:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}, \quad (2)$$

где a – расстояние до объекта, f – константа. Изображение плоского источника электронов будет обратным и кроме того повернутым на некоторый угол, тем больший, чем длиннее катушка, и в пределе достигает 180° .

Размеры изображения пропорциональны отношению $\frac{b}{a}$. Величина константы f – фокусного расстояния такой магнитной линзы определяется силой проходящего через катушку тока и, таким образом, может меняться в значительных пределах – свойство, которым обладает среди световых линз только хрусталик глаза и то лишь в незначительной степени. По Бушу фокусное расстояние выражается формулой:

$$f = \frac{4v^2}{\left(\frac{e}{m}\right)^2 \int H^2(z) dz}, \quad (3)$$

т. е. оно обратно пропорционально интегралу от квадрата силы магнитного поля, взятому вдоль оси катушки.

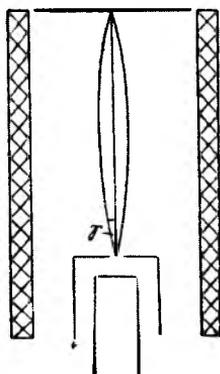


Рис. 1

Теория магнитной линзы разрабатывалась далее Кноллем и Руска [3], решившими задачу о вычислении заранее нужного числа ампер-витков катушки при заданных размерах прибора, величине изображения и скорости электронов.

Их формула (для линейного кругового проводника) имеет вид:

$$I = 3514 \cdot \sqrt{0,393 \frac{E}{100} + \left(0,197 \frac{E}{100}\right)^2} \sqrt{\frac{d}{f}}, \quad (4)$$

где I – число ампер-витков, E – скорость электронов в киловольтах, d – диаметр катушки.

При небольших скоростях электронов квадратичный член в подкоренном выражении, отвечающий релятивистской поправке для массы электрона, может быть опущен, и получается упрощенная формула:

$$I = 220 \sqrt{\frac{Ed}{f}}.$$

Короткая катушка оказалась прекрасной линзой, почти свободной от сферической абберации. Для получения возможно больших увеличений нужно, как известно, уменьшить фокусное расстояние линзы, что достигается в данном случае увеличением силы тока в катушке. Однако это увеличение имеет свои пределы, так как при слишком больших силах поля как фокус, так и объект окажутся внутри катушки и значительная доля магнитного поля отпадет от участия в концентрировании лучей. Также довольно ограничены возможности уменьшения диаметра катушки, которая из конструктивных соображений помещается обычно снаружи прибора.

Теория [4] указывает еще на один путь увеличения собирательной способности катушки, именно концентрацию магнитного поля на возможно малом участке вдоль оси катушки. Кноль и Руска [5, 6] достигли этого, охватив катушку железной оболочкой с узким кольцевым просветом во внутреннем ее цилиндре. Количество ампер-витков, необходимое для получения линзы с определенным фокусным расстоянием, сокращается при заключении в такую оболочку до одной трети. На рис. 2 приведен разрез вдоль оси двух таких магнитных линз.

Условием неискаженного изображения является не слишком большой раcтвор угла, под которым электроны попадают в магнитную линзу. В последнее

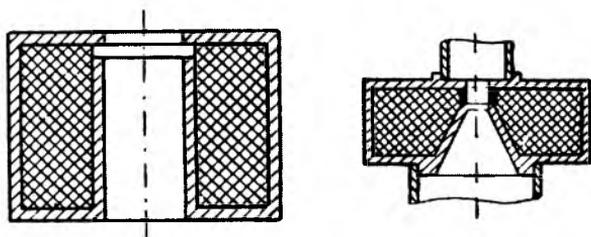


Рис. 2

время Хамахер [7] пытался отбросить это ограничение и оценивает свои результаты достаточно оптимистически.

Однако искажение, получающееся здесь, настолько велико (прямая нить катода изображается в виде восьмерки со сложной структурой), что для целой электронной микроскопии его метод практически не пригоден.

Наряду с магнитными разрабатывались также электрические линзы, где концентрирование пучка достигалось с помощью электрического поля конденсатора соответствующей формы. От такого конденсатора требуется, чтобы отклонение электронов было малым вблизи оси пучка и росло по мере удаления от оси и притом пропорционально расстоянию до оси пучка. Этому условию удовлетворяет шаровой конденсатор. Его конструкция, разработанная Кноллем и Руска [5], схематически изображена на рис. 3. Отверстия в обкладках, сделанные для пропуска пучка, закрыты металлической сеткой для создания равномерности поля.

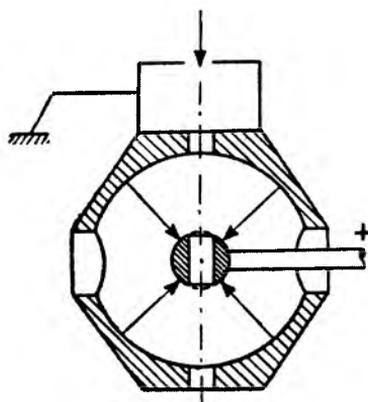


Рис. 3

Фокусное расстояние такой электрической линзы очень приближенно выражается формулой

$$f = r \frac{U_b}{U_0},$$

где r – радиус кривизны шаровой поверхности, U_0 – разность потенциалов на обкладках, U_b – скорость электронов в вольтах.

Благодаря искажению поля в непосредственной близости проволочек сетки такая линза дает все же значительно худшие результаты, чем магнитная. Некоторое преимущество ее состоит в возможности превращения из собирающей в рассеивающую переменной направления поля.

Значительно более совершенная линза была разработана независимо друг от друга рядом авторов (Дэвиссон и Кэлбик [8], Брюхе [9], Кнолль [6]), которые использовали приблизительно сферическую форму эквипотенциальных поверхностей у отверстия в электроде. Это позволяет избежать металлических сеток, необходимых в сферическом конденсаторе рассмотренного выше типа. На рис. 4 приведены ход лучей и распределение потенциала по Кноллю и Руска для концентрирования этим методом. Как видим, здесь используется трехэлектродный конденсатор, являющийся, собственно говоря, сложной линзой. Несколько подробнее о таких линзах будет сказано ниже в связи с работами Брюхе, которому удалось получить прекрасные изображения с помощью электрических линз.

Необходимое для концентрирования пучка электрическое поле может быть создано также положительным объемным зарядом в газе, в результате чего, как известно, получаются в определенных условиях нитевидные пучки электронов.

Борриес и Руска [10] создавали искусственно на коротком протяжении такой объемный заряд на пути пучка. Для этой цели они вызывали разряд между электродами конденсатора приблизительно такой же формы, как изображенный на рис. 4.

Линза из положительных ионов, возникающая внутри конденсатора, при разряде давала ожидаемый эффект.

Помещая между ней и источником электронов металлическую сетку, авторам удалось получить ее изображение на экране, расположенном с другой стороны конденсатора.

Для завершения обзора простых электронооптических приборов следует указать, что Кнолль и Руска [5] получили изображения катода по методу камеры-обскуры, помещая между ним и экраном диафрагму с малым отверстием.

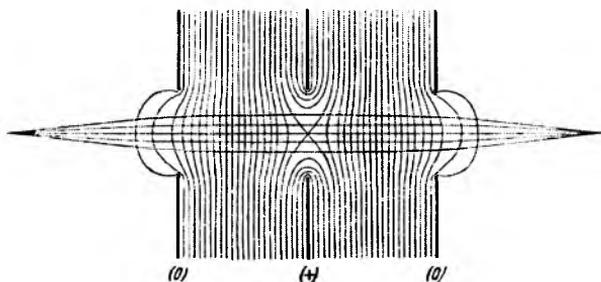


Рис. 4

2. ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Электронный микроскоп, дающий возможность получать большие увеличения исследуемого объекта, представляет, вообще говоря, комбинацию нескольких линз.

Оптика световых лучей знает два основных способа расположения линз. Ход лучей в обоих случаях изображен на рис. 5. Оба они осуществлены и для электронов. Второму случаю — комбинации собирающей и рассеивающей линз — отвечает конструкция электронного микроскопа, разработанная Брюхе и Иогансоном [9]. Микроскоп состоит из источника электронов (являющегося одновременно и объектом исследования), двух диафрагм, расположенных вблизи от него, и флюоресцирующего экрана. Все смонтировано на оптической скамье под колоколом, в котором может быть создан достаточный вакуум. Между диафрагмами, а также между ними и катодом, накладывается некоторая разность потенциалов, обеспечивающая нужное электрическое поле. На рис. 6 приведены распределение потенциала, ход лучей и расположение частей прибора (в левом углу, приблизительно в натуральную величину).

Анализируя ход эквипотенциальных поверхностей (не установленный окончательно), авторы приходят к выводу, что у ближней к катоду диафрагмы происходит концентрирование, а у следующей — рассеяние электронов.

Это подтверждается также тем, что изображение получается обратным. С таким прибором может быть достигнуто более чем стократное увеличение.

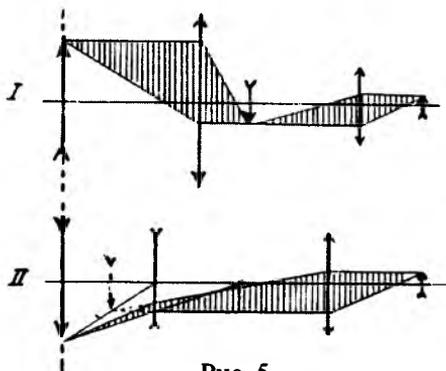


Рис. 5

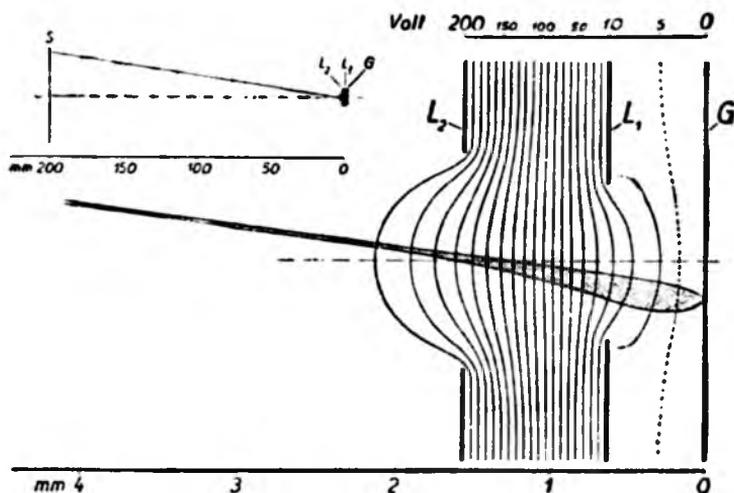


Рис. 6

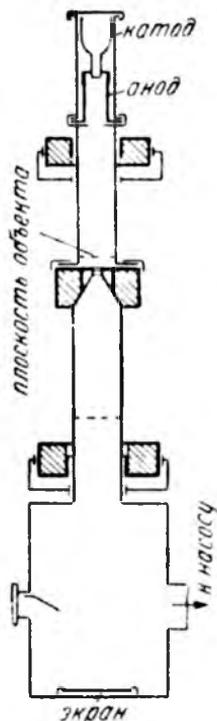


Рис. 7

Фотографии, приведенные на рис. 12, сняты автоматами с помощью описанного выше микроскопа и поразительны по четкости изображения.

Другой способ расположения линз отвечает микроскопу в собственном смысле слова; здесь изображение от первой собирающей линзы получается между ней и второй, также собирающей линзой, а именно в фокусе последней.

Конструкция микроскопа по такой схеме разработана Кноллем и Руска [6], применившими исключительно магнитные линзы. Рис. 7 дает схему такого микроскопа: он состоит из источника быстрых электронов (10–100 kV), представляющего собой ионную трубку с холодным катодом, и металлического цилиндра, на котором смонтированы 3 катушки. Первая — конденсаторная катушка — концентрирует электронный пучок на просвечиваемом электронами объекте, далее расположена короткофокусная катушка (объектив) и за ней 3-я катушка—окуляр, проектирующая изображение на флюоресцирующий экран. Последний выполнен

из стекла ($d = 0,1$ мм), что дает ряд преимуществ перед экраном из сернистых металлов, а именно тонкую структуру изображения вследствие отсутствия зернистости материала, а также большую четкость изображения, так как стекло флюоресцирует только под действием очень быстрых первичных электронов и не отзывается на удары вторичных электронов. Стекло для избежания скопления отрицательного заряда покрывается тонким слоем (100μ) металла, соединенным с анодом или землей. В таком микроскопе может быть достигнуто увеличение до 400 раз. Качество изображения не уступает лучшим световым микроскопам, как это видно из рис. 8, представляющего фотографию металлической сетки, снятую с помощью, электронного микроскопа (слева) и обычного микроскопа (справа).

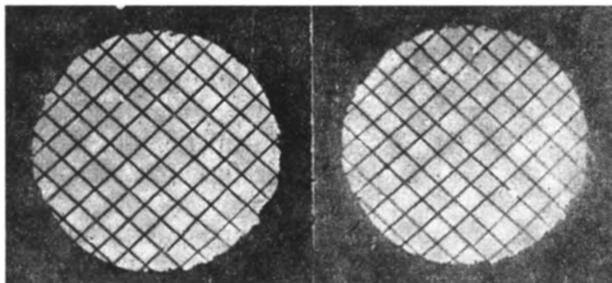


Рис. 8

Применяемое в описанном микроскопе высокое напряжение является иногда нежелательным, в частности при исследовании поверхности оксидного катода, где желательно изучение его в условиях, близких к условиям его нормальной работы, т. е. при небольших анодных напряжениях. Для последней цели Кнолль, Хутерман и Шульце [11] построили упрощенный электронный микроскоп из стекла, разрез которого приведен на рис. 9; рис. 10 показывает его общий вид.

Монтаж сделан на оптической скамье; линзы могут свободно перемещаться в трех направлениях. Небольшие скорости электронов — около 1000 вольт — обуславливают необходимость применения экрана из сернистого цинка. Катод, сделанный из массивного никелевого кружка, окружен охранным кольцом для сглаживания поля.

Как уже указывалось выше, увеличение, достигнутое до сих пор в электронном микроскопе, не превышает 400; интересно, однако, отметить большие возможности, открывающиеся по Кноллю и Руска [6] в этой области.

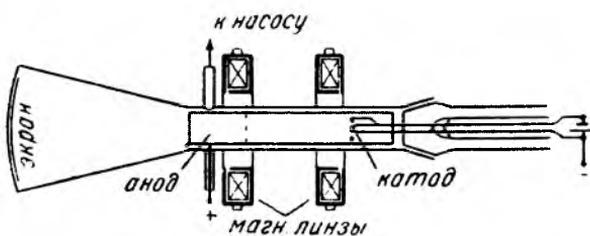


Рис. 9

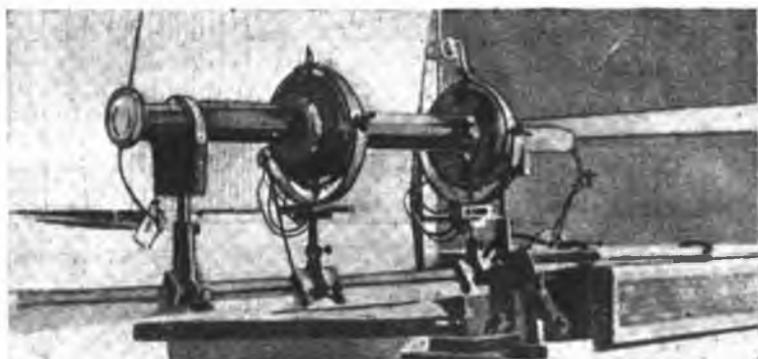


Рис. 10

Как известно, разрешающая сила микроскопа равна $\frac{\lambda}{A}$, где λ — длина волны и A — апертура микроскопа.

В лучших световых микроскопах апертура может быть доведена до 2, а следовательно, разрешающая сила для видимых лучей имеет порядок 0,4 микрона. Для электронного микроскопа величина апертуры пока не превосходит 0,02, однако длина волны электрона имеет совсем другой порядок величины.

При ускоряющем поле (U_b) в 1500 вольт длина волны электрона, вычисленная из формулы де-Бройля

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{U_b}} \cdot 10^{-8} \text{ см,}$$

составит $3 \cdot 10^{-5} \mu$, а разрешающая сила будет равна $1,5 \cdot 10^{-3} \mu = 15 \text{ \AA}$.

Для $U_b = 75\ 000$ вольт, $\lambda = 4,5 \cdot 10^{-6} \mu$, и разрешающая сила составит $0,22 \cdot 10^{-3} \mu = 2,2 \text{ \AA}$.

Таким образом, теоретически возможно разрешение почти до молекулярных расстояний. Дальнейшие работы должны показать, насколько можно приблизиться на опыте к теоретическим увеличениям.

Трудности здесь достаточно велики. Электронному микроскопу присущи все недостатки обычного микроскопа – хроматическая и сферическая аберрации и ряд специфических недостатков, как большая чувствительность к толчкам и возмущающим влияниям посторонних магнитных и электрических полей. Поэтому для получения четкого изображения необходима большая работа. Особенно существенна монохроматичность электронного пучка.

По Кноллю и Руска [6] хорошие результаты получаются при аноде трубчатой формы, причем на катоде испускающая электроны область составляет лишь часть плоской поверхности катода. Рис. 11 показывает ход эквипотенциальных поверхностей для такого случая.

Все авторы обсуждают возможность искажений благодаря столкновениям электронов с молекулами газа. Однако исследования Кнолля, Хутермана и Шульце, работавших с электронами со скоростями от 100 до 2000 вольт в интервале давлений газа от 10^{-4} мм Hg до 1 мм, показали, что в результате упомянутых выше столкновений получается только уменьшение контрастности, но не четкости изображения, т. е. рассеянные электроны создают лишь общий фон, не участвуя в воспроизведении изображения. С помощью 150-вольтовых электронов получаются достаточно хорошие изображения при давлении в 10^{-3} мм Hg. Вообще же вакуум должен быть, по крайней мере, таким, чтобы длина свободного пробега электрона была порядка размеров сосуда.

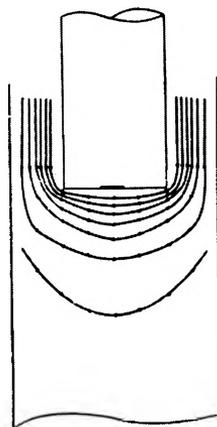


Рис. 11

В заключение остается изложить некоторые результаты применения электронного микроскопа. С его помощью можно вообще исследовать различные объекты или просвечивая их электронным пучком, или отражая последний от поверхности исследуемых объектов. Однако до настоящего времени электронный микроскоп применен довольно широко только для изучения эмиссии с оксидных катодов, где объект сам поставляет нужные для изображения электроны.

Брюхе и Иогансон [12] предприняли кинематографическое исследование старения оксидного катода для чего изображение, получавшееся на флуоресцирующем экране электронного микроскопа, снималось с помощью кинокамеры. Изучаемый катод представлял собой никелевый кружок с нанесенным

на него слоем окиси тория, причем для ориентировки на слое были прочерчены штрихи делительной машиной. Изучалось изменение в слое при постепенном увеличении температуры от 920°C вплоть до перегорания подогревающих вольфрамовых проволочек (1200°). Отдельные этапы, проходимые при этом катодом, иллюстрируются рис. 12 (увеличение — 65 раз). Обращает внимание сперва равномерная зернистая структура поверхности катода, которая уступает место более неоднородной с постепенным уменьшением эмиттирующей поверхности. Авторы наиболее интересным считают факт появления “негативного” изображения сетки, нанесенной на катод. При правильной установке микроскопа она первое время выглядит темной, что вполне понятно, так как она отвечает поверхности никеля, с которой удален активный слой. При повышении температуры катода сетка становится постепенно местом с наибольшей электронной эмиссией. Получается, таким образом, обращенное изображение, которое в дальнейшем может снова смениться на прямое, и т. д. К интерпретации “негативного” изображения, как впрочем и всякой фотографии, снятой с помощью электронного микроскопа, необходимо подходить с достаточной осторожностью, проанализировав все факторы, могущие исказить изображение. Одним из основных таких факторов является неоднородность электрического поля у неровностей поверхности объекта. Из рассмотрения рис. 13 видно, что при фокусировке микроскопа в плоскости, лежащей немного выше поверхности катода, канавка будет выглядеть более светлой, чем окружающие части.

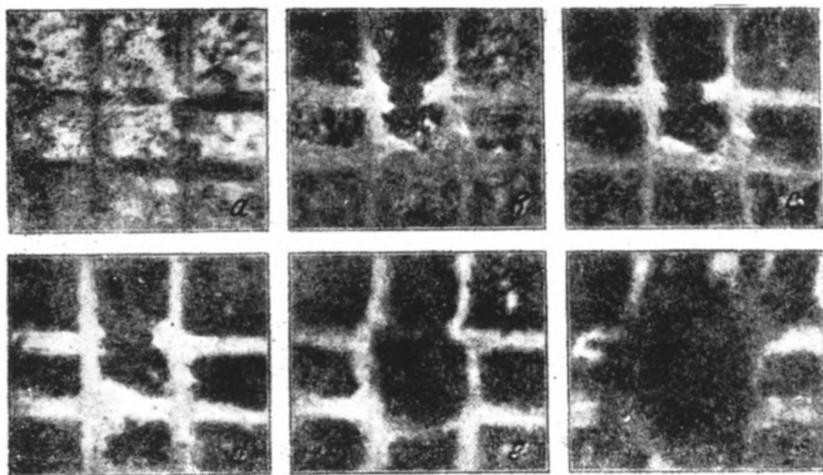


Рис. 12

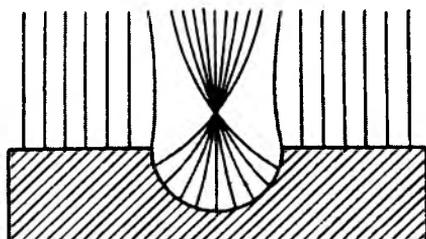


Рис. 13

Авторы отрицают влияние этого эффекта в их опытах и предполагают в качестве наиболее вероятного объяснения негативного изображения отставание от никеля непрочно держащихся квадратиков оксидного слоя.

Кроме естественного процесса дезактивации катода, ускоренного применением очень высоких температур, Брюхе и Йогансон проследили кинематографический случай разрушения активного слоя при наличии следов газа в микроскопе, за счет бомбардировки катода положительными ионами. Благодаря применению довольно высоких напряжений (200–800 вольт) и концентрирующему действию микроскопа на положительные ионы, наблюдается быстрое возникновение черного пятна в середине фотографии, которое постепенно распространяется во все стороны.

Кинематографический метод позволил также в деталях проследить эмиссию на оксидном катоде при предельных температурах (1250°) непосредственно перед перегоранием катода.

Свечение происходит при этом только в отдельных местах в виде ярких сцинтиллирующих точек.

Другое исследование принадлежит Кноллю, Хутерману и Шульце и также в значительной степени посвящено изменению оксидных катодов (с окисью бария) во времени. Они установили с помощью электронного микроскопа значительно более однородное распределение эмиссии на поверхности катода с тонким оксидным слоем, по сравнению с катодом, имеющим толстый активный слой.

В последних развиваются также быстрее отдельные, всего интенсивнее каляющиеся участки (Glühinseln), возникновение и рост которых объясняются различными причинами, в частности, положительным температурным коэффициентом электропроводности окисла. В тех точках, где имеет место несколько повышенная эмиссия, возникают местные перегревы слоя за счет джоулевой теплоты, и процесс усиления эмиссии развивается дальше сам собой.

Весьма интересным результатом, полученным авторами, является прямое обнаружение электронного облачка у катода.

Они повышали эмиссию катода увеличением накала; при этом над участками с повышенной электронной эмиссией скоплялся объемный электрический заряд, действующий на проходящие через него электроны как среда с показателем преломления, меньшим единицы (это облачко аналогично пузырьку воздуха внутри иммерсионной жидкости в световом микроскопе).

В результате изображение катода, бывшее раньше четким во всех точках, оказывалось размытым в местах с повышенной эмиссией. Эти участки могли быть снова наведены на фокус приближением магнитных линз или уменьшением в них силы тока. При этом, конечно, расплывалось изображение остальной поверхности катода. Интересно отметить, что изображение вновь сфокусированного участка повышенной эмиссии оказывалось повернутым по отношению к первоначальному изображению на некоторый угол, величина которого может быть использована для количественных расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Busch, Ann. d. Physik 81,974, 1926.
2. Busch, Arch. f. Electrot. 18,583, 1927.
3. Zs. f. tech. Phys. 12,389, 1931.
4. Zs. f. tech. Phys. 12, 448, 1931.
5. Knoll u. Ruska., Ann. d. Physik 12, 607, 641, 1932.
6. Zs. f. Phys. 78, 318, 1932.
7. Hamacher, Arch. f. Electrot. 26,215, 1932.
8. Davisson and Calbik, Phys. Rev. 38, 585,1931.
9. Brüche und Johannson, Naturwiss. 20, 49, 353,1932.
10. Borries und Ruska, Zs. f. Phys. 76, 649,1932.
11. Knoll, Houtermans und Schulze, Zs. f. Phys. 78, 340,1932.
12. Ann. d. Phys. 15, 145, 1932.

Поступило в Редакцию 24 января 1933 г.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОМОРФНЫХ СМЕСЕЙ СЕГНЕТОВОЙ СОЛИ

ЧАСТЬ III

Б. В. Курчатов

Изучена температурная зависимость диэлектрической постоянной двойных изоморфных смесей $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NH}_4\text{NaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в интервале концентраций аммонийной соли от 13 до 21 молярного процента. Установлен переход к сегнетоэлектрикам в двойных смесях при соотношении молекул компонент 1:4. Исследовано влияние прибавок $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ к двойным смесям.

В предыдущих исследованиях¹ М. Еремеевым и Б. Курчатовым было обнаружено, что кристаллы изоморфных смесей сегнетовой соли с аммонийно-натриевой солью винной кислоты ($\text{NH}_4\text{NaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) также обладают аномальными электрическими свойствами, которые оказались качественно различными в зависимости от содержания в смеси второй компоненты. В результате этого исследования изученные смеси были разбиты на три группы, существенно отличные друг от друга.

Первая группа с содержанием аммонийно-натриевой соли от 0 до 3% близка по своим свойствам к сегнетовой соли, в частности, кристаллы этой группы обладают двумя точками Кюри,² ограничивающими область спонтанной ориентации небольшим температурным интервалом.

Последний суживается при увеличении концентрации аммонийной соли, смещаясь одновременно в область более низких температур.

¹ М. Еремеев и Б. Курчатов. ЖЭТФ 2, 329, 1932.

² Б. В. Курчатов и И. В. Курчатов, ЖЭТФ 2, 319, 1932.

При дальнейшем увеличении концентрации аммонийной соли область спонтанной ориентации исчезает, вырождаясь в участок с одним максимумом диэлектрической постоянной в кривой зависимости ее от температуры. Кристаллы второй группы характеризуются моментальной установкой поляризации в электрическом поле и линейной зависимостью момента от поля в начальном участке кривой. Наконец, в кристаллах третьей группы с большим содержанием аммония снова появляется область спонтанной ориентации (сегнетоэлектрическое состояние), на этот раз ограниченная, как у ферромагнетиков, только одной точкой Кюри, которая оказывается тем ниже, чем больше концентрация аммонийной соли. Минимальное содержание аммонийно-натриевой соли составляло в кристаллах этой группы 21,2 молярных процента.

Вся эта довольно сложная картина была объяснена И. В. Курчатовым³ путем допущения свободного вращения *диполей* в сегнетовой соли и ее смесях, описываемого формулой Дебая:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{4\pi}{3} P_0 + \frac{4\pi N \mu^2}{3kT}.$$

Понижение температуры должно приводить к превращению величины в единицу и, следовательно, диэлектрической постоянной ϵ в бесконечность, т. е. к переходу вещества в сегнетоэлектрическое состояние.

Анализ экспериментальных данных позволил И. В. Курчатову определить значение и отсюда проследить изменение числа диполей N в 1 см^3 с температурой.

На этой схеме первая и вторая группа изоморфных смесей характеризуются уменьшением числа диполей, способных вращаться с понижением температуры, вероятно в связи с растущей ассоциацией диполей в астатические пары. В результате при некоторой температуре концентрация диполей становится недостаточной для сохранения (или возникновения) спонтанной ориентации.

Эта ассоциация особенно резко выражена в чистой сегнетовой соли и уменьшается от введения аммонийной сегнетовой соли, практически исчезая при больших концентрациях последней. Аммонийная сегнетовая соль в изоморфных смесях играет роль разбавителя, в смеси вращаются только те диполи, которые входят в состав самой сегнетовой соли. Чем меньше ее концентрация и, следовательно, чем меньше второй член в правой части уравнения Дебая, тем при более низкой температуре возникает в смесях третьей группы спонтанная ориентация.

³ И.В. Курчатов, Сегнетоэлектрики, ГТТИ, 1933.

Способ действия на сегнетовую соль других изоморфных примесей $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — оказался совершенно отличным.⁴

Обе соли не уменьшают ассоциации, зависимость диэлектрической постоянной от температуры остается той же, что у чистой сегнетовой соли, только значения диэлектрической постоянной быстро падают с увеличением количества примеси.

Задачей настоящей работы было проследить, сохраняется ли такое специфическое действие катионов Tl^+ или Rb^+ в решетке изоморфных смесей сегнетовой соли и аммонийной сегнетовой соли; кроме того изучить оставшийся невыясненным в предыдущих работах переход к сегнетоэлектрикам от второй к третьей группе в изоморфных смесях сегнетовой соли и аммонийной соли. Здесь можно было ожидать смесей с исчезающе малым срывным полем, т. е. с большой поляризуемостью в малых полях, представлявших бы электрический аналог пермаллоя.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Способы изготовления кристаллов и метод измерения диэлектрической постоянной описаны в предыдущих работах. Результаты измерений для двойных изоморфных смесей сегнетовой соли и аммонийно-натриевой соли винной кислоты приведены на рис. 1, где по оси ординат нанесены значения диэлектрической постоянной, измеренной вдоль оси a , по оси абсцисс — абсолютная температура; содержание сегнетовой соли в молярных процентах в смесях указаны на рисунке.

Как видим, имеется совершенно постепенный переход от смесей второй группы (содержание аммонийной соли до 20 %) к смесям третьей группы, причем поразительным образом точка перехода оказывается весьма близкой к содержанию аммонийной соли в 20 мол. %; образец с 20,3 мол. % аммонийной соли оказался уже сегнетоэлектриком с температурой Кюри 190° К. (Последняя определялась как точка перехода к новой типичной для сегнетоэлектрика зависимости момента от поля с участком малой поляризуемости при малых полях, а также по появлению замедленной установки поляризации.)

Изучение кристаллов этой смеси в области спонтанной ориентации не обнаружило никаких качественных отличий от описанных ранее смесей с большим содержанием аммония. Существенно отметить только уменьшение максимального электрического момента (при насыщении в больших полях),

⁴ М. Еремеев, П. Кобеко, Б. Курчатов и И. Курчатов, ЖЭТФ 2,

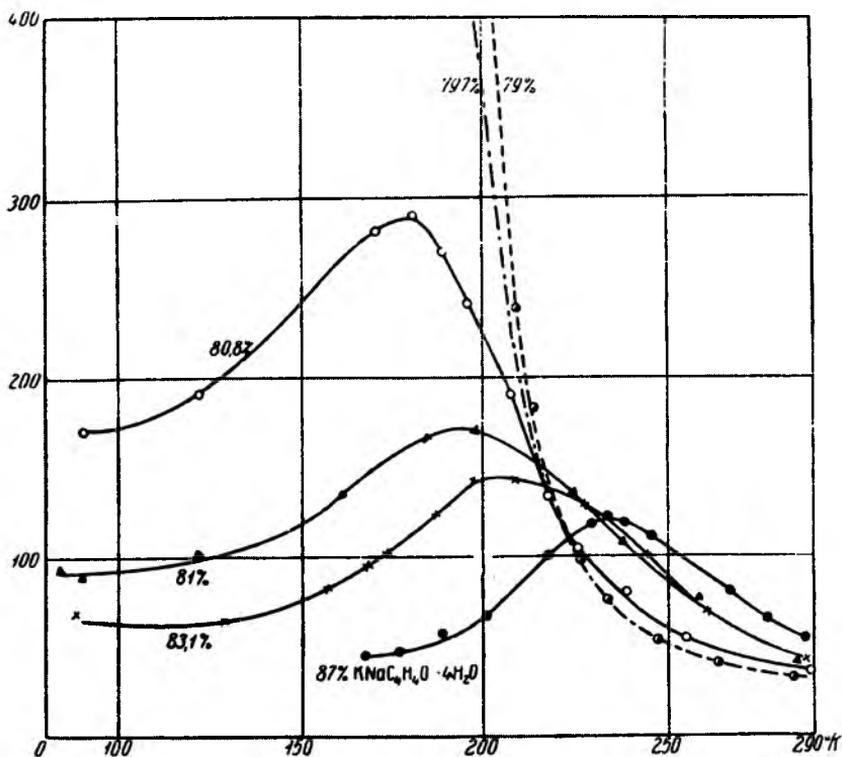


Рис. 1.

по сравнению с другими смесями третьей группы. Так, при температуре 96° К этот момент для смеси с 20,3% аммонийной соли получен равным 650 абс. единиц, для смеси с 21,3% при той же температуре он составляет 1500 абс. единиц, тогда как для смеси с 54% аммонийной соли при соответственной температуре 83° К момент достигает значений в 3000 абс. единиц.

Эта особенность, отмеченная уже М. Еремеевым и Б. Курчатовым, может быть объяснена в схеме И. В. Курчатова тем обстоятельством, что в переходных смесях с содержанием аммонийной соли немного более 20% еще не исчезла целиком ассоциация диполей, причем не исключена возможность настолько сильного понижения концентрации диполей при понижении температуры еще ниже точки кипения жидкого воздуха, что удалось бы достичь в этих смесях распада спонтанно-ориентированных областей, т. е. появления второй нижней точки Кюри.

Для изменения влияния прибавки натро-таллиевой соли ($\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) к двойным изоморфным смесям аммонийно-натриевой и сегнетовой соли, были выбраны описанные выше переходные смеси, сегнетоэлектрики с содержанием сегнетовой соли немного менее 80%, ввиду сравнительно высоко лежащей у них точки Кюри, так как ожидалось, что прибавление ионов Tl^+ будет резко уменьшать концентрацию диполей, способных вращаться, и следовательно, очень сильно смещать точку Кюри в сторону низких температур. Результаты измерений диэлектрической постоянной для градиента 1000 V/cm приведены на рис. 2.

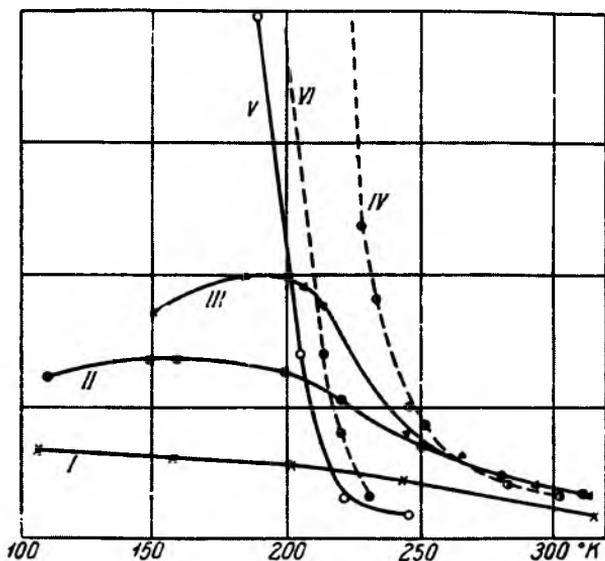


Рис. 2.

Кривые I, II и III относятся к тройным смесям, имеющим следующий состав в молярных процентах: I—75% сегнетовой соли, 20% натро-аммонийной соли, 5% натро-таллиевой соли; II—79,2% сегнетовой соли, 12,3% натро-аммониевой соли, 1,5% натро-таллиевой соли; III—78% сегнетовой соли, 21,3% натро-аммонийной соли и 0,5% натро-таллиевой соли. Для сравнения нанесена кривая IV (пунктирная) для двойной смеси сегнетоэлектрика состава 79% сегнетовой соли и 21% аммонийной соли. Как видим, прибавление натро-таллиевой соли резко уменьшает диэлектрическую постоянную, однако характерно, что такое снижение при малом содержании таллия в кристалле затрагивает только область больших значений диэлектрической постоянной.

Из измеренных трех смесей только смесь III с 0,5% натро-таллиевой соли обнаружила свойства сегнетоэлектрика, правда, очень нечетко выраженные, именно: замедленную установку поляризации и начальный участок малой поляризуемости в кривой зависимости момента от поля в области спонтанной ориентации. Точка Кюри расположена около 195° К, т. е. не смещена по сравнению с соответствующей двойной смесью. Характерно, что величина максимального момента при насыщении при температуре 95° К для смеси III экстраполируется в 700–800 абс. единиц, т. е. почти в два раза меньше момента смеси IV.

Та же картина получается в смесях с меньшим содержанием сегнетовой соли. Кривая V на рис. 2 относится к смеси, содержащей 50% сегнетовой соли, 49% аммонийной соли и 1% натро-таллиевой соли, кривая VI для смеси с 55% сегнетовой соли и 45% аммонийной соли. Здесь также нет заметного смещения точки Кюри, налицо лишь уменьшение поляризуемости. Максимальный момент при температуре кипения жидкого воздуха составляет для этих смесей соответственно 860 и 3000 абсолютных единиц. Таким образом, прибавление натро-таллиевой соли к двойным смесям влияет совершенно таким же образом, как примесь ее к чистой сегнетовой соли.

ВЫВОДЫ

Поведение исследованных в настоящей работе двойных смесей, как было указано, укладывается довольно хорошо в схему представлений, развитую И.В. Курчатovым. На рис. 3 приведены кривые изменения величины $\frac{4\pi}{3k} N\mu^2$ с температурой, вычисленные из хода диэлектрической постоянной как разность $\frac{\epsilon-1}{\epsilon-2} T = \frac{4\pi}{3} P_0 T$ для сегнетовой соли и для исследованных двойных смесей. Там же кружками нанесены для температуры 285° К значения этой величины, которые можно вычислить из состава смеси, и значения $\frac{4\pi}{3k} N\mu^2$ для чистой сегнетовой соли, при предположении простого разведения молекул сегнетовой соли неактивными молекулами аммонийно-натриевой соли. Совпадение неполное, вероятно, в связи с неточностью в оценке оптической поляризации и некоторым отличием коэффициента внутреннего поля от значения $\frac{4\pi}{3}$.

Кривые хорошо иллюстрируют уменьшение ассоциации диполей при приближении к предельному составу 80 % сегнетовой соли. Причина возникновения ассоциации k сегнетовой соли и уменьшение ее в изомерфных

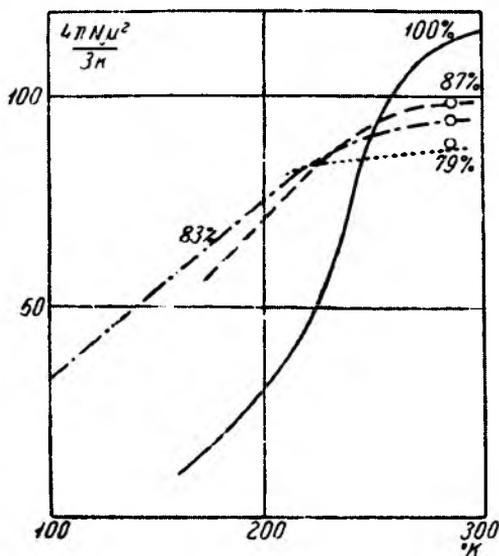


Рис. 3.

аммонийных смесях остается совершенно неясной. Установленный в настоящей работе переход к сегнетоэлектрикам при простом соотношении компонент 1 : 4 наводит на мысль, что здесь мы имеем дело со специфическим структурным эффектом. Вместе с тем некоторые особенности сегнетоэлектриков такого состава, в частности, малый момент при насыщении может быть истолкован как результат несовершенного развития требуемой структуры из-за условий образования смешанного кристалла.

Произвести отжиг кристалла, столь широко применяемый для ферромагнитных сплавов, здесь невозможно ввиду низкой температуры плавления соли. К сожалению, изучение двойных смесей сегнетовой соли с другими изоморфными с ней солями ($\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), произведенное ранее, не дает дополнительных данных в пользу существования особой структуры сегнетоэлектрика ввиду другого механизма влияния этих двух солей. Результаты, полученные в настоящей работе с тройными смесями, показали, что прибавление натро-галлиевой соли винной кислоты сказывается тождественным образом на различных сегнетоэлектриках, обладающих весьма разной склонностью к ассоциации диполей. Этот факт позволяет исключить одно из возможных объяснений действия ионов Tl^+ как специфический эффект, усиливающий ассоциацию диполей в решетке, и подтверждает высказанные в предыдущих работах представления.

Согласно последним ионы Tl^+ или Rb^+ связывают окружающие их диполи сегнетоэлектрика, образуя включенные в него шарики с малой диэлектрической постоянной. Число диполей, задерживаемых каждой молекулой примеси, было грубо оценено из представления о последовательно включенных слоях с большой и малой диэлектрической постоянной, как 3–5 единиц.

Эта модель, однако, не дает полного объяснения полученных результатов, в особенности нескольких больших значений диэлектрической постоянной тройных смесей *II* и *III* при комнатной температуре по сравнению с диэлектрической постоянной соответствующей двойной смеси.

Ленинград ЛФТИ

Поступило в Редакцию ЛФТИ 22 февраля 1934 г.

ЭФФЕКТ ФЕРМИ В АЛЮМИНИИ

Б.В.Курчатов¹

Ферми установил, что после обстрела нейтронами алюминия последний становится радиоактивным. Период полураспада β -активного вещества оказался по его измерениям равным 12 минутам. В наших исследованиях этого эффекта мы пользовались нейтронами, выбиваемыми из бериллия α -частицами эманации радия и ее продуктов распада. Методика наших исследований описана ранее.² Мы обнаружили, что кроме первой группы с периодом полураспада в 12 минут, облученный нейтронами алюминий дает довольно интенсивное излучение с большим периодом полураспада (большим 12 часов).

Анализ излучения первой группы магнитным полем показывает, что оно представляет собой поток быстрых β -частиц. О величине энергии этих частиц можно судить из данных по измерению поглощения в тонких слоях меди, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Число слоев меди между счетчиком и активным источником. Толщина каждого слоя 0,076 мм	0	1	2	8	4
Число отбросов в счетчике	600	350	180	60	10

В случае естественной радиоактивности β -распад обычно сопровождается γ -излучением. Последнее было установлено нами и для исследуемого случая искусственной радиоактивности облученного нейтронами алюминия.

¹ Совместно с И.Курчатовым, Г.Щепкиным и А.Вибе.

² И.Курчатов, Л.Мысовский, Г.Щепкин и А.Вибе. ДАН, 1984, т. III, № 4, стр. 221.

Для обнаружения γ -лучей мы взяли большую массу облученного материала. В этих опытах регистрация γ -квантов производилась счетчиком Гейгера-Мюллера со стенкой толщиной в 3 мм. На указанный счетчик надевался цилиндрический алюминиевый стакан высотой в 110 мм с внешним и внутренним диаметрами, соответственно равными 135 мм и 53 мм.

Между счетчиком и алюминиевым стаканом оставлялся зазор, в который могли помещаться свинцовые цилиндрические фильтры для исследования поглощения испускаемых источником γ -лучей. Как показали опыты, γ -излучение падает с тем же периодом 12 минут, как и β -излучение первой группы. Сопоставление числа отбросов в счетчике (130 в минуту) в этих условиях опыта с числом испускаемых β -частиц (600 в минуту) слоем облученного нейтронами алюминия дает приблизительно один γ -квант на каждый распад.

О жесткости получающегося γ -излучения можно судить по данным, приведенным в табл. 2. Для выяснения природы γ -радиоактивного элемента с периодом полураспада в 12 минут нами были произведены химические опыты. В своей последней статье Ферми указывает, что при облучении алюминия нейтронами получается радионатрий. Однако наши предварительные опыты, сделанные еще до ознакомления с вышеуказанной статьей, делали более вероятные допущения о том, что этот элемент есть радиомагний. Нижеописанные опыты подтверждают это предположение. Облученный в течение 30 минут пакет алюминиевых листочков весом от 2,5 до 3 грамм быстро растворялся в подогретой соляной кислоте. После этого к раствору примешивалось небольшое количество (0,4 грамма) хлористого магния ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) и затем прибавлялся избыток раствора едкого калия. В результате алюминий оставался в растворе в виде алюмината, а магний выпадал в виде гидроокиси. Последняя быстро отфильтровывалась, промывалась и испытывалась на активность. Продолжительность всех перечисленных операций составляла 10–15 минут. Обычно в осадке оставалось до 60 % ожидаемой активности. Определение периода полураспада показало, что он равен также 12 минутам. В дальнейших опытах выяснилось, что прибавление хлористого магния не является необходимым. Та же реакция, произведенная без этой примеси, оставляла фильтровальную бумагу активной. По-видимому, в опыте имеет место абсорбция из щелочного раствора гидроокиси радиомагния. Фильтрация исходного кислого раствора алюминия не давала активного остатка на фильтре. Точно также при прибавлении большого избытка сегнетовой соли, препятствующего осаждению гидроокиси, магния в щелочном растворе, фильтр оказывался неактивным.

Таблица 2

Число слоев свинца между счетчиком и алюминиевым стаканом. Толщина каждого слоя 1,8	1 0	1	2	3
Число отбросов в счетчике	135	117	108	95

Из последних опытов видна существенная роль чисто абсорбционных процессов. Эти процессы могли привести к тому, что осажденная гидроокись магния оказывается активной не за счет наличия в ней радиомагния, а других радиоактивных элементов, в частности натрия. Чтобы исключить эту возможность, перед осаждением гидроокиси мы прибавляли к раствору избыток азотнокислого натрия. Осадок оказывался и в этих случаях активным, что исключает возможность приписывать первую радиоактивную группу, получающуюся при облучении алюминия нейтронами, радионатрию.

На основании полученных экспериментальных данных ядерные реакции в случае облучения нейтронами алюминия могут быть для первой группы написаны следующим образом:



Что касается второй группы с большим периодом, то ее, по-видимому, следует приписать радионатрию, что соответствовало бы такому же разветвлению реакции при обстреле ядер нейтронами, как и установленное нами для случая фосфора.

В заключение приносим нашу большую благодарность заведующему мастерскими института И. Я. Яковлеву за помощь в работе.

Физико-технический институт. Ленинград.
Поступило 8 VII 1934.

1938

НОВЫЕ ТИПЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Б. В. Курчатова

Обсуждены критерии пригодности полупроводника для изготовления твердого выпрямителя с повышенной плотностью тока. Отмечены свойства сернистого кадмия как полупроводника, удовлетворяющего поставленным требованиям.

Приведены данные выпрямителя из сернистой меди.

В настоящее время весьма актуальна задача изготовления нового твердого выпрямителя, допускающего большие плотности тока, чем существующие медно-закисные выпрямители. Однако выбор нового полупроводникового материала для выпрямителя наталкивается на значительные трудности ввиду необходимости удовлетворить целому ряду условий.

Очевидным является прежде всего обязательность использования материала с удельной электропроводностью, на 1–2 порядка превышающей проводимость закиси меди. Вторым условием является возможность существенно снизить удельную проводимость материала для получения на нем плохо проводящего (запорного) слоя. Это условие исключает из рассмотрения подавляющее большинство хорошо проводящих полупроводников, как FeO, FeS, CdO, PbS, PbO₂, MnO₂, Te и др., проводимость которых не может быть значительно понижена.

Далее теория Б. И. Давыдова налагает еще дальнейшее ограничение, требуя от материала одного механизма проводимости (либо электронного, либо “дырочного”). Это требование нуждается еще в экспериментальной проверке.

При крайней отрывочности имеющихся в настоящее время сведений об электропроводности окислов и сульфидов и почти полном отсутствии сведений о механизме проводимости в них, выбрать материал для выпрямителя на основе перечисленных требований являлось невозможным.

Поэтому первым этапом работы нашей лаборатории по построению нового выпрямителя явилось исследование электропроводности и механизма

проводимости ряда полупроводников с помощью изучения эффекта Холла. Результаты этого исследования, выполненного М. С. Соминским, будут опубликованы позднее, но существенно отметить, что из ряда исследованных веществ (TiO_2 , Tl_2S , V_2O_5 , WO_3 , CdS) заметный эффект Холла был обнаружен только в сернистом кадмии с повышенной электропроводностью от 0,1 до $3 \Omega^{-1} \text{ см}^{-1}$. Достаточно большое значение произведения константы Холла на электропроводность $\left(\text{до } 18 \frac{\text{см}}{\text{сек}} \left| \frac{\text{V}}{\text{см}} \right. \right)$, пониженным из-за мелкокристаллической структуры образцов, указывает на преобладание одного механизма проводимости. Нормальный знак эффекта Холла отвечает переносу зарядов в сернистом кадмии электронами. Остальные испытанные материалы обладают очевидно смешанным механизмом проводимости (движение электронов и “дырок”). Одновременно обнаружено, что из исследованных веществ только сернистый кадмий дает резко выраженное выпрямление при условии несовершенного контакта с его поверхностью.

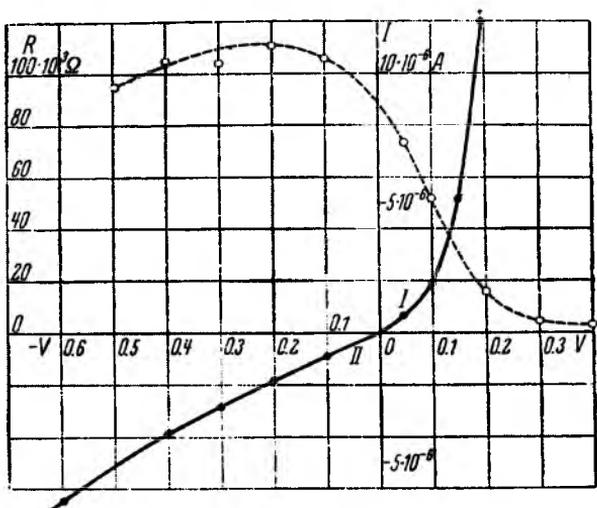
Для сернистого кадмия легко может быть получен коэффициент выпрямления в 200–1 000 единиц. Для некоторых других материалов (например, WO_3) также удавалось получить выпрямление, но коэффициент выпрямления не превышал нескольких единиц. Этот факт можно рассматривать как частичное подтверждение требования, выдвигаемого теорией Б. И. Давыдова, однако возможно, что здесь сказывается влияние особо благоприятных условий образования запирающего слоя на CdS .

На фиг. 1 приведена вольт-амперная характеристика и величина сопротивления выпрямляющего контакта $\text{CdS}-\text{Pb}$ в области малых напряжений ($\delta=0,1 \text{ см}^2$). Ход сопротивления контакта аналогичен ходу этой величины в купроксном выпрямителе, т. е. максимальное сопротивление лежит в области запирающих напряжений. Эти особенности и знак выпрямления, который также отвечает требованию теории (облегчен переход электронов из полупроводника в металл), подтверждают чисто электронный механизм выпрямления.

Осуществление выпрямителя из сернистого кадмия встретило ряд трудностей, еще не разрешенных.

Одним из возможных способов обойти второе из указанных выше ограничивающих условий является применение запирающего слоя из другого материала.

Опыты с искусственно нанесенными запирающими слоями не дают технически приемлемого результата — коэффициент выпрямления получается слишком малым. Однако техника, по-видимому, нашла уже довольно давно на системе оксидированный магний — полусернистая медь (Cu_2S) один из



Фиг. 1. Вольт-амперная характеристика и сопротивление контакта CdS – Pb.
(Пропускное направление при + на свинце.)

путей осуществления такого выпрямителя. В настоящее время еще нет установившейся точки зрения на механизм выпрямления этой системы.

И.В. Курчатov, П.П. Кобеко и К.Д. Синельников¹, исследуя выпрямитель Al – Cu₂S и Al–CuS, отметили существенную роль площади контакта и построили теорию выпрямления, которая главную роль отводит электролитическим процессам образования слоя серы и его разрушения с прорастанием дендритов меди. Впоследствии Бергштейн, Ринке и Гутхейль² произвели исследование выпрямителя из оксидированного магния и сернистой меди. Они убедительно показали, что из всей площади контакта работает лишь один небольшой участок (площадью в несколько мм²), который выдерживает нагрузку до 7 А.

Из осциллографических исследований выпрямителя они сделали вывод о частичном разрушении некоторого запирающего слоя при прохождении тока в пропускном направлении и восстановлении слоя при переключении поля. Эти явления по мнению авторов имеют скорее тепловое, чем электролитическое происхождение. Следует отметить, что правильная форма кривой тока в пропускном направлении исключает допущение таких нестационарных явлений,

¹ И.В. Курчатov, П.П. Кобеко и К.Д. Синельников. ЖРФО, 61, 459 (1928).

² Bergstein, Rinke and Gutheil, Phys. Rev., 36, 587 (1930).

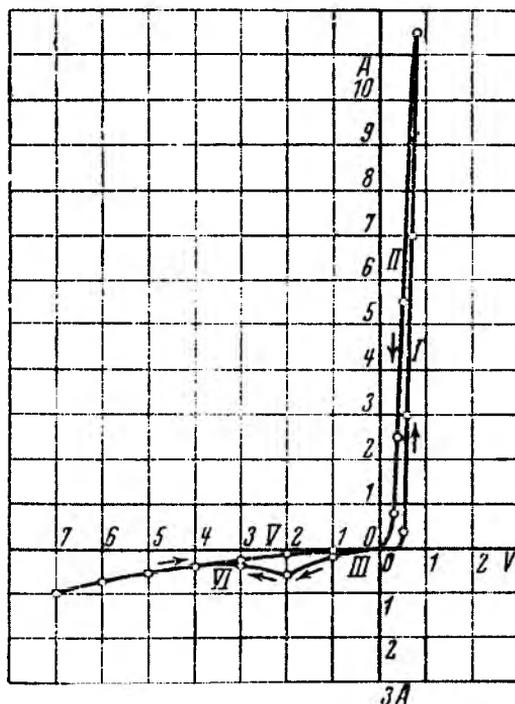
как рост и перегорание дендритов. Более вероятным представляется, хотя бы частично, электронный механизм выпрямления системы из Cu_2S , полупроводника с “дырочным” механизмом проводимости, и запирающего слоя из MgS , образующегося между Cu_2S и магнием. Такое предположение дает правильный знак выпрямления.

Мы поставили задачу осуществить рабочий контакт в системе $\text{Mg} - \text{Cu}_2\text{S}$ на значительно большей площади в расчете получить большие значения выпрямленного тока с одного выпрямителя. Эта задача была решена после разработки надлежащей методики изготовления выпрямителя, а также замены Cu_2S соответствующей смесью с содержанием примеси силикатов до 70% по объему.

Выпрямители осуществлены в виде алюминиевой капсулы с запрессованным внутри магнием и сульфидной смесью. Рабочая площадь контакта доведена до 2 см^2 , а в единичных опытах — до 4 см^2 . Запорные токи растут приблизительно пропорционально площади контакта, составляя при напряжении 6 В $0,5 + 0,8 \text{ А/см}^2$. Выпрямитель из 4 капсул, собранный по схеме Греча, дает $20-25 \text{ А}$ выпрямленного тока на 1 см^2 контакта при напряжении $3,0-3,5 \text{ В}$ (переменное напряжение — 6 В).

Испытание показало два существенных недостатка выпрямителя: 1) низкий коэффициент полезного действия, составляющий $40-50\%$. Ti , 2) недостаточную продолжительность срока службы, составляющую около 500 часов.

Причина старения лежит по видимому в электролитических процессах в выпрямителе. На фиг. 2 приведена вольт-амперная характеристика, снятая на постоянном токе выпрямителя



Фиг. 2. Вольт-амперная характеристика выпрямителя $\text{Mg} - \text{Cu}_2\text{S}$

с площадью контакта 2 см^2 . Цифры и стрелки указывают последовательность измерений. На кривой отчетливо видно, что имеется состояние повышенной проводимости (участки II и III) и пониженной проводимости (участки IV и V). Переход от первого ко второму состоянию происходит при различном напряжении от 0.5 до 2 V, в зависимости от продолжительности прохождения тока в пропускном направлении и его величины.

Исследование характеристики только в области малых напряжений показывает отсутствие выпрямления до напряжения 0.5 V и даже незначительное выпрямление другого знака. Последний результат явным образом исключает чисто электронный механизм выпрямления, но не решает проблему в пользу электролитической теории. Здесь мы сталкиваемся с своеобразным типом выпрямителя, возможности которого далеко не исчерпаны и не выяснены.

Ленинградский физико-технический институт.

1949

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ДВУОКИСЬЮ МАРГАНЦА РАСТВОРОВ УРАНА И ПЛУТОНИЯ ОТ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ КОМБИНАЦИИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ С АЦЕТАТНОЙ СХЕМОЙ*

Б.В. Курчатов

1. ВВЕДЕНИЕ

Задачей настоящей работы было исследование усовершенствования или упрощения ацетатной схемы очистки урана и плутония от продуктов деления путем комбинирования ацетатной схемы с сорбционным методом.

Проведенные в Лаборатории №2 АН СССР работы по очистке диацетата от 3-го восстановительного осаждения показали, что сорбционная очистка с помощью двуокиси марганца позволяет извлечь основную массу осколков, недостаточно отделенных ацетатным методом.

Таким образом, сорбционная очистка является естественным дополнением ацетатной схемы, позволяя сбросить именно те осколки, которые, повидимому, в силу сорбционных явлений трудно отделяются при ацетатной очистке.

Нам представлялось по ряду соображений целесообразным проверить применение сорбционной очистки в других узлах схемы, а именно до или после первого ацетатного осаждения. Такое исследование составило основную часть излагаемой ниже работы.

* Совместно с И.С. Морозовым, Н.Ф. Правдюком, Л.Н. Курчатовой, Я.Б. Финкельштейном и Р.А. Зенковой. Хранится в архиве (Ф.1. Оп.1-нд. Ед.хр. №164)

Прежде чем перейти к изложению полученных данных, мы приведем основные результаты по сорбции отдельных осколков и плутония на двуокиси марганца, а также итоги применения сорбционной очистки двуокисью марганца к конечному диацетату, что позволяет уяснить особенности сорбционной очистки и перспективы ее использования.

II. СОРБЦИЯ ОСКОЛКОВ И ПЛУТОНИЯ ДВУОКИСЬЮ МАРГАНЦА

Намеченное применение MnO_2 для очистки перед окислительным ацетатным осаждением предполагает работу сорбента в кислой среде при кислотности около 1 N по HNO_3 и в концентрированном солевом растворе. Это заставило нас исследовать сорбцию ряда осколков при различных кислотностях, начиная с 1N и выше.

Учитывая малые концентрации осколков, мы вели опыты при концентрациях или индикаторных, или на количествах поглощаемого вещества, значительно меньших максимальной емкости сорбента.

1. Ниобий

Этот элемент относится по опыту, накопленному в Лаборатории №2, к числу наиболее полно сорбируемых двуокисью марганца. Сорбция в сильно кислой среде использовалась нами для извлечения его из смеси осколков, а также для отделения циркония от ниобия.

Было показано ранее, что сорбцией в 10N по HNO_3 растворе можно извлечь ниобий из смеси $Zr+Nb$, оставив в растворе цирконий.

Ниже приводятся данные, иллюстрирующие количественную сторону сорбции ниобия из растворов с разной кислотностью.

Как видно из таблицы 1 извлечение ниобия количественное при 0,1, 1 и 3 N – кислотностях раствора. Более подробное исследование сорбции ниобия будет изложено позже.

Таблица 1

№ опыта	Для опыта взято				Кислотность по HNO_3	Температура °C	Время в минутах	% сорбции	Примечание
	Раствор мл.	H_2O_2 3% мл	Nb_2O_5 в мг.	MnO_2 г					
1	500	10	10	3,0	0,1 N	93	20	100	Точность определ. 1%
2	500	10	10	3,0	1 N	93	20	100	
3	500	10	10	3,0	3 N	93	20	99-100	
4	500	10	10	3,0	3 N	20	20	100	

2. Цирконий

Сорбция исследовалась химическими и радиохимическими методами.

Для опытов применялся азотнокислый раствор циркония. Данные по зависимости сорбции от кислотности приведены в таблице II.

Из таблицы видим, что в 1 N по HNO_3 растворе (и ниже) двуокись марганца извлекает 98-100% циркония. При кислотности 3 N процент сорбции уменьшается до 90%.

Таблица II

№ опытов	Для опыта взято			Температура опыта °C	Продолжит. в минутах	% сорбции	Кислотность
	Раствор мл.	ZrO ₂ в гр.	MnO ₂ гр.				
1	600	0,006	3,0	90-93	20	100	0,1 N
2	600	0,006	3,0	90-93	20	98,0	1 N
3	600	0,006	3,0	90-93	20	99,0	1 N
4	600	0,006	3,0	90-93	20	90,0	3 N
5	600	0,006	3,0 гр. SO ₂	90-93	20	50,0	1 N

Примечание: опыт №5 (сорбция на высоко дисперсной кремневой кислоте) проведен для выявления специфичной сорбции на MnO₂.

Помимо химического метода сорбция циркония на MnO₂ прослежена радиохимически на радиоактивном Zr, выделенном из осколков. Результаты приведены на графике 1.

Условия сорбции: температура 95°, продолжительность опыта – 20 минут, на 10 мл раствора бралось 0,05 гр двуокиси марганца. Содержание в растворе циркония составляло 0,12 мгр ZrO₂.

Полученные результаты в согласии с химическими опытами указывают на неполную сорбцию при переходе от 1 N по HNO₃ раствора к растворам большей ионной силы.

Для циркония характерна зависимость сорбции от температуры.

При больших концентрациях циркония максимальная емкость сорбента оказывается различной как видно из таблицы III.

При высокой кислотности 1 гр. MnO₂ сорбирует одинаковое количество циркония (30 мгр ZrO₂), как при температуре 20°, так и 95°.

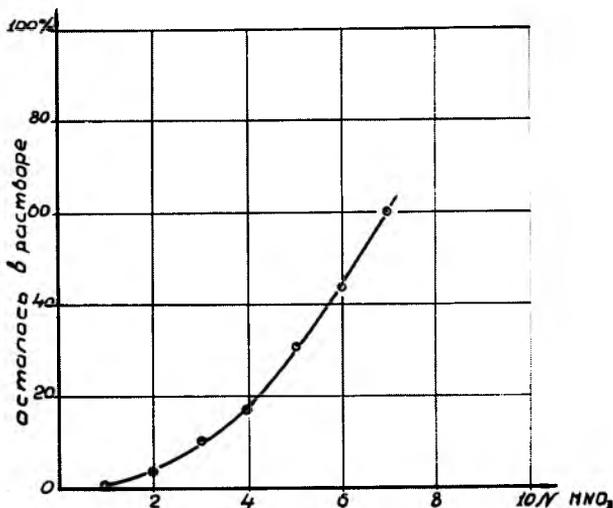


График 1.

Таблица III

№ опыта	Для опыта взято			Температура °С	Продолж. опыта в минутах	1 гр MnO ₂ сорбирует ZrO ₂ мгр	Кислотность
	Раствор мл.	К-во ZrO ₂ в гр.	MnO ₂ гр.				
1	70	0,119	1	20	20	38,6	pH=1,2
2	100	0,290	3,0	95	- " -	94	pH=1,2
3	100	0,290	3,0	95	- " -	30	3 N по HNO ₃
4	70	0,335	1,0	95	- " -	45	3 N - " -
5	70	0,234	1,0	20	20	30	3 N - " -

При меньшей кислотности (pH=1,2) температура сильно влияет на сорбцию. При температуре 95° один грамм MnO₂ сорбирует 90-94 мг ZrO₂.

Это указывает, что наряду с чисто химическим процессом (обмен иона водорода марганцевистой кислоты на ион циркония) имеет место при сорбции циркония в большей или меньшей степени физические поверхностные явления.

Малая кислотность способствует гидролизу солей циркония, что сопровождается сорбцией коллоидных продуктов гидролиза на двуокиси марганца.

3. Рутений

Исследование сорбции велось также как химическим путем, так и радиохимическим.

Результаты приведены в таблицах: IV, V, VI. Как видим сорбция рутения является полной только при малой кислотности ($pH = 1$).

Таблица IV

№№ опыт ов	Взято для опыта			Кислот- ность раствора	Темпе- ратура опыта °С	Время опыта в минутах	Сорбиро- вано на MnO ₂ Ru в гр.	% сорбции
	Мл. раствора	Ru гр	MnO ₂ в г.					
1	50,0	0,02	0,5	3 N по HNO ₃	90	10,0	0,015	75
2	Раствор от опыта №1	-	0,5	- " -	- " -	10,0	0,007	70 от остав. колич.
3	Раствор от опыта №2	-	0,5	- " -	- " -	10,0	0,0006	25 от наличия
4	50,0	0,02	0,5	- " -	- " -	10,0	0,016	80
5	Р-р от опыта №4	-	0,5	- " -	- " -	10,0	0,0014	30 от остав. колич.
6	Раст. от опыта №5	-	0,5	- " -	- " -	10,0	0,0006	20 от остав. колич.
7	50,0	0,004	0,5	pH=1,3	- " -	10,0	0,004	100
8	50,0	0,004	0,25	- " -	90	- " -	0,004	100
9	50,0	0,02	0,5	pH=1,6	- " -	15	0,0195	98
10	50,0	0,01	0,5	- " -	-	-	0,0099	99
11	Раст. от опыта №10	-	0,5	- " -	- " -	- " -	0,0001	~100
12	50,0	0,02	0,25	- " -	- " -	- " -	0,0192	96
13	50,0	0,02	1,0	- " -	- " -	- " -	0,02	100
14	50	0,004	0,5	pH=2,8	90	10	0,004	100
15	50	0,004	0,25	- " -	- " -	10	0,004	100

Таблица V

№№ опыта	Взято для опыта			Кислотность раствора	Температура опыта °С	Время в минутах	Сорбировано Ru γ и/м	% сорбции
	Р-р мл	Радиакт. Ru γ и/м	MnO ₂ в гр.					
1	50	226	1,0	3 N по HNO ₃	90	20	172	76
2	50	226	1,0	- " -	- " -	15	186	82,5
3	50	169	0,5	- " -	- " -	- " -	159	94
4	50	295	1,0	pH=1,0	- " -	20	290	100
5	50	295	1,0	- " -	- " -	- " -	295	100
6	50	169	0,5	pH=1,0	90	20	169	100

Таблица VI

№№ опыта	Взято для опыта			Кислотность раствора	Температура опыта °С	Время в минутах	Сорбировано Ru γ и/м	% сорбции
	Р-р диацетата А-9 (6% по А-9) мл.	Ru в γ им/мин	MnO ₂ в грам.					
1	50	295	1,0	1 N по HNO ₃	90	15	231	79
2	50	300	1,0	3 N -"	- " -	20	245	82
3	50	295	1,0	pH=1,3	90	15	295	100
4	50	338	0,5	0,2 N по HNO ₃	- " -	- " -	302	89
5	Раствор от опыта 4	36	0,5	- " -	90	15	36,0	100
6	50	169	1,0	pH=1,3	90	15	169	100

В кислой среде 1N и выше по HNO₃ извлечение составляет около 80%. При кислотности 3 N по HNO₃ наблюдается пониженное извлечение при повторных сорбциях. Повидимому здесь накладывается новый фактор – окисление рутения.

4. Теллур

Сорбция на двуокиси марганца была изучена радиохимическим методом.

Для опытов был выделен из смеси осколков Te^{129} на неактивном теллуре восстановлением SO_2 . Полученный препарат подвергнут очистке путем возгонки в вакууме.

Для опытов очищенный таким образом теллур применялся в виде раствора в азотной кислоте.

Результаты исследования сорбции на MnO_2 при различной кислотности азотнокислого раствора приведены в таблице VII.

Таблица VII

Кислотность раствора	Количество теллура имп/мин	Осталось в растворе после сорбции теллура в имп/мин	% сорбции
1 N	288.000	21180	92,4
2 -"-	- " -	24000	91,4
5 -"-	- " -	26000	90,7
10 -"-	- " -	19200	93,1

Объем раствора составлял 25 мл, количество сорбента 0,175 гр, количество теллура 0,0013 гр., температура опыта 90°C . Продолжительность сорбции 20 минут. Сорбент отделялся фугованием и промывался водой.

Для проверки полученного результата была проведена дополнительная серия опытов по повторной сорбции на тех же растворах с доведением кислотности до прежних значений.

Результаты приведены в таблице VIII.

Таблица VIII

Кислотность раствора	Количество Te в растворе в имп/мин	Осталось Te после сорбции имп/мин	% сорбции
1 N	14900	900	94
2 N	20600	1800	91,3
5 N	23800	1080	95,5
10 N	16700	1800	89,2

Таким образом, теллур из растворов в азотной кислоте сорбируется на 90-92% независимо от кислотности.

5. Редкие земли

Опыты поставлены на радиоактивном церию, выделенном на небольшом количестве неактивного церию из смеси осколков. Результаты изучения сорбции приведены в таблице IX.

Таблица IX

Кислотность раствора	Объем р-ра в мл	Количество MnO_2 в гр.	Взято церию им/м	Сорбировано церию им/м	% сорбции
0,5 N	10	0,1	300016	1100x16	36
1,0 "	"	"	- " -	980x16	32
2,0 "	"	"	- " -	820x16	25,6
4,0 "	"	"	- " -	480x16	16,0
6,0 "	"	"	- " -	380x16	12,0

Количество церию в растворе в каждом опыте составляло 10^{-6} грамма. Как видим из таблицы церию сорбируется на 30% и менее из кислых растворов.

6. Сорбция плутония

В условиях, намеченных для работы сорбента, а именно 12% раствор урана в присутствии HNO_3 и $K_2Cr_2O_7$, следует считаться только с сорбцией оставшегося неокисленным 4-х валентного плутония. Шестивалентный плутоний практически не должен сорбироваться ввиду вытеснения его с поверхности сорбента аналогичными ионами шестивалентного плутония. Поэтому нами были поставлены предварительные опыты по сорбции 4-х валентного плутония на MnO_2 из растворов различной кислотности.

Результаты приведены в таблице X.

Таблица X

№№ опытов	Кислотность раствора	Взято Z имп/мин	Сорбировано Z на MnO_2	
			имп/мин	%
1	0,5 N	2700	96	3,5
2	1,0 N	2700	34	1,3
3	1,5 N	2700	33	1,3
4	3,0 N	2700	18	0,6

Сорбция велась из азотнокислых растворов при температуре 95°C двадцать минут. Растворы не содержали А-9 и бихромата.

Количество двуокиси марганца составляло 0,05 гр на 5 мл раствора. Плутоний добавлялся в виде слабоазотнокислого раствора, полученного растворением гидроокиси La и Z, выделенной из калий-лантан-сульфатного осадка – концентрата плутония.

Полученный результат – малая величина сорбции плутония, нашел свое объяснение при анализе оставшегося после сорбции раствора плутония. Оказалось, что осаждение сульфатным методом на лантане выделило только 85 и/м плутония, что составляет 3% всего плутония, а основное количество плутония (2640 имп/м) было осаждено только после восстановления раствора.

Это показывает, что двуокись марганца при 95°C в кислой среде окисляет плутоний до шестивалентного состояния почти полностью.

К этому же выводу пришел ранее И.С.Морозов, обнаруживший аналогичный эффект резкого уменьшения сорбции плутония на MnO_2 при 90°C уже при малых кислотностях ($pH=3,2$).

Наблюдаемый эффект окисления 4-х валентного Pu двуокисью марганца имеет существенное значение при использовании MnO_2 для отделения плутония от осколков. В частности, это позволило нам отказаться в ряде опытов по очистке урана и плутония от добавки бихромата, который вносил бы большие затруднения при последующей восстановительной переработке раствора.

III. СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ДИАЦЕТАТА УРАНА И Na

В ряде предыдущих отчетов было показано, что MnO_2 может быть эффективно применен для очистки диацетата, полученного при третьем ацетатном осаждении, от остаточных продуктов деления.

Коэффициент очистки раствора диацетата в результате двукратной сорбции доходит до 50 и может быть увеличен до 100-кратного путем введения третьей сорбции и добавки носителя – Nb_2O_5 .

Предпосылкой для полученной эффективной очистки является кроме низкой кислотности раствора ($pH=1$) также благоприятный состав осколков в диацетате.

Около 70-80% всей γ -активности диацетата обусловлено радиоактивным ниобием и цирконием и до 15% всей γ -активности приходится на рутений, т.е. на осколки, хорошо сорбирующиеся двуокисью марганца.

Ниже приводятся данные, иллюстрирующие ход очистки по отдельным осколкам при работе по ацетатной схеме с доочисткой 3-х кратной сорбцией двуокисью марганца.

Таблица XI

Ход очистки по ниобию и цирконию

Элемент	Исходный раствор γ -акт. и/м	Диацетат от 3-го осажден. и/м	Коэффициент очистки	Раствор диацетата после очистки сорбцией и/м	Коэфф. очистки
Nb	51000x16	480x16	106	1,6x16	300
Zr	40000x16	108x16	370	0,75x16	140

Примечание: опыт проведен на материалах с установки №5 (опыт №68) и относится к 90 граммам А-9.

Таблица XII

Ход очистки по редким землям

Элемент	Исходный раствор γ -активн. имп/м	Диацетат третьего осаждения имп/м	Коэффициент очистки	Раствор диацетата после сорбционной очистки и/м	Коэфф. очистки
Сумма ред. земель	$1,5 \cdot 10^6 \times 16$	44x16	3400	24x16	1,8

Примечание: опыт проведен на том же материале и относится к 1800 граммам урана.

Таблица XIII

Ход очистки по рутению

Элемент	Исходный раствор γ -активн. имп/м	Диацетат третьего осаждения имп/м	Коэффициент очистки	Раствор диацетата после сорбционной очистки и/м	Коэфф. очистки
Ru	$1,5 \cdot 10^6 \times 16$	2770	540	5,3x16	530

Примечание: материал от опыта №75 с установки №5. Цифра относительно к 1 грамму урана.

Тот факт, что несмотря на малый коэффициент очистки по редким землям (1,8), общая очистка диацетата по сорбционному методу достигает 100 кратной, объясняется хорошей очисткой урана от редких земель на предшествующем этапе ацетатной очистки, благодаря чему удельный вес редких земель в γ -активности диацетата весьма не велик (порядка 0,5%).

IV. МЕТОДЫ АНАЛИЗА НА ОСКОЛКИ

Ниже излагаются методы анализа, использованные при определении коэффициента очистки по отдельным осколкам. Методы анализа не являются в настоящий момент вполне отработанными, но достаточны для выяснения картины очистки по интересовавшим нас осколкам.

Определение рутения

Для определения рутения применялся экспрессный метод, разработанный Я.Б.Финкельштейном, не требующий введения носителя.

Метод заключается в экстракции Ru из азотнокислого раствора с помощью бутил-ацетата. Условия извлечения были следующими:

1. Поддерживалась малая кислотность раствора ($\text{pH}=1-2$).
2. Раствор насыщался азотнокислым аммонием.
3. Объем бутилацетата применялся трехкратный.
4. Экстракция проводилась два или три раза.

Метод будет описан подробнее в отдельном отчете.

Определение ниобия и циркония

Определение проводилось, как правило, после отделения рутения.

Анализируемый раствор подкислялся соляной кислотой до 10% сод. HCl. Добавлялся носитель в виде раствора азотнокислого циркония (0,1 гр ZrO_2 на 100 мг. анализируемого раствора) и цирконий осаждался при 95°C избытком р-ра фениларсиновой кислоты в 10% соляной кислоте.

Осадок отфуговывался, промывался слабым раствором фениларсиновой кислоты.

В целях дополнительной очистки осадок растворялся в минимальном количестве 95% серной кислоты и проводилось повторное осаждение циркония раствором фениларсиновой кислоты. Полученный осадок содержал сумму радиоактивных Nb и Zr. Разделение Nb и Zr проводилось сплавлением с КОН с добавкой Nb_2O_5 , выщелачиванием сплава водой и повторным сплавлением с КОН.

Определение суммы редких земель

Метод анализа, разрабатывавшийся совместно с Г.Н.Яковлевым, опробован в различных вариантах. Ниже приводится метод, на котором мы остановились.

Редкие земли определялись в растворе после выделения рутения и ниобия с цирконием. С этой целью из раствора осаждались щелочью уран и осколки для отделения от фениларсиновой кислоты. Осадок растворялся в азотной кислоте и выделялся Ва выкачиванием нитрата бария азотной кислотой. В растворе осаждались редкие земли на La (или на тории) насыщением раствора K_2SO_4 .

Осадок двойного сульфата переводился в гидроокись La, которая растворялась в азотной кислоте. В большинстве анализов давалась оксалатная очистка путем вливания азотнокислого раствора в насыщенный раствор оксалата аммония, причем радиоактивные редкие земли выпадали в осадок на носителе – лантане. Потери иттрия не принимались во внимание, поскольку радиоактивный иттрий является β -излучателем. В отдельных анализах дополнительно выделялся церий иодатным методом.

V. СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ДВУОКИСЬЮ МАРГАНЦА РАСТВОРОВ УРАНА ПЕРЕД АЦЕТАТНОЙ ОЧИСТКОЙ

Из рассмотрения приведенных выше данных заранее очевидно, что применение сорбционной очистки двуокисью марганца в начале схемы (перед ацетатной очисткой) должно дать меньшие коэффициенты очистки, чем в конце схемы. Это обусловлено большим удельным весом в общей γ -активности редкоземельных осколков в исходном растворе, чем в конечном диацетате.

Однако при общем небольшом коэффициенте очистки для коэффициентов очистки по отдельным осколкам – ниобию, цирконию, рутению и теллуру, можно ожидать высоких значений. Следовательно, предварительная сорбционная очистка должна создать предпосылки для эффективной очистки в последующем ацетатном осаждении. Действительно, в очищенном двуокисью марганца растворе главную активность можно ожидать за счет редких земель. Для последних было показано в Лаборатории №2 Г.Н.Яковлевым, что по ацетатной схеме они отделяются от урана очень эффективно с коэффициентом очистки до 1000 за одно осаждение.

Кроме того желательность очистки в начале схемы вытекала также из ожидаемого значительного восстанавливающего действия радиации на 6-ти валентный плутоний. Применение сорбционной очистки при высокой температуре в окислительной среде позволило бы без потерь плутония снизить γ -активность раствора и соответственно уменьшить потери плутония, получающиеся за счет восстановления плутония радиацией при последующем ацетатном осаждении.

Ниже приводятся результаты опытов по одной сорбционной очистке (одно, двух или трехкратной).

Опыты велись на нитрате урана, облученном несколько раз. Сорбция велась из 12%-ного по урану раствора, 1,8 N по HNO_3 с добавкой бихромата калия при температуре 95°C в течении 20 минут. Количество MnO_2 составляло 5% от веса урана на каждую операцию сорбции.

Результаты приведены в таблице XIV.

Как видно из таблицы суммарный коэффициент очистки при однократной сорбционной очистке получен низкий (от 2 до 5). Четырех— пятикратная очистка получилась при предварительной добавке перманганата калия, постепенно, в течении 1 часа, разлагавшегося до MnO_2 . Повторная сорбция мало изменяет очистку, однако она существенна для полноты очистки по цирконии и ниобию, как видно из анализов очищенных растворов.

Таблица XIV

№ опыта	% сорбции	γ-активность имп/м		Коэффициент очистки	γ-активность суммы Zr+Nb после сорбции		Примечание
		до сорбции	после сорбции		имп/м	% от всей γ-акт.	
1	1	3120	1620	1,9	-	-	
	2		1320	1,2			
2	1	3120	1500	2,1	-	-	
	2		1140	1,3			
3	1	2960	1400	2,1	74	6	
	2		1200	1,2			
4	1	1480	700	2,1	21	3,5	
	2		600	1,2			
5	1	2850	660	4,3	162	24	
6	1	1525	350	4,3	35,6	10	Удвоен. дозировка MnO_2
7	1	1300	300	4,3	45,8	15	- " -
8	1	3050	560	5,3	77	14	
9	1	1525	325	4,4	10,3	4,6	
	2		225	1,4			
10	1	3050	680	4,4	9	3	
	2		430	1,6			
	3		290	1,5			

Исследование исходного раствора показало, что 50% γ -активности раствора обусловлено ниобием и цирконием, участвующих в равных долях. В опытах №4 и №5 определены количества Nb и Zr в растворе после очистки. Для опыта №5 очистка по Zr составляет $\frac{710}{135} = 5,4$ кратную; по Nb – $\frac{710}{30} = 35$ кратную. Двукратная сорбция (опыт №4) дала очистку по цирконию – $\frac{350}{15} = 23$ кратную; по ниобию – $\frac{350}{2} = 175$ кратную.

Применение повышенной дозировки сорбента за одну сорбцию (опыты 6 и 7) менее эффективно, чем 2-х кратная сорбция, что объясняется обратной сорбцией циркония. Из предварительных опытов, приведенных выше, следует, что для обеспечения хорошей очистки по цирконию необходима поменьшей мере 2-х кратная сорбция с обязательным отделением в каждой сорбции сорбента от раствора.

Сравнение с результатами сорбции циркония из 1N растворов азотной кислоты, не содержащих уран, показывает, что присутствие нитрата урана существенно затрудняет сорбцию циркония, процент не сорбированного Zr возрастает от 1-2% до 18%.

Очевидно, этот эффект следует отнести в первую очередь за счет большей ионной силы раствора урана. Повторная сорбция двуокисью марганца как видно из таблицы дает малую суммарную очистку по γ -активности (1,3-1,6). Это объясняется тем, что в растворе после первой сорбции остаются лишь малые количества циркония и ниобия, главную же часть активности обуславливают осколки, не сорбирующиеся или плохо сорбирующиеся двуокисью марганца. В таблице XV приводятся результаты анализов на содержание суммы редких земель (γ -излучателей) до и после сорбционной очистки.

Таблица XV

№№ опытов	γ -активность суммы ред. земель		Кoeffиц. очистки
	до очистки	после очистки	
5	300 x 16	174 x 16	1,7
6	300 x 16	224 x 16	1,34
10	300 x 16	142 x 16	2,1

Доля редких земель по γ -активности в растворе после сорбционной очистки составляла для опытов №№ 5, 6 и 10 соответственно 42%, 56%, 65%. До сорбционной очистки она составляла 8,4%.

VI. ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ АЦЕТАТНЫМ И СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Ниже приведены результаты двух серий опытов. В таблице XVI приведена первая серия опытов комбинированной очистки. Четыре опыта включали каждый: сорбционную очистку в начале схемы, последующее окислительное ацетатное осаждение и заключительное восстановительное ацетатное осаждение. В пятом опыте сорбционная очистка была применена как замена второго окислительного ацетатного осаждения.

Опыты велись на исходном растворе урана, полученном с установки №5 от опыта №75 на металле с содержанием 2,5 мг плутония на 1 грамм урана. Сорбция велась из раствора 1,5 N по HNO_3 с содержанием в одном миллилитре 0,188 грамма урана и 0,012 гр $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Перед сорбцией раствор нагревался два часа при 95°C с пополнением отогнанной воды. Сорбция проводилась при 95°C 20 минут. Количество сорбента составляло 0,5 грамма двуокиси марганца на 10 грамм урана. Сорбент отделялся фугованием и промывался два раза 0,1 N HNO_3 . Объем промывок составлял 15% от объема раствора. Ацетатное осаждение проводилось двухкратным объемом 25% раствора ацетата натрия. Маточный раствор сливался до объема, составлявшего 15% всего объема. Промывка проводилась дважды по прописи.

Из рассмотрения полученных результатов и сопоставления их с результатами очистки на установке №5 для того же раствора видим, что сорбционная очистка в комбинации с одним ацетатным осаждением дала очистку от 215 до 812 крат, т.е. выше чем соответствующая величина, полученная на установке №5 для двух окислительных осаждений (очистка порядка 100-кратной).

Коэффициент очистки по диацетату получен от 160 до 7000, т.е. также больше соответствующих цифр (порядка 500-1000), наблюдаемых на установке №5 для нормальной ацетатной схемы.

Для двух опытов определена потеря плутония, сорбированного на двуокиси марганца, составившая в опыте №1 – 0,42% и в опыте №4 – 0,41%.

Наилучшие результаты по коэффициентам очистки дал опыт №5, в котором сорбционная очистка применена в середине схемы как замена второго окислительного ацетатного осаждения. Поэтому во второй серии опытов исследовалась только последняя комбинация.

Для 2-ой серии опытов была использована стружка урана с содержанием 210 мг плутония на 1 гр. урана. Стружка выдерживалась около 1 1/2 месяцев до растворения. Сводка результатов этой серии дана в таблице XVII.

Таблица XVI

№№ опыта	Количество урана гр.	Операция очистки	γ-активность раствора		Коэффициент очистки	Суммарный коэффициент очистки
			до очистки и/м	после очистки и/м		
1	9,4	2-х кратная сорбция	$6,8 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	6,8	
		Окисл. ацетатное осажд.		20.000	50	340
		Восст. ацет. осажд		5.000	4	1300
2	4,7	Сорбция однократная	$3,5 \cdot 10^6$	$0,78 \cdot 10^6$	4,5	
		Окисл. ацет. осажд.		11.550	68	300
		Восст. ацет. осажд.		4575	2,5	760
3	2,3	Сорбция однократная	$1,66 \cdot 10^6$	440.000	3,8	
		Окисл. ацет. осажд.		4386	100	380
		Восст. ацет. осажд.		1260	3,5	1320
4	9,4	Сорбция однократная	$4,68 \cdot 10^6$	$1,27 \cdot 10^6$	3,7	
		Окисл. ацет. осажд.		21.600	58	275
		Восст. ацет. осажд.		1000	21	4536
5	2,3	Окисл. ацет. осажд.	$0,94 \cdot 10^6$	27.500	47	
		Сорбция		2510	11	517
		Повт. сорбция		1580	1,6	822
		Восст. ацет. осажд.		185	8,4	7027

Интенсивность γ-излучения определялась с помощью счетчика Гейгера, закрытого слоем свинца толщиной 1 мм. Просчитывалась или аликвотная часть или весь раствор на различных расстояниях от счетчика, поэтому единицы γ-активности являются условными и одинаковыми только для одной операции очистки.

Опыты поставлены следующим образом. Первое окислительное ацетатное осаждение проведено на всем растворе, содержащем 17,9 гр. урана по прописи.

Диацетат растворен и полученный раствор объемом 160 мл расходовался по частям на ряд опытов, приведенных в хронологическом порядке в таблице.

Для опыта №1 использовано 80 мл, для остальных применялось по 10 мл раствора.

Таблица XVII

№ опыта	Количество урана гр.	Операция очистки	Г-активн. в условных единицах		Коэффициент очистки		Примечание
			до очистки	после очистки	Разовый	Суммарный	
1	17,9	Окисл. ацетат.	15500	1200	13		
	9,5	Сорбционная однократная (1,2 гр MnO ₂) Восст. ацетат. Повт. восст. ацет.	770 6.000.000 2. 00.000	200.000 5400	4,3 2,1 520	56 56x520 29.000	
2	1,2	Окисл. ацет.	—	—	13		
	"	Сорбционная однократная (0,15 MnO ₂) Восст. ацетат.	490 650.000	120 1960	4,1 330	53,3 17.600	
3	1,2	Окисл. ацет.	—	—	13		
	"	Второе окисл. ацет. Восст. ацет.	528 371.000	58 11.680	9 32	117 3740	
4	1,2	Окисл. ацет.	—	—	13		
	"	Сорбционная однокр. (0,15 гр. MnO ₂) Восст. ацет.	538 630.000	108 3100	5 203	65 13.200	
5	1,2	Окисл. ацет.	—	—	13		
	"	Сорбционная одн. (0,15 гр MnO ₂) Восст. ацет.	530 437.000	90 2200	5,8 200	77 15.400	
6	1,2	Окисл. ацет.	—	—	13		
	"	Сорбционная 2-х кратная (0,15 + 0,15 гр MnO ₂) Восст. ацет.	475 385.000	78 800	6,1 480	79 37.900	
7	1,2	Окисл. ацет.	—	—	13		
	"	Сорбц. 2-х кратная (0,15 + 0,15 гр MnO ₂)	502	67	7,5	97,5	
	"	Второе окисл. ацет. Восст. ацет.	370.000 7500	7500 240	47 30	4580 137400	

При каждой сорбции прибавлялось 0,12 гр MnO_2 на 1 грамм урана.

Раствор разводился в 1 1/2 раза перед сорбцией до концентрации 8% по урану и 1 N по HNO_3 (в опытах №6 и №7 разведение не проводилось).

Перемешивание при сорбции велось барботированием с пополнением упаренной воды.

Время сорбции составляло 20 мин. при температуре 95°C. Прибавление бихромата калия не проводилось как ненужное и вредное для дальнейшей восстановительной переработки раствора.

Сорбент отделялся фугованием, промывался 0,2 N HNO_3 два раза порциями, составлявшими 20% от объема раствора урана.

Промывной раствор присоединялся к основному раствору.

Для восстановления добавлялся 1 мл 20% раствора бисульфата натрия на каждые 1,2 гр урана в растворе. После 30 минут стояния при 50°C раствор продувался воздухом при 50°C в течении 80 минут для удаления SO_2 .

В опыте №1 был применен избыток SO_2 без последующей отдувки воздухом.

В результате при добавке ацетата натрия часть урана выпала в виде аморфного соединения с сернистой кислотой, что привело к резкому уменьшению коэффициента очистки.

Поэтому в опыте №1 было проведено повторное осаждение с предварительной отдувкой SO_2 , которое показало весьма большую очистку.

В последующих опытах на удаление SO_2 обращалось особое внимание и мы рассматривали эту операцию как весьма существенную предпосылку для получения высоких коэффициентов очисток.

Из рассмотрения таблицы видно, что сорбционная очистка дает сама по себе невысокий коэффициент очистки от 4 до 5,8 при однократной сорбции. Однако последующее восстановительное ацетатное осаждение оказывается весьма эффективным, полученный коэффициент очистки колеблется от 200 до 520.

Сравнение с контрольным опытом №3, проведенным по нормальной ацетатной схеме, показывает что ацетатно-сорбционная схема дает меньшую очистку на окислительном этапе (в 1,5-2 раза), но заметно большую по диацетату (от 4 до 10 раз).

Наилучшие результаты показал эксперимент с двухкратной сорбционной очисткой двуокисного марганца (опыт №6), давший очень высокий коэффициент очистки по диацетату (38.000).

В опыте №7 сорбционная очистка вводилась не в виде замены второго осаждения, а в качестве дополнительного узла очистки.

Исследованная комбинация дает повышенный коэффициент очистки (47 кратный) для второго ацетатного осаждения, следующего за сорбционной очисткой. Однако он все же меньше, чем соответствующий коэффициент для восстановительного ацетатного осаждения в предшествующих опытах.

Это обстоятельство указывает на присутствие осколка переменной валентности, хорошо отделяемого только на этапе восстановительного ацетатного осаждения. Анализом выяснена природа этого осколка, оказавшегося церием.

В опыте №7 получена в итоге очень высокая очистка по диацетату (137.000) и высокая (4580) по плутонию.

С целью выяснения роли сорбционной очистки нами было проведено определение количества радиоактивных циркония и ниобия на ряде этапов очистки. Определялась сумма $Zr+Nb$. Результаты приведены в таблице XVIII и пересчет данных в таблице XIX.

Таблица XVIII

Раствор	γ -активность суммы $Zr+Nb$ в % от всей γ -активности			Примечание
	опыт №3	опыт №5	опыт №6	
Исходный р-р	60%	60%	60%	
Диацетат 1-го осаждения	47% ^{x/}	47% ^{x/}	47% ^{x/}	^{x/} Вероятно заниженное значение
Декантат от восстановит. осаждения	77%	8%	4%	
Диацетат от восстан. осажд.	75%	30%	40%	

Как видим из таблицы XIX, сорбционная очистка, в особенности двухкратная (опыт №6), существенно улучшает очистку урана от Nb и Zr по сравнению с нормальной ацетатной схемой, что и определяет, в первую очередь, повышенную очистку диацетата.

Потери плутония

В ряде опытов второй серии определялась величина потери плутония за счет сорбции на двуокиси марганца и в диацетате.

Результаты приведены в таблице XX.

Таблица XIX

Изменение суммы Zr+Nb по ходу очисток

Раствор	Опыт №3 нормально-ацетат. схема		Опыт №5 ацетатно сорбционная схема		Опыт №6 ацетатно сорбционная схема	
	γ-активность суммы Zr+Nb имп/мин	Кoэф. очистки	γ-активность суммы Zr+Nb имп/мин	Кoэф. очистки	γ-активность суммы Zr+Nb имп/мин	Кoэф. очистки
Исходный	14·10 ⁶	–	14·10 ⁶	–	14·10 ⁶	–
Диацетат от 1-го осаждения	1,1·10 ⁶	13	1,1·10 ⁶	13	1,1·10 ⁶	13
Декантат от восст. осаждения	158000	7	24000	44	9000	122
Диацетат от восст. осаждения	6000	26	680	37	312	29
В С Е Г О:		2280		21.000		49.000

Таблица XX

№ опыта	Выделено плутония мг	Потери плутония			
		с MnO ₂		с диацетатом	
		мг	%	мг	%
1	2100	0,5	0,02	–	–
2	–	–	–	0,5	0,2
3	–	–	–	0,26	0,1
4	–	0,5	0,2	0,26	0,1
5	262	0,2	0,08	0,6	0,2
6	269	0,2	0,08	0,54	0,21
7	250	0,4	0,15	–	–

Обращает внимание малая величина потери плутония, сорбированного двуокисью марганца, а также малая величина потерь плутония с диацетатом, не превышающая в обоих случаях 0,2%. Малые потери плутония с диацетатом, вероятно, стоят в связи с тщательным удалением SO₂ из раствора перед ацетатным осаждением.

VII. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Основным выводом из проведенной работы является утверждение, что сорбцией двуокисью марганца в кислой среде при повышенной температуре можно достичь существенной очистки раствора урана и плутония от ряда осколков, не полно отделяемых ацетатной схемой (ниобий и цирконий, а также рутений и теллур) при минимальных потерях урана и плутония. При хорошей промывке сорбента потери по урану составляют 0,13%, а по плутонию — 0,1-0,2%.

Использование сорбционной очистки двуокисью марганца возможно в различных вариантах комбинации сорбционной и ацетатной схем очистки.

Наибольший интерес представляют с нашей точки зрения следующие варианты:

I-й вариант

Предлагается замена второго окислительного ацетатного осаждения на сорбционную очистку двуокисью марганца. Это дает кроме экономии ацетата и уменьшения хранилищ для сбросных растворов, уменьшение потерь плутония и выдачу кондиционного диацетата. Такая замена целесообразна в случае малых коэффициентов очистки (4-5 кратной) при втором окислительном ацетатном осаждении.

II-й вариант

Весьма перспективно введение сорбционной очистки двуокисью марганца в виде дополнительного узла между первым и вторым окислительными ацетатными осаждениями.

Дополнительный узел сорбционной очистки позволит выдать диацетат с малой активностью (меньше одного кюри) и существенно повысит суммарную очистку по плутонию.

Последнее обстоятельство позволит сократить очистку во фторидной переработке продукта и в предельном случае возможен отказ от окислительных осадений фторида лантана. Это приведет к уменьшению потерь Z.

III-й вариант

Возможна замена фторидных осадений лантана в окислительной среде сорбционной очисткой, которая обеспечит около 5-кратной очистки от осколков практически без потерь плутония. Вариант требует экспериментальной проверки.

IV-й вариант

Сорбционная очистка диацетата после восстановительного осаждения. Этот вариант подробно рассмотрен в предыдущих отчетах. Он может быть

упрощен в сторону сокращения числа сорбционных очисток при снижении требований к кратности очистки диацетата.

Вторым выводом из проведенной работы является заключение об отрицательном влиянии SO_2 при восстановительном ацетатном осаждении на коэффициент очистки диацетата. Предлагается тщательное удаление SO_2 перед восстановительным ацетатным осаждением для обеспечения минимального захвата плутония и осколков осадком диацетата.

VIII. РЕЗЮМЕ

1. Исследована сорбция двуокисного марганца ряда осколков в кислой среде.
2. Показано количественное извлечение ниобия из азотнокислых растворов независимо от кислотности.
3. Извлечение из 1-3 N по HNO_3 растворов рутения, циркония и теллура сорбционным путем достигает 80-90%.
4. Редкие земли сорбируются на 30% из 1 N по HNO_3 раствора.
5. Четырех валентный плутоний почти не сорбируется на двуокиси марганца в кислой среде при высокой температуре ввиду окисления его сорбентом до шестивалентного состояния.
6. Сорбционная очистка двуокисью марганца раствора облученного А-9 дает очистку от 2-х до 5 раз.
7. Исследованы различные варианты комбинирования ацетатной очистки и сорбционной (с помощью двуокиси марганца) и прослежена очистка по некоторым осколкам.
8. Замена 2-го окислительного ацетатного осаждения 2-х кратной сорбционной очисткой обеспечивает выдачу кондиционного диацетата при незначительном уменьшении коэффициента очистки для плутония. Одновременно достигается уменьшение потерь плутония.
9. Этап сорбционной очистки дает потери урана, плутония и Z порядка 0,1-0,2%.
10. Введение дополнительного узла сорбционной очистки между первым и вторым ацетатными осаждениями обеспечивают высокую очистку по плутонию и диацетату.
11. Выявлено отрицательное действие SO_2 на коэффициент очистки диацетата.

1950

ЭКСТРАКЦИЯ КОМПЛЕКСОВ ПЛУТОНИЯ-239 С ФЕНИЛАРСИНОВОЙ КИСЛОТОЙ ИЛИ ЕЕ ПРОИЗВОДНЫМИ ФЕНОЛОМ*

Б. В. Курчатов

Фениларсиновая кислота и ее производные, как известно, образует нерастворимые осадки с титаном, цирконием, гафнием, торием, Pu^{239} (IV), оловом (IV), ниобием, танталом, ураном (IV), церием (IV) и широко применяется для анализа.

Нами было обнаружено, что комплексные соединения фениларсиновой, дифениларсоновой, р-диметиламиноазофениларсоновой кислот с торием и ураном, взятых в макроколичествах (осадки), а также индикаторными количествами плутония-239, циркония и ниобия очень хорошо растворяются фенолом и практически нацело извлекаются из водной фазы. В связи с большой специфичностью указанных комплексов представляло интерес использовать их растворимость в феноле для экстракционного метода анализа на Pu^{239} .

Другие элементы, рассматриваемые в настоящей работе интересовали нас постолько, поскольку они могли мешать или сопутствовать извлечению Pu^{239} .

Следует упомянуть, что в литературе нет указаний на возможность экстракционного извлечения фениларсонатов и подобных соединений, фенол оказался единственным подходящим из большого ряда различных опробованных нами растворителей.

* Совместно с Л. Б. Финкельштейном. Архив РНЦ "КИ". Ф. 1, Оп. 1нд, Ед. хр. №208.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследовались водные растворы Pu^{239} , радиоактивных циркония и ниобия в индикаторных концентрациях и водные растворы лантана, неодима, циркония, тория и урана в весовых концентрациях, в качестве комплексообразователей применялись фениларсоновая, дифениларсоновая и р-диметиламиноазофениларсоновая (парасоновая) кислоты производства “Главхимреактив”.

В качестве растворителя применялся фенол фирмы *Schering (Phenolum liquetudatum ДАВ-6)*. Все операции и экстракция проводились в конических пробирках емкостью 3-6 мл. с притертыми пробками. В пробирку вводился солянокислый (уксуснокислый) раствор, соответствующая кислотность достигалась с помощью ацетата аммония. Затем приливались 1-2 капли на 1 мл, насыщенного спиртового раствора комплексообразователя и содержимое пробирки нагревалось на водяной бане при 90° - $95^{\circ}C$ в течение 5-10 м., отстаивалось 10-15 м. Растворитель – фенол вводился в количестве, равном общему водного раствора. Затем следовало энергичное взбалтывание в течение 2-3-х минут.

В каждом опыте определялось содержание исследуемого элемента в водном и фенольном слоях при состоянии, близком к равновесному. Благодаря малым объемам имелась возможность выпаривать и прокалывать исследуемые на α -активность фазы непосредственно на дисках.

Полнота расслаивания фаз обеспечивалась центрифугированием, и раствор из пробирки извлекался пипеткой. Для полноты извлечения и предотвращения захвата другой фазы извлекаемый слой выбирался не до конца 2-3 раза вводилась свежая порция отбираемой верхней фазы и без взбалтывания повторялось удаление почти всего слоя.

При работе с радиоактивными цирконием и ниобием измерения производились на счетчике АМА-8 погружным методом.

В опытах с весовыми количествами вещества мы ограничивались визуальными наблюдениями. Последние однако, достаточно наглядно указывали на степень извлечения арсоната фенолом. Например, в случае арсонатов циркония растворение осадка весьма незначительно, и, наоборот, арсонаты тория, кремния (IV), экстрагируются нацело.

Опытные данные

Экстракция Pu^{239}

Было установлено, что извлечение фениларсоната происходит полно из солянокислых растворов, нейтрализованных ацетатом аммония до $pH = 2+5$, или из 3% уксуснокислого раствора ($pH = 2,5$).

В таблице 1 приведены данные по извлечению из 3% уксуснокислого раствора фениларсоната Pu^{239} , взятого в индикаторных концентрациях.

Таблица 1

Активность		% извлечения.
Фенольный слой.	Водный слой.	
3500	56	98,5
3260	27	99,4
3450	46	98,6
2990	53	97,0
2960	32	98,8
2960	24	99,4
2910	32	99,0
3420	55	98,6
3230	55	98,4
3120	62	98,3
250	3,8	98,8
213	0,6	99,6
1023	2,6	98,0
1710	16	99,0
Средний –		98,9

Ввиду того, что исследуемый раствор является буферным, введение фенола-растворителя не меняет кислотности водного раствора.

При повторной экстракции – введении свежей порции комплексобразователя и фенола Pu^{239} извлекается практически полностью.

Аналогичные результаты (табл. 2) получены при извлечении дифениларсоната ($pH = 2+5$) и парасоната.

Для отмывки Pu^{239} из фенола применялась 6N-12N соляная кислота, которая при отношениях объемов 1:1 отмывает примерно 97-99% Pu^{239} . Для этой же цели можно пользоваться серной кислотой. Весьма существенно для количественного анализа, что комплексобразователь целиком остается в феноле.

Таблица 2

Активность в α (имп./мин.)		% извлечения	Примечания
Фенольный слой	Водный слой		
35	13	96,5	Дифениларсонат
336	8	98	"-"
1370	26	98,5	Парасонат
575	19	97	"-"
1170	16	99,4	"-"

О прочности связи комплексообразователя и фенола можно судить и потому, что при взаимодействии смеси фенола и фениларсиновой кислоты или ее производными, с одной стороны, и водным раствором (цирконием и торием), с другой стороны, не происходит образования комплексов.

ЭЛЕМЕНТЫ, СОПУТСТВУЮЩИЕ ИЛИ МЕШАЮЩИЕ ИЗВЛЕЧЕНИЮ Pu^{239}

Из ионов, сопутствующих и мешающих извлечению Pu^{239} нами были рассмотрены уран, цирконий, ниобий, железо (III) и нитрат-ион.

Наиболее благоприятными средами для извлечения Pu^{239} являются серно- и азотнокислая; азотнокислая среда непригодна, так как даже ничтожные концентрации нитрат-иона способствуют разложению фенола (смешению слоев)¹ урана ион в зависимости от комплексообразователя либо препятствует извлечению бензола, либо сопутствует Pu^{239} .

При $pH \geq 1$ уран образует не растворимые в воде и феноле комплексы с фениларсоновой и дифениларсоновой кислотами и растворимые в воде и феноле с парасоновой кислотой.

Поэтому при экстракции Pu^{239} уран должен быть предварительно удален; при работе с парасоновой кислотой уран можно отделить от Pu^{239} после их совместного извлечения фенолом.

Данные по извлечению урана парасоновой кислотой приведены в таблице 3.

¹ Сначала образуется p-Нитратофенол

Таблица 3

Опыты №	Экстракция	Активность в		% извлечения
		Фенольный слой	Водный слой	
1	I	1920	(144+32)	92
	II	144	32	78
	I + II	2064	32	98,6
2	I	1150	(384+48)	72
	II	384	48	89
	I + II	1534	48	97

Железо III извлекается частично, причем без участия комплексообразователя. Найдено, что применение смеси фенола с амиловым спиртом или хлороформом взятым в отношении от 1:0,1 до 1:1, делает экстракцию железа (III) невозможной и не сказывается на экстракции Pu^{239} . Железо можно также связать тиомочевинной. Необходимо отметить, что во всех случаях должны отсутствовать ацетаты аммония или щелочных металлов, способствующих извлечению железа.

Посторонние металлы Cr, Ag, Ya, Nd, Ba, Pb не извлекаются и не мешают извлечению рассматриваемых комплексов Pu^{239} .

В ходе работы обнаружилась весьма интересная особенность циркониевых соединений, взятых в индикаторных концентрациях, а именно дифениларсонат и парасонат циркония, в отличие от феноларсоната циркония, из растворов уксусной кислоты $pH = 4+5$ в отсутствие иона аммиака экстрагируются примерно на 5%.

В таблице 4 даны результаты по экстракции индикаторных количеств циркония.

Таблица 4

Активность в ($\alpha+\beta$)имп/мин		% извлечения	Примечание
Фенольный слой	Водный слой		
357	11500	3,2	Парасонат = 4,5
256	5170	4,4	Дифениларсонат = 4,5
4000	65	98,3	Фениларсонат = 5
1180	17	98,8	"-"

Визуальные наблюдения показали, что при экстракции макроколичеств циркония наблюдаются данные, качественно согласующиеся с приведенными в таблице 4.

ВЫВОДЫ:

1. Установлено, что комплексные соединения фениларсоновой, дифениларсоновой и парадиметиламиноазофениларсоновой кислот с торием, Pu^{239} , цирконием и ниобием экстрагируются фенолом.
2. Найдено, что уран образует с парадиметиланиноазофениларсоновой кислотой комплексное соединение, извлекаемое фенолом.
3. Показана возможность количественного анализа на торий, уран, Pu^{239} , цирконий, ниобий методом экстракции указанных комплексов.

1953

СВЕРХТОНКАЯ СТРУКТУРА И СПИН U^{233} *

Б.В. Курчатov

Перед нами была поставлена задача изучения сверхтонкой структуры спектральных линий U^{233} . U^{233} является активным изотопом с периодом полураспада $1,6 \times 10^5$ лет. Данный изотоп имелся в нашем распоряжении в виде окиси-закиси. Первой частью нашего исследования являлось определение спина этого изотопа. Этому вопросу и посвящен настоящий отчет.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Для изучения сверхтонкой структуры спектральных линий необходимы специальные источники света и приборы высокой разрешающей силы.

В качестве источника света применялась модифицированная трубка Шюлера. Устройство такой трубки ясно из рис. 1. В качестве катода брался алюминиевый полый цилиндр К, в донной части которого высверлена полость Н диаметром 5 мм и высотой 10 мм. Катодная полость таких размеров способствует лучшему возбуждению исследуемого вещества. Это подтверждается предварительными нашими опытами. Анодом служил алюминиевый цилиндр А с диафрагмой на конце. Такое устройство анода обеспечивает более полную регенерацию исследуемого вещества. Катод от анода изолировался стеклянной трубкой, состоящей из цилиндров R и Q. Трубка имела два отвода N и M для входа и выхода инертного газа. Стеклянная трубка сверху закрывалась окошком O на пиццине. Точно также и стеклянный цилиндр соединяется с катодной трубкой пиццином. Для того, чтобы пиццин не трескался при охлаждении, на катод одевалась муфта Z, через которую пропусклась проточная вода.

* Совместно с А.Р. Стригановым и Н.М. Яшиным. Работы носят пионерский характер, выполнены в СССР впервые. — Р.К. Архив РНЦ “КИ”. Ф.1, Оп. 1нд, Ед. хр. №482.

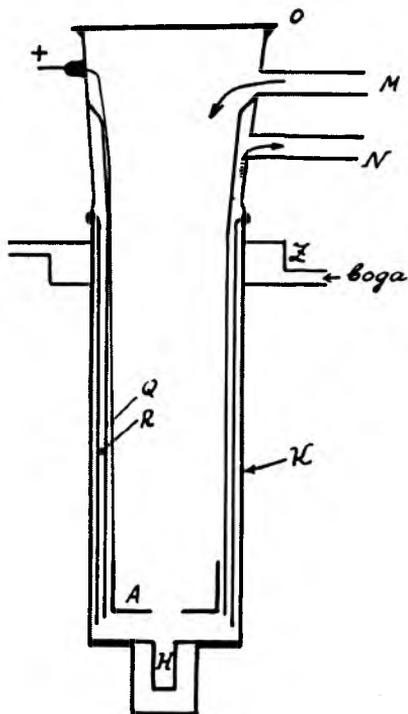


Рис. 1.

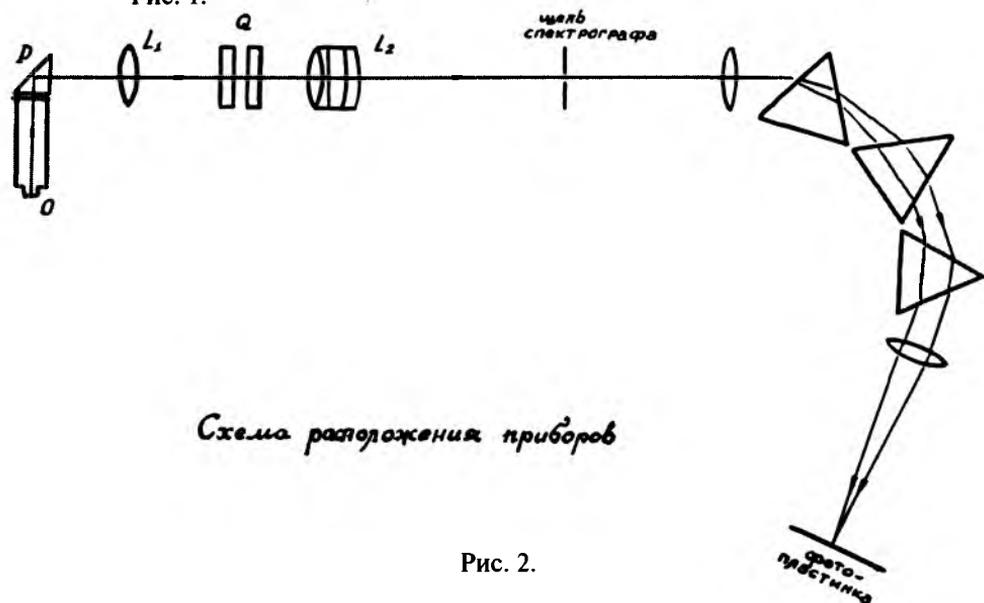


Схема расположения приборов

Рис. 2.

Для возбуждения спектра применялся аргон, который непрерывным потоком циркулировал через разрядную трубку. Поток аргона производил очистку трубки от загрязнений, выделяющихся во время разряда.

Описанный источник света дает резкие и интенсивные линии.

В качестве прибора высокой разрешающей силы был использован эталон Фибри и Перо, который скрещивался с стеклянным трехпризменным спектрографом "Штейнхаль", причем эталон работал во внешнем параллельном пучке света. Оптическая схема установки показана на рис.2.

Пучок света от источника О, расположенного вертикально, с помощью призмы полного внутреннего отражения Р направляется на конденсорную линзу L_1 , которая дает параллельный пучок света. Эталон Q расположен за конденсором. Интерференциальная картина, даваемая эталоном, локализована в бесконечности и фокусировалась на щель спектрографа с помощью 60 см. объектива "Тессар" L_2 , исправленного на абберацию и дающего высококачественное изображение.

Поскольку U^{233} является дорогостоящим продуктом и т.к. в нашем распоряжении были небольшие количества этого продукта, то все предварительные опыты велись на естественном уране. Методика разрабатывалась на окиси-закиси, так как U^{233} был в виде этого продукта. Окись-закись представляет собой трудно распыляемое вещество, поэтому в разрядной трубке окись-закись не возбуждается. Так как металлический уран легче распыляется в разрядной трубке с полым катодом, то предварительно окись-закись восстанавливалась до металлического урана, с этой целью окись-закись подвергалась воздействию атомарного водорода. После восстановления металлический уран легко загорался в полном катоде. В наших опытах разряд происходил при давлении аргона 1,0-1,5 мм Hg; сила тока равнялась 0,2 А. Для охлаждения разрядной трубки применялась вода. Для получения двух спектрограмм было использовано 3,8 мг U^{233} . Для получения заметной сверхтонкой картины на пластинках "Кодак" III-F достаточны экспозиции в 15-20 минут.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Спектр U состоит из чрезвычайно большого количества линий, среди которых очень мало ярких. Наиболее пригодными линиями для изучения сверхтонкой структуры в видимой области являются линии λ 4515.280, 5915.398 и 6826.93 Å. Мы остановились на линии λ 5915.398 Å как наиболее яркой.

Спектрограф "Штейнхаль" не имеет достаточной дисперсии, чтобы полностью отделить линию λ UI 5915.398 Å от линии аргона. Но это обстоятельство не помешало сделать уверенное заключение о спине.

С помощью эталона Фабри-Перо были получены две спектрограммы. Расстояние между пластинами эталона равнялось 10.009 мм. Линия λ 5915.398 Å показывает хорошо заметную сверхтонкую структуру /смотри рис.3 и 4/. Наблюдается 6 компонент различной интенсивности /см. рис.5/.

Имеется тенденция к увеличению интенсивности компонент в направлении увеличения частот, что дает основание предполагать, что подуровни сверхтонкой структуры обращены.

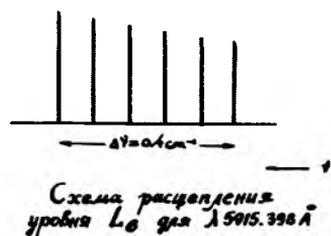
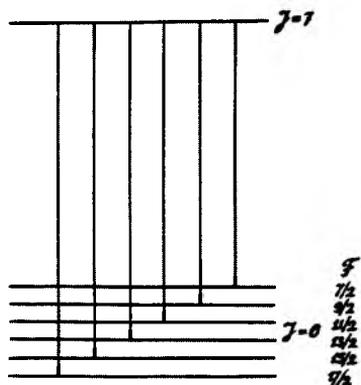


Рис. 3.



Рис. 4.

Для интерференционных колец, близких к центру (при малых углах), дисперсионный участок $\Delta\lambda$ приближенно равен:

$$\Delta\lambda = -\frac{\lambda^2}{2t}$$

где t — толщина эталона.

Для $t = 10$ мм, $\Delta\lambda = 0,175 \text{ \AA}$ или $\Delta\nu = 0,5 \text{ см}^{-1}$.

Исходя из величины дисперсионного участка, можно оценить полное расщепление линии $\lambda 5915,398 \text{ \AA}$, которое равно $0,43 \text{ см}^{-1}$.

Компоненты сверхтонкой структуры находятся друг от друга почти на равных расстояниях. Эта эквидистантность не согласуется с правилом интервалов и расхождение, повидимому, можно объяснить, с одной стороны, наличием у ядра U^{233} квадрупольного электрического момента, с другой — возмущениями в электронной оболочке атома.

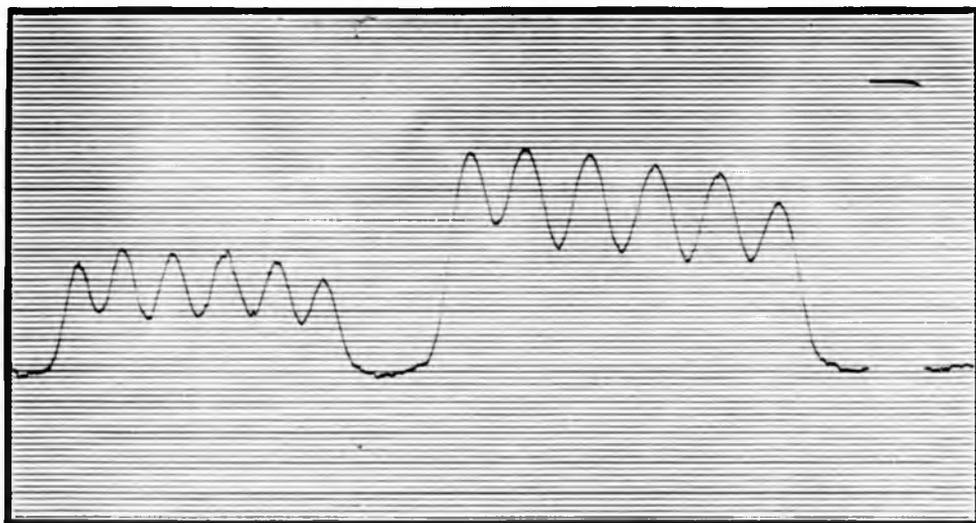


Рис. 5.

Согласно Киссу, Хумфрансу и Лауну линия λ 5915.398 Å классифицирована как $^5L_6-169$, [1]. Принимая, что расщепляется только нижний уровень с внутренним квантовым числом $J=6$, нетрудно сделать заключение, что число компонент сверхтонкого строения равно $2I+1$, где I – спин ядра. Значит $2I+1=6$, отсюда следует, что спин U^{233} равен $5/2h$.

Можно сделать также заключение, что величина магнитного момента ядра U^{233} больше, чем для U^{235} , поскольку расщепление терма L_6 для λ 5915.398 Å в случае U^{233} вдвое больше (расщепление для U^{235} – $0,21 \text{ см}^{-1}$ [2], а для U^{233} – $0,43 \text{ см}^{-1}$).

Знак магнитного момента U^{233} , вероятно, отрицательный, так как, повидимому, уровни сверхтонкого строения обращены. Об абсолютной величине магнитного момента пока ничего нельзя сказать.

В заключение выражаем благодарность за техническую помощь в проведении экспериментов лаборантке Е.Н. Лосовской.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kiess C.C., Humphrey C.J. и Jaun D.D. “J. of Res of the Nat. Bureau of Stand” 37. 51 (1946).
- [2] Anderson O.E. и White H.E. “Phys. Rev.” 71, 911 (1947).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО МОМЕНТА ЯДРА ПЛУТОНИЯ-239*

Б. В. Курчатов

Целью настоящей работы является определение механического момента ядра плутония-239. В качестве источника света была использована видоизмененная алюминиевая газоразрядная трубка с полым катодом типа Шулера, охлаждаемая водой. Высокое разрешение достигалось при помощи эталона Фабри-Перо, скрещенного с трехпризменным стеклянным спектрографом "Штейнхайль". Промежуток между пластинами эталона составлял 10,009 мм. В трубку было заложено 8,5 мг. окиси плутония. Проба содержала три изотопа: Pu^{239} , Pu^{240} и Pu^{241} с содержанием 98,97%, 1% и 0,027%, соответственно. Перед возбуждением окись плутония восстанавливалась до металла атомарным водородом. С этой целью трубка наполнялась водородом и включался разряд. В атмосфере атомарного водорода в течение 5 часов окись плутония восстанавливалась до металла. После чего трубка очищалась от водорода и наполнялась аргоном. Спектр Pu^{239} возбуждался в потоке аргона при давлении 1-1,5 мм Hg и силе тока 200 мА. Спектр Pu^{239} был снят в области 4100-6500 Å на пластинке рот-рапид. Экспозиция была принята в 30 мин.

Анализ спектра показал, что линии Pu^{239} расщеплены на две компоненты. Всего нами было обнаружено более 70 линий, которые имеют дублетную структуру. Из них наиболее яркими являются следующие линии: 4196,20 Å, 4206,38 Å, 4298,14 Å, 4337,17 Å, 4393,93 Å, 4396,38 Å, 4406,82 Å, 4441,60 Å, 4456,68 Å, 4468,50 Å, 4472,75 Å, 4504,87 Å, 4536,03 Å, 4630,85 Å, 4664,19 Å. Длины волн этих линий установлены нами в предыдущей работе по расшифровке спектра Pu^{239} /1/.

* Совместно со Стригановым А.Р. и Коростылевой Л.А.

Работы носят пионерский характер, выполнены в СССР впервые. — Р.К.

Грубые измерения показывают, что линии Pu^{239} имеют различную величину расщепления. Так, например, линии $4298,14 \text{ \AA}$, $4536,03 \text{ \AA}$ и $4406,82 \text{ \AA}$ имеют наименьшую величину расщепления порядка $0,017 \text{ \AA} / 0,086 \text{ см}^{-1}$, в то время как линии $4472,75 \text{ \AA}$, $4504,87 \text{ \AA}$ и $4468,50 \text{ \AA}$ имеют максимальную величину расщепления порядка $0,038 \text{ \AA} / 0,186 \text{ см}^{-1}$. На рис. 1 приводятся две спектрограммы, на которых в качестве примера отмечены расщепленные линии.

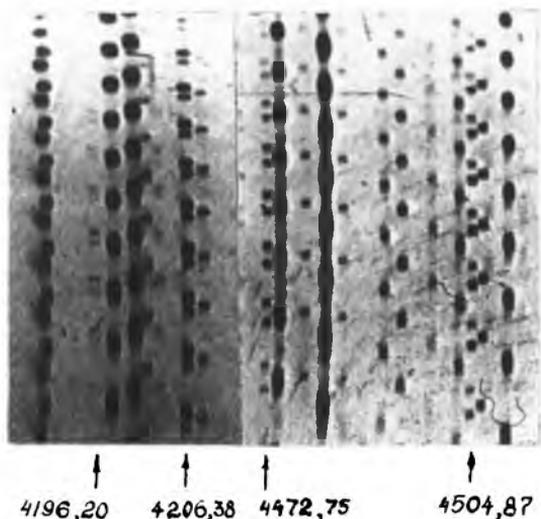


Рис. 1 Расщепление линии плутония-239

Благодаря малому процентному содержанию в пробе изотопов Pu^{240} и Pu^{241} компоненты этих изотопов не могли быть получены на наших спектрограммах, как это было показано при исследовании спектров урана [2]. Следовательно, сверхтонкая структура, полученная нами в спектре Pu^{239} , обусловлена взаимодействием ядра с электронной оболочкой.

Как известно, основным состоянием дуговых линий Pu^{239} является $5f^67S^2$ или $5f^6d7S^2$. Так как эта конфигурация имеет четное число электронов, то мультиплетность должна быть нечетной, а значения внутреннего квантового числа Z целочисленными. В случае однажды ионизированных линий Z принимает полуцелые значения. Если предположить, что $J > Z$, то число подуровней сверхтонкой структуры равно $2Z+1$, т.е. термы расщепляются на разное число компонент: термы дуговых линий на нечетное число, а термы искровых линий – на четное. Учитывая, что в нашем спектре присутствуют как дуговые, так и искровые линии, термы которых имеют различные, либо

целые, либо полуцелые, значения Z , то число компонент сверхтонкой структуры должно быть различным у разных линий. В нашем же случае все расщепленные линии имеют только две компоненты. Значит наше предположение, что $J > Z$ неверное и остается, что $J < Z$. Далее, если предположить, что заметное расщепление имеет либо верхний, либо нижний терм, то число компонент сверхтонкой структуры, на которое расщепляется линия, равно $2J + 1 = 2$. Отсюда механический момент ядра

$$J = \frac{1}{2} \hbar.$$

Тщательный анализ спектрограмм показывает, что большинство линий имеют приблизительно равноинтенсивные компоненты. Но наряду с этим ряд линий имеет компоненты с сильно различающимися интенсивностями. У некоторых линий длинноволновые компоненты являются наиболее яркими, у других линии – наоборот. Это можно объяснить тем, что у одних линий расщепляется верхний терм, в то время как у других – нижний.

Согласно правилу интенсивностей, наличие у некоторых линий приблизительно равноинтенсивных компонент можно объяснить тем, что расщепленные термы этих линий имеют большие значения F и, наоборот, сильно различающаяся интенсивность компонент объясняется тем, что расщепленные термы имеют маленькие значения F .

Подводя итоги, следует отметить, что проведенные нами исследования позволили получить сверхтонкую структуру в спектре Pu^{239} . Установлено, что в видимой области спектра имеется более 70 линий, показавших заметное дублетное расщепление. На основании этого удалось определить спин ядра Pu^{239} , который оказался равным

$$\frac{1}{2} \hbar.$$

В заключение считаем своим приятным долгом выразить глубокую благодарность научному сотруднику Яковлеву Г.Н. и мл. научному сотруднику Дедову В.Б., за предоставление и подготовку пробы, которая была использована в нашей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Р.Стриганов, отчет, инв. № 1294, 1950 г.
2. А.Р.Стриганов, Ф.Ф.Гаврилов, С.П.Ефремов, отчет инв. № 1163, 1950 г., отчет инв. № 1436, 1950 г.

1953

ЭЛЕКТРОННО-ИМПУЛЬСНАЯ ПЛОСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИЙ α -ЧАСТИЦ*

Б. В. Курчатov

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного отчета является описание усовершенствованной электронно-импульсной плоской камеры и результатов исследования эффекта образования отрицательных ионов.

Для решения ряда физических задач, связанных с изучением дифференциальных спектров α -частиц, в ряде случаев наиболее удобно использовать импульсную ионизационную камеру с сеткой.

Разрешающая способность системы электронно-импульсная камера — радиотехническая аппаратура /усилитель, анализатор/ зависит от ряда факторов.

Подробный анализ этих факторов нами был дан в другой работе /1/. Было показано, что разрешающая способность самой камеры зависит, главным образом, от количества электроотрицательных газов /кислород/, содержащихся в виде примесей в рабочем газе /аргон/, наполняющем камеру, и от наличия в рабочем объеме камеры органических материалов.

Учитывая эти недостатки была сконструирована более совершенная электронно-импульсная ионизационная камера с кальциевым очистителем, лишенная указанных недостатков. В качестве иллюстрации ее работы снят дифференциальный спектр α -частиц смеси α -радиоактивных изотопов урана.

* Совместно с С.А.Барановым и А.Г.Зеленковым

§ 1. Конструкция камеры

Конструктивно электронно-импульсная камера представляет собою плоскую ионизационную камеру с круглым собирающим электродом, окруженным охранным кольцом. Рабочий объем камеры строго ограничен и имеет форму цилиндра с плоскими торцами. Между высоковольтным и собирающим электродами помещается сетка.

Конструкция камеры обеспечивала возможность взаимной замены четырех α -радиоактивных источников при сохранении физических условий опыта.

Напряжение на высоковольтный электрод и сетку камеры подавалось через специальные вводы. Каждый ввод представлял собою молибденовую проволоку, впаянную в небольшой стеклянный дьюар, который, в свою очередь, приваривался к коваровому кольцу. Последнее впаивалось в основание камеры. Импульсы от собирающего электрода подавались на предусилитель с помощью такого же ввода.

Использование сильфонов и указанных стеклянных изоляторов позволило полностью исключить присутствие органических материалов в рабочем объеме камеры.

На колпаке камеры был смонтирован кальциевый очиститель с электрической печкой. Он постоянно был соединен с колпаком посредством двух медных трубок. Это давало возможность в любой момент времени произвести очистку рабочего газа от кислорода.

Импульсы от ионизационной камеры подавались на предусилитель, смонтированный непосредственно на основании камеры. Затем попадали на линейный усилитель, дискриминатор и, наконец, поступали на вход двенадцатиканального дифференциального анализатора амплитуд импульсов.

Указанная радиотехническая аппаратура была описана в других отчетах.

§ 2. Эффект образования отрицательных ионов

Как уже отмечалось выше, исследование разрешающей способности камеры показало, что эта величина определяется в основном эффектом прилипания электронов к молекулам электро-отрицательных газов. Известно, что вероятность прилипания электрона на одном сантиметре пути может достигать величины 10% при давлении кислорода, равном 1 мм ртутного столба.

Для уменьшения эффекта прилипания электронов в камере новой конструкции, напряжение на высоковольтном электроде было увеличено до 5000 вольт. Из рабочего объема камеры были убраны все органические

изоляторы. Очистка аргона производилась с помощью хорошо известного кальциевого очистителя, конструкция которого описана выше.*

Очиститель наполнялся стружкой металлического кальция /вес кальция ~ 70 грамм/, последний подогревался до температуры 250-350°С. При этой температуре металлический кальций захватывает молекулы кислорода. Действие очистителя основано на конвекции.

На рис. 5 показан рост амплитуды импульсов α -частиц Po^{210} со временем с момента включения очистителя. Для хорошей очистки обычного химически чистого аргона достаточно 3-4 часов. В результате такой очистки амплитуда импульсов возрастает на 10-100% в зависимости от качества используемого газа, и остается постоянной в течение 10 дней.

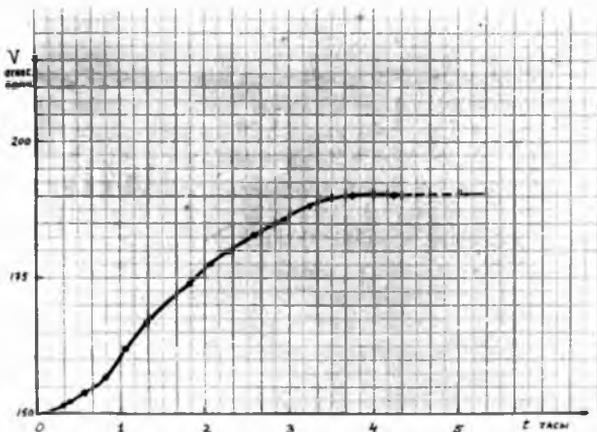


Рис. 5

Резкое уменьшение эффекта прилипания приводит к значительному улучшению разрешающей способности установки.

Это улучшение связано не только с уменьшением разброса амплитуд импульсов вследствие образования отрицательных ионов, но и в связи с увеличением отношения сигнала к шуму первой лампы предусилителя /среднее квадратичное шумов ~ 4,5 μ V/. Уменьшение эффекта прилипания электронов к молекулам газа привело к общему повышению амплитуды примерно на 50% по сравнению со старой камерой. Действительно, полуширина распределения искусственных импульсов, характеризующая разброс, обусловленный шумами первой лампы предусилителя, составляет теперь примерно, 40-45 KeV; раньше она была равна 57 KeV.

* рис. 1-4 и 8 не приводятся (ред.)

Полуширина дифференциальной кривой распределения амплитуд импульсов для α -частиц Po^{210} составляет теперь 60-70 KeV (стандартное отклонение 25-30 KeV) при старой конструкции камеры она была равна 100-110 KeV.

В качестве иллюстрации на рис. 6 показан энергетический спектр α -частиц Po^{210} и α -радиоактивных изотопов эталона. Приведенные дифференциальные спектры α -частиц дают наглядное представление о значительном улучшении разрешающей способности установки. В случае равных интенсивностей двух групп α -частиц она составляет, примерно, 75 KeV /по Релею/.

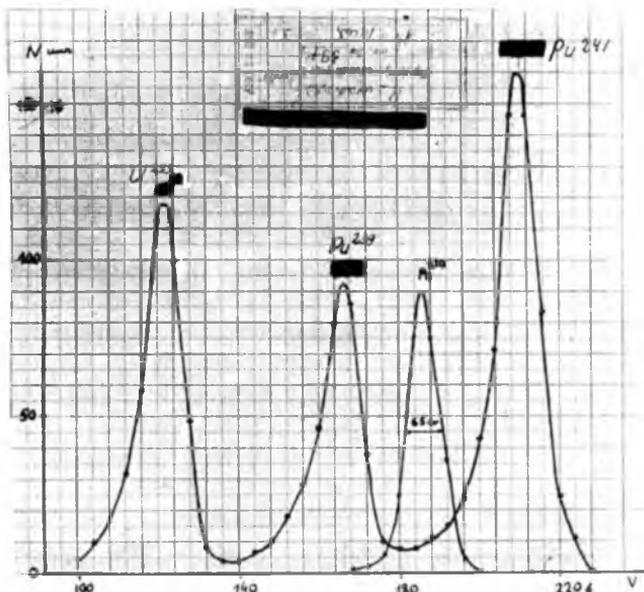


Рис. 6

§ 3. Дифференциальные спектры α -частиц изотопов урана

Значительное улучшение разрешающей способности системы, состоящей из электронно-импульсной камеры и радиотехнического устройства, дало возможность проанализировать дифференциальные спектры α -частиц, излучаемых изотопами урана.

Хорошо известно, что энергии α -частиц изотопов урана незначительно отличаются друг от друга. Так, например, для U^{235} и U^{236} они отличаются всего на ~ 100 KeV. Разрешающая способность аппаратуры несколько меньше этой величины, следовательно, можно было с уверенностью произвести указанный анализ.

На рис. 7 представлены дифференциальные спектры α -частиц смеси изотопов урана-238, U^{236} , U^{235} , U^{234} , полученные с помощью нашей аппаратуры.

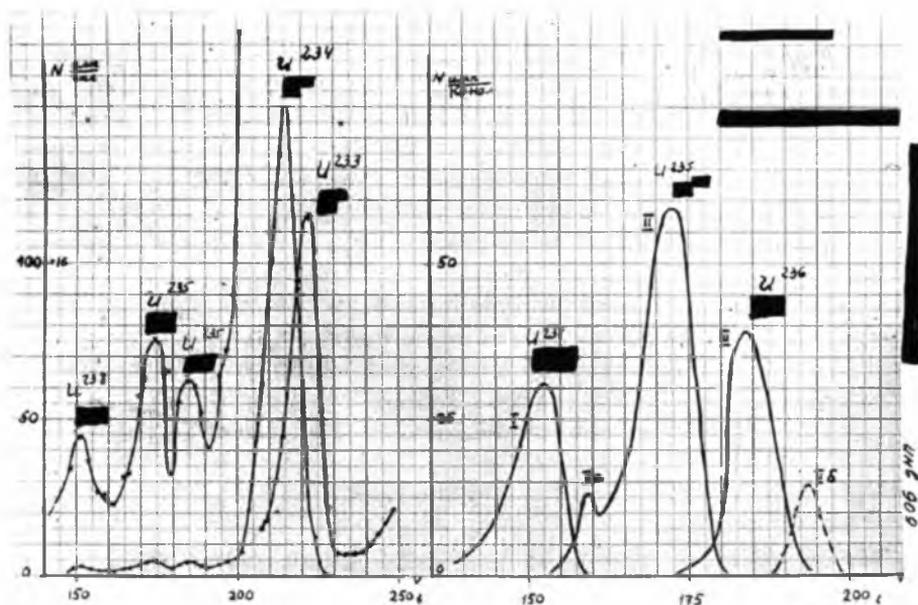


Рис. 7

По оси абсцисс отложены амплитуды импульсов в вольтах, поступающих на анализатор, линейно зависящие от энергии α -частиц, по оси ординат — число импульсов в час. Фон составлял ~ 4 имп/час на канал.

Слой α -радиоактивных изотопов урана был электролитически нанесен на платиновую подкладку.

На этом же рисунке помещен дифференциальный спектр α -частиц U^{233} . Этот изотоп входит в состав α -излучателей эталона. Низкоэнергетическая часть спектра урана показана на рисунке в увеличенном масштабе.

Большая α -активность изотопа U^{234} и необходимость использования источника большой толщины (~ 15 мг/см²) в данном случае несколько понизила реальные возможности точного определения энергии α -частиц и процентного содержания отдельных изотопов урана.

Возможная точность определения энергии α -частиц нашей аппаратурой при тонких слоях активного вещества составляет 5-10 кэВ.

На рис.8 показан результат разложения экспериментальной кривой для α -частиц U^{238} , U^{235} и U^{234} . Это разложение было выполнено с учетом искажений, вносимых низкоэнергетическим “хвостом” дифференциального спектра α -частиц U^{234} . При разложении наметились 2 группы тонкой структуры U^{235} .

В таблице 1 приведены значения измеренных нами энергий α -частиц изотопов урана вместе с хорошо известными данными. В этой же таблице дано процентное содержание изотопов урана по весу для изученного образца.

Таблица 1

Название элемента	Измеренная энергия α -частиц в мэВ	в мэВ /табличн. дан./	Процентн. содерж. изотопов по весу	Примечание
U^{238}	$4,160 \pm 0,025$	4,18	$/67 \pm 1/\%$	При определ. процентн. содерж. учтена тонкая структура U^{235}
U^{236}	$4,47 \pm 0,03$	4,50	$/0,46 \pm 0,04/\%$	
U^{235}	$4,395 \pm 0,020$	4,396	$/32 \pm 1/\%$	
U^{234}	$4,76 \pm 0,01$	4,763	$/0,37 \pm 0,04/\%$	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффект прилипания электронов, образованных в процессе ионизации аргона в ионизационной камере α -частиц к молекулам электроотрицательных газов существенно влияет на разрешающую способность самой электронно-импульсной камеры. Кроме того этот эффект уменьшает амплитуду импульса и приводит к ухудшению отношения сигнала к шуму первой лампы предусилителя.

Устранение этого эффекта методами, которые описаны в данном отчете, позволило значительно повысить разрешающую способность установки. Полуширина дифференциального спектра α -частиц Po^{210} составляет 60-70 KeV.

Улучшение разрешающей способности установки позволило решить задачу анализа изотопов урана.

В заключение, считаем своим долгом выразить благодарность т.т. Г.Н.Яковлеву, В.Дедову и Г.А.Чистяковой за приготовление мишени урана.

1953

СЕЧЕНИЕ ДЕЛЕНИЯ Pu^{239} НА МОНОХРОМАТИЧЕСКИХ НЕЙТРОНАХ В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ 0,004–50 eV.*

Б.В. Курчатov

Измерение зависимости сечения деления Pu^{239} от энергии нейтронов выполнено на механическом селекторе. В предыдущих отчетах было дано подробное описание этого селектора и методики измерений на нем [1,2,3].

Для измерений сечения деления в 11-ти электродную ионизационную камеру помещалось 5 слоев с окисью плутония. Слои и подкладка, на которой они находились, были прозрачны для прохождения осколков. Общий вес плутония на слоях, которые использовались в камере, составлял 20 мг. Камера наполнялась смесью химически чистого аргона и углекислого газа /90% аргона и 10% углекислого газа/.

Полное давление газов было равным 36см Hg.

Утечка сетки первой лампы предусилителя камеры подбиралась экспериментально по качеству получаемой при этом счетной характеристики для осколков. Наилучшая счетная характеристика была получена для сопротивления утечки 2,3 кΩ. Эта рабочая счетная характеристика приведена на рис.1.

Как видно из рисунка, характеристика имеет значительную рабочую область, где практически отсутствует фон от наложений ионизации α -частиц. Как показывают измерения этот фон на рабочей точке характеристики /80 вольт/ был значительно меньше фона от спонтанного деления Pu^{240} , присутствующего в количестве ~ 1% в изготовленных слоях Pu^{239} . Полный фон от наложений α -частиц и спонтанного деления Pu^{240} составлял меньше, чем 0,5% от минимально измеряемого эффекта на монохроматических нейтронах.

* Совместно с Мостовым В.И. и Зенкевичем В.С. Архив РНЦ "КИ". Ф.1, Оп. Инд, Ед. хр. №494.

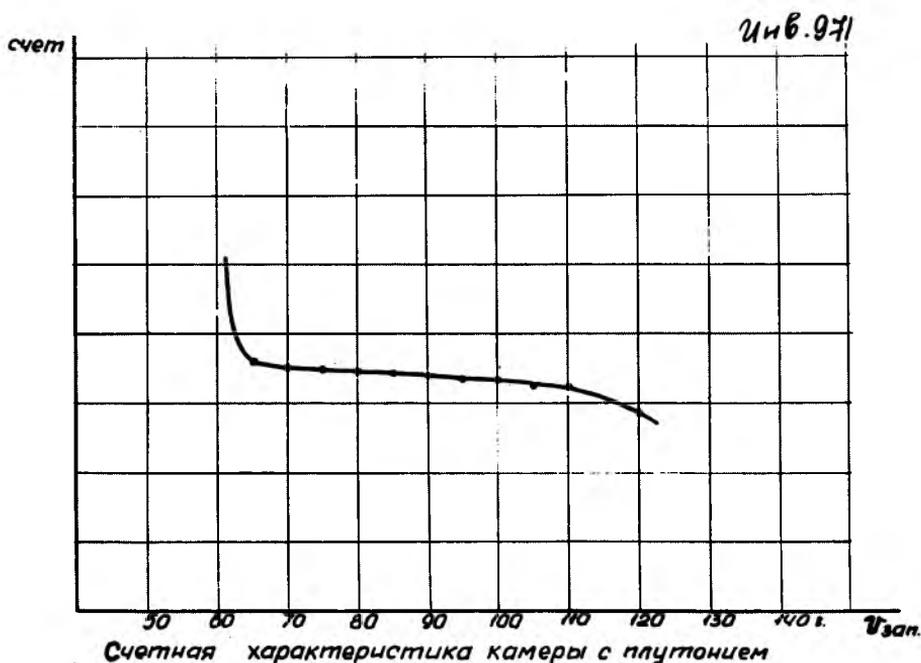


Рис.1.

Вид счетной характеристики показывает, что имеется возможность увеличить эффективность камеры за счет увеличения количества плутония в камере, по видимому, до 50-100мг.

В настоящих измерениях использовано 48 каналов временного анализатора. 24 канала этого анализатора использовались для измерения эффектов от ионизационной камеры, а другие 24 канала – для одновременного измерения соответствующих эффектов на пропорциональном счетчике с VF_3 . Каналы, питаемые от камеры и счетчика и имеющие одинаковые номера, срабатывали одновременно и регистрировали, таким образом, эффекты, обусловленные нейтронами одного и того же пролетного времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений сечения деления Pu^{239} приведены в виде графиков на рис. 2 и рис. 3, где дана зависимость $\nu\sigma_{\text{г}} \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ -барн и $\sigma_{\text{г}}$ барн от энергии нейтронов. Масштаб кривых по оси ординат получен, исходя из значений сечения деления, равного 664 барн для энергии нейтронов 0,025 eV /4/.

Как видно из приведенных графиков резонансные уровни в сечении деления Pu^{239} , проявляются при энергиях: 0,3 eV, 7,6 eV и группа неразрешенных уровней в области 10 eV и в области 50 eV.

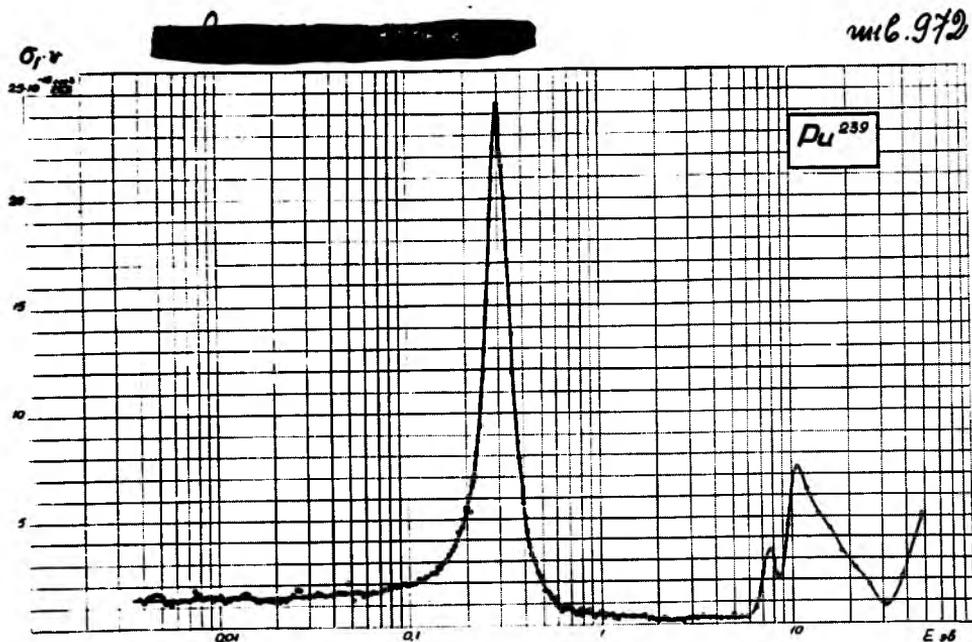


Рис. 2.

Плотность уровней для Pu^{239} в области энергий 0-30 eV меньше, чем плотность уровней в этой области для U^{233} и U^{235} /2/. Такое уменьшение нельзя объяснить за счет неразрешенных уровней при 10 eV.* Плотность уровней для Pu^{239} в области 0-30 eV, повидимому, испытывает сильную статистическую флюктуацию.

* В этом сравнении плотностей уровней мы принимаем во внимание энергии возбуждения и числа частиц промежуточных ядер.

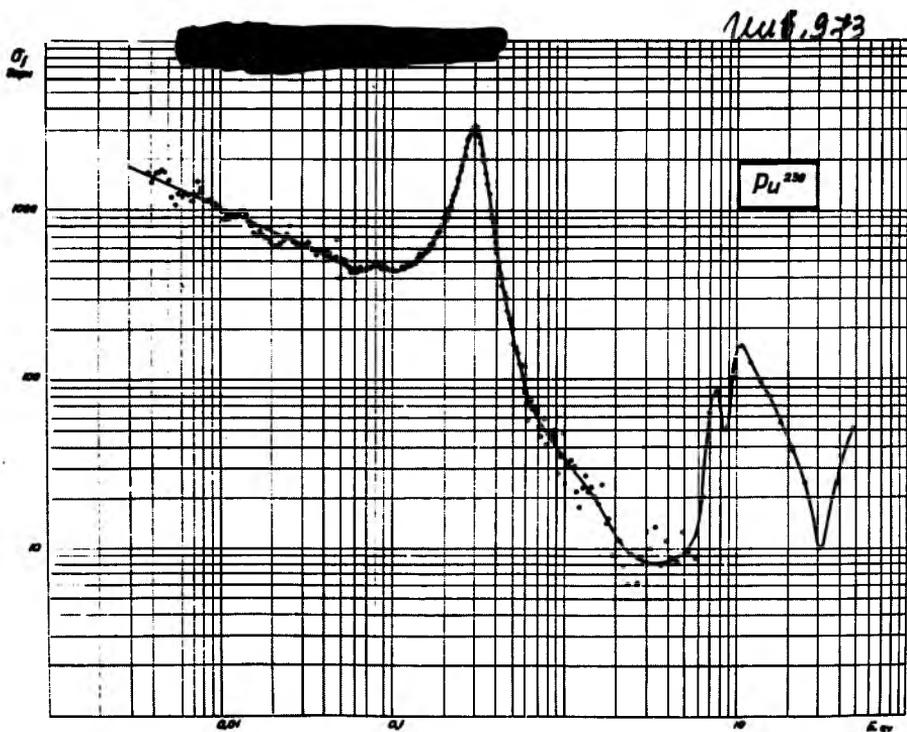


Рис.3.

Наиболее детально нами изучен уровень при 0,3 eV. Разрешающая способность механического селектора в этой области позволяла подробно исследовать контур резонансного уровня. На рис.4 этот уровень приведен отдельно. Сплошная линия, проведенная на рисунке, соответствует резонансной кривой Брейта-Вигнера с параметрами $\sigma_0 = 3130 \cdot 10^{-24}$ барн, $E_0 = 0,298$ eV, $\Gamma = 0,103$ eV, наилучшим образом описывающим экспериментальный ход сечения в резонансе.

В тепловой области сечение деления следует закону $1/V$ который, как отмечалось уже ранее /5/, не объясняется одним уровнем при 0,3 eV. Не могут оказать заметного влияния на ход и величину сечения в тепловой области и уровни, лежащие при больших энергиях, так как они обладают малой силой $/\sigma_0 \Gamma^2/$ и находятся далеко от тепловой области /первый близлежащий уровень $E_0 = 7,6$ eV/.

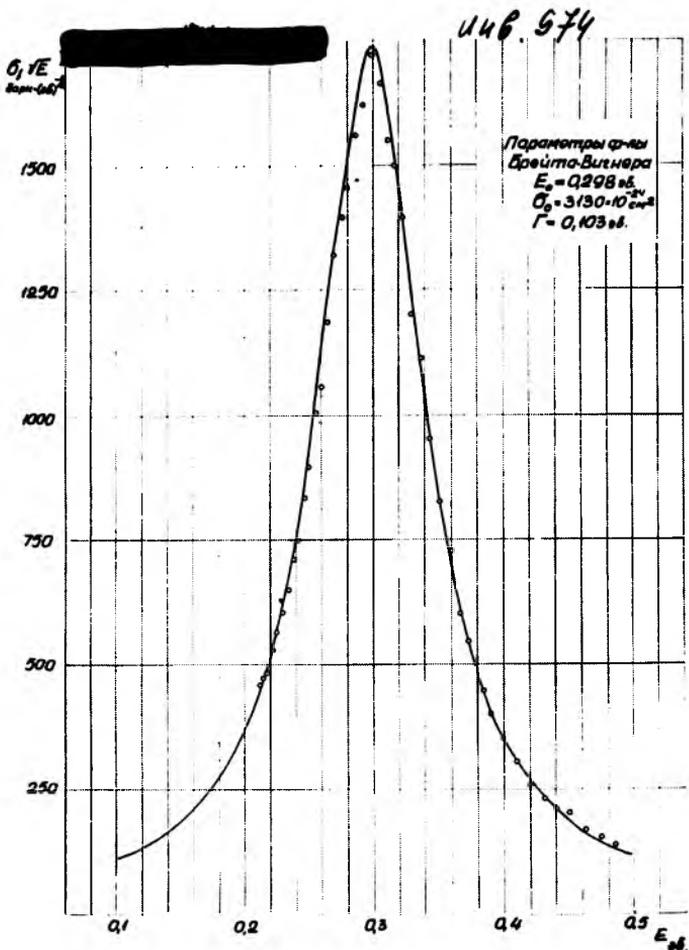


Рис.4.

Естественным является предположение, что на ход сечения в тепловой области влияет уровень, лежащий около нуля энергии нейтронов /вероятно в области отрицательных значений энергии./

Полученная экспериментальная форма резонансной линии при 0,3 eV не отражает истинную Брейт-Вигнеровскую форму для одного уровня. В опыте получается искажение этой формы за счет теплового движения самих делящихся ядер.

В случае, когда атомы изучаемого вещества находятся в газообразном состоянии, учет влияния их теплового движения на форму резонансной линии производится просто. Как известно, тепловое движение атомов приводит к уширению резонансной линии на величину:

$$\Delta = 2 \sqrt{\frac{m}{M} E_0 k T}. \quad (\text{Допплеровское уширение})$$

где: m – масса нейтрона, M – масса захватывающего ядра, E_0 – энергия резонансного уровня, T – температура газа.

Если $\Delta < \Gamma$, то форма резонансной линии при этом остается естественной /Брейт-Вигнеровской/.

Однако в подавляющем большинстве случаев исследуемые вещества используются в виде металлов или их окисей, образующих кристаллическую структуру. Учет теплового движения захватывающих ядер в этом случае значительно сложнее.

Как показывают проведенные в этом направлении теоретические исследования Лемба /6/ форма резонансной линии поглощения нейтронов в кристаллическом веществе существенным образом зависит от характеристичной дебаевской температуры θ вещества, которой определяется спектр звуковых колебаний кристаллической решетки, энергии резонансного уровня E_0 и от температуры кристалла T . Кроме этого для кристаллических структур, состоящих из разнородных атомов /например, окиси/, это искажение будет зависеть также от частоты так называемых оптических колебаний решетки, совершаемых в целом атомами одного сорта относительно атомов другого сорта.

В этой работе, в частности, показано, что резонансные линии поглощения в тяжелых ядрах, лежащие при энергиях ниже 5 eV, могут испытывать сильное искажение из-за кристаллической структуры, если температура кристалла ниже или близка к дебаевской температуре.

Полученная нами экспериментальная форма резонансной линии при $E_0 = 0,3$ eV в области самого резонанса отклоняется от формы линии, даваемой формулой Брейта-Вигнера с одним уровнем. Как видно из рис. 4, это отклонение невелико, однако специально поставленными контрольными опытами оно было подтверждено и величина этого отклонения превышает ошибку измерений.

Возможно, что искажение формы резонансной линии связано с кристаллической структурой окиси плутония. Точно оценить этот эффект в настоящее время мы не имеем возможности из-за отсутствия сведений о характеристической температуре Дебая и спектре оптических колебаний в решетке

PuO_2 . Однако можно утверждать, что уширение линии поглощения в нашем кристаллическом образце не меньше, чем обычное доплеровское уширение в газах

$$\Delta = 2\sqrt{\frac{m}{M}} E_0 kT = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ eV.}$$

В настоящее время нами ведутся работы по изучению этого явления на разных кристаллических структурах с целью обнаружить более четко влияние кристаллического состояния вещества на деформацию резонансной линии поглощения. С этой точки зрения сейчас исследуется резонансный уровень U^{235} при 0,3 eV.

Другим возможным объяснением обнаруженного отклонения экспериментальных точек от кривой Брейта-Вигнера является влияние изотопа Pu^{241} . При этом необходимо предположить, что этот изотоп имеет резонансный уровень тоже при энергии 0,3 eV, а ширина этого уровня в несколько раз меньше, чем ширина уровня Pu^{239} .

Сравнивая результаты нашей работы по сечению деления Pu^{239} с результатами работы М.И. Певзнера и М.К. Романовского /7/ по полному сечению плутония, выполненной на мигающем циклотронном пучке ЛФТИ, мы пришли к выводу, что обнаруженный ими уровень при 1 eV принадлежит изотопу Pu^{240} .

С этой целью было предпринято контрольное измерение полного сечения плутония, содержавшего 8% Pu^{240} . Из 60 мг этой смеси изотопов плутония, представленной нам Г.Н.Яковлевым, был изготовлен образец площадью $S = 1 \text{ см}^2$.

С помощью этого образца по ослаблению пучка нейтронов удалось измерить полное сечение изотопов плутония в области резонанса 0,3 eV и 1,0 eV. Результаты этих измерений приведены на рис. 5.

Нерегулярность экспериментальных точек вдали от резонанса связана с ошибками измерений из-за большого пропускания образца.

В опытах М.И. Певзнера и М.К. Романовского образец плутония содержал около 1,7% Pu^{240} , а полное сечение в резонансе было получено равным 1700 барн. В настоящей работе сечение в резонансе получилось равным 7400 барн, что в пределах ошибки измерения соответствует в 4,7 раза большему содержанию Pu^{240} в нашем образце.

Этот факт, а также отсутствие этого уровня в сечении деления доказывает, что уровень при энергии в 1 eV принадлежит Pu^{240} .

Обращает на себя внимание большая величина полного эффективного сечения в резонансе для $\text{Pu}^{239} / \sigma_0 = 92500 \text{ барн.}$ Принимая во внимание, что из-за недостаточной разрешающей способности в этой области энергий получена

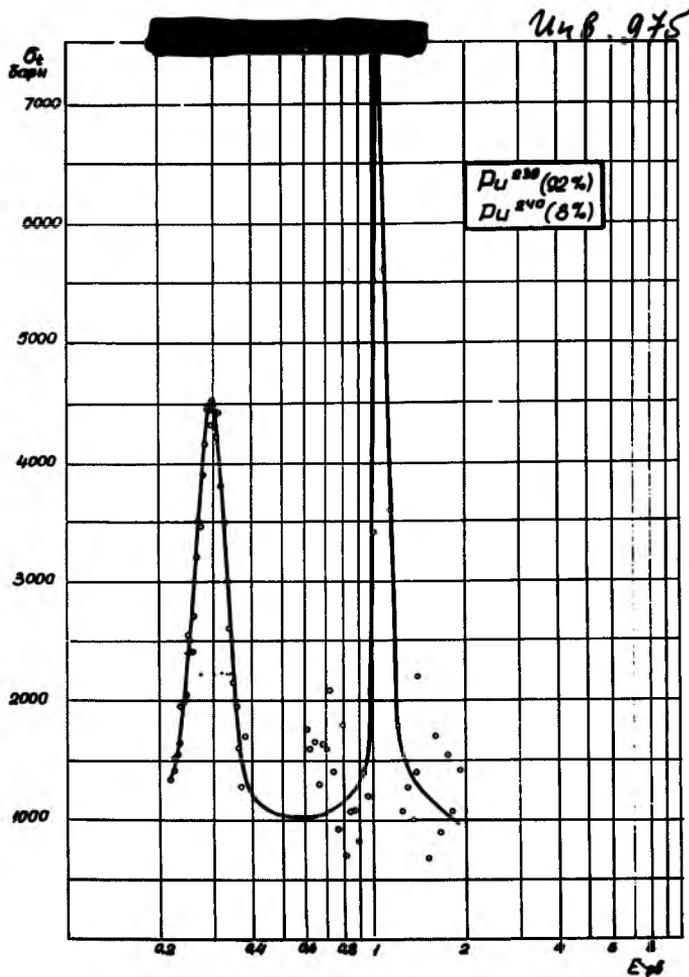


Рис.5.

только нижняя граница для σ_0 , следует полагать, что полное сечение в резонансе близко к своему максимальному значению

$$2\pi\lambda^2 = 1,34 \cdot 10^6 \text{ барн}^*$$

* Здесь мы предполагаем, что $\Gamma_\gamma = \Gamma_n$. В этом случае сечение радиационного захвата имеет максимальную величину $\pi\lambda^2$, а полное сечение $2\pi\lambda^2$. Если уровень чисто рассеивательный, тогда максимальное сечение в резонансе равно $4\pi\lambda^2$. Однако уровень при 1 eV, судя по радиационным свойствам Pu^{240} в тепловой области, не является чисто рассеивательным. Здесь также принято, что $i=0$ для Pu^{240} .

Оценим нейтронную ширину для этого уровня. Предположим, что радиационная ширина Γ_γ этого уровня такая же, как и радиационная ширина уровня Pu^{240} при 0,3 eV. Тогда из работ, выполненных ранее /5/, следует, что $\Gamma_\gamma = 0,05 \text{ eV}$. Из выражения для максимального значения сечения в резонансе находим

$$\Gamma_n = \frac{\sigma_0 \Gamma_\gamma}{4\pi\lambda^2} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ eV}.$$

Уровень при 1 eV, повидимому, объясняет величину сечения радиационного захвата Pu^{240} в тепловой области.

Используя приведенное выше значение для радиационной ширины Γ_γ получим, что сечение радиационного захвата в тепловой области для Pu^{240} , обусловленное уровнем при 1eV, будет больше 350 барн.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.И.Певзнер, А.П.Цитович, В.И.Мостовой – отчет инв.№ 679.
2. В.И.Мостовой, В.С. Зенкевич-отчет инв.№ 2916.
3. А.П.Цитович – отчет № 4. Can. Journ. of Phys. 30, 624 /1952г/.
5. В.И.Мостовой – диссертация инв.№ 1925.
6. Phys. Rev. 55, 190 /1939/.
7. М.И.Певзнер, М.К.Романовский – отчет № инв. 2869

1953

СЧЕТЧИК ДЛЯ АБСОЛЮТНОГО СЧЕТА ИОНИЗУЮЩИХ ЧАСТИЦ*

Б. В. Курчатов

АННОТАЦИЯ

В работе подробно описана методика абсолютного счета ионизирующих частиц 4π-счетчиком, работающим в области ограниченной пропорциональности. Приведен расчет поправок на поглощение в подложке. Обращено внимание на трудности, возникающие при накоплении в препарате радиоактивного дочернего продукта, а также на трудности работы с мягкими β-лучами.

Исследованы радиоактивные препараты Mo^{99} , RaE , Co^{60} , P^{32} .

ВВЕДЕНИЕ

Описываемый прибор сконструирован для определения абсолютного выхода продуктов некоторых ядерных реакций. Однако предлагаемая методика может быть использована для широкого круга задач абсолютного счета и представляет поэтому самостоятельный интерес.

Расчет установки производился для счета β-частиц, как для наиболее трудного случая.

При определении абсолютного числа β-частиц, излучаемых радиоактивным препаратом, должен быть выбран детектор, регистрирующий, во-первых, все электроны, испускаемые источником, и не дающий, во-вторых, ложных отсчетов, завышающих результаты измерений.

Поэтому счетчик Гейгера-Мюллера, несмотря на все удобство работы с ним, мало пригоден для решения данной задачи. Применение гасящих радиосхем, устраняющих ложные отсчеты, ограничивает разрешающую

* Совместно с С.А.Барановым и Р.М.Полевым

способность счетчика и приводит к ряду добавочных поправок, изменяющихся в зависимости от скорости счета.

Кроме того при работе со счетчиками Гейгера-Мюллера необходимо избегать так называемой “электростатической тени”, т.е. участков в рабочем объеме счетчика с напряженностью поля, равной нулю. Это накладывает определенные условия на конструкцию счетчика и весьма трудно выполнимо при монтаже источника внутри рабочего объема.

Применение сцинтилляционных счетчиков для задач абсолютного счета также обладает рядом недостатков. Сюда относятся, прежде всего, сложность приготовления источника и высокий уровень шумов фотоумножителя, вызывающий необходимость охлаждения ФЭУ.

Кроме того энергетический порог чувствительности ФЭУ достаточно высок, что приводит к большим ошибкам при работе с очень мягкими β -лучами.

4 π -счетчик, работающий в области ограниченной пропорциональности позволяет разумно сочетать достоинства гейгеровского и сцинтилляционного методов /низкий энергетический порог, большие скорости счета/, устранив их недостатки.

Прибор прост и надежен в работе, допускает смену мишеней в течение пяти минут, работает без просчетов при нагрузках до 1000 импульсов в секунду.

§ 1. Конструкция счетчика и приготовление источника

В основу прибора положена одна из конструкций, предложенных в работе, где счетчик состоит из двух латунных полуцилиндров, каждый из которых представляет из себя отдельный счетчик. Полуцилиндры разделены тонкой /0,2 мм/ латунной диафрагмой с отверстием в центре. На это отверстие помещается тонкая органическая пленка /2-3 мг/см²/, на которую наносится радиоактивное вещество.

При приготовлении источника необходимо учитывать следующие требования:

1. Источник не должен изменять геометрию счетчика.
2. Источник не должен существенно исказить поле внутри счетчика.

Первое условие сводится к требованию, чтобы источник был плоским, а держатель его по возможности тонким. Второе условие выполняется при малом диаметре держателя. Этим условиям удовлетворяет описанная ниже конструкция источника.

Держатель представляет собой алюминиевую пластинку размером 40x40 мм и толщиной 100 μ с отверстием в центре, диаметром 15 мм. На эту пластинку

наклеивается алюминиевая фольга, толщиной 20-25 μ , с отверстием по середине диаметром 6-7 мм. Пластика покрывается пленкой коллодия с плотностью 2-3 $\mu^2/\text{см}^2$. Капля радиоактивного раствора наносится в центр пленки и выпаривается сушильной лампой. Такая конструкция позволяет довести эффективный телесный угол до 99,8%.

§ 2. Расчет и проверка установки

Для наполнения счетчика использовался технический метан. Наполнение метаном позволяет получить газовое усиление $\sim 10^4$ с хорошей стабильностью коэффициента газового усиления. Прибавление аргона снижает рабочее напряжение, но приводит к более сильной зависимости коэффициента газового усиления от напряжения на счетчике, т.е. к уменьшению стабильности работы счетчика. Для увеличения стабильности ряд авторов применяет проточный метан с постоянной очисткой.

Это оправдывает себя при длительных измерениях в работе с малыми активностями.

В наши задачи не входило проведение подобных измерений, хотя возможность подключения к счетчику очистительной системы предусмотрена.

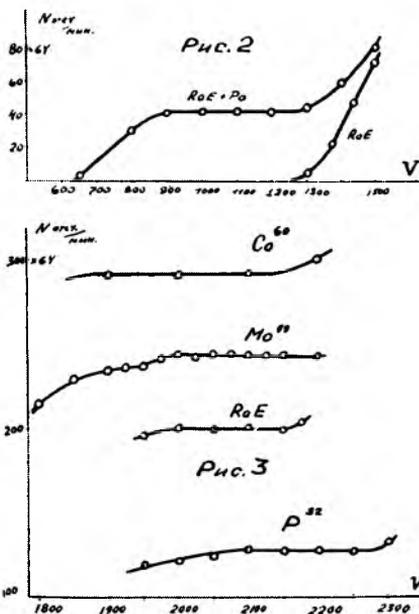
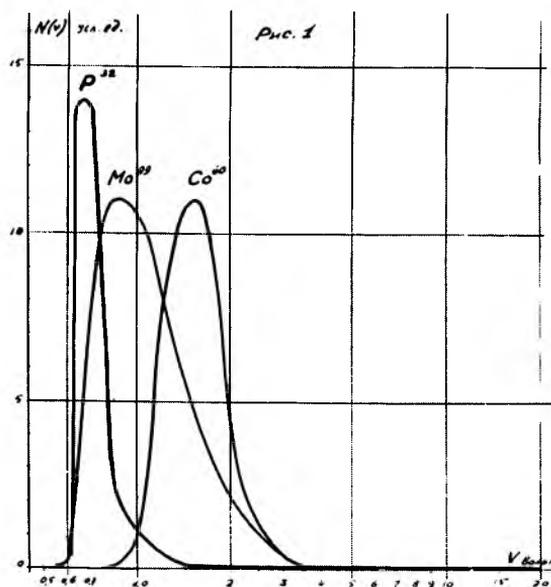
Импульсы напряжения, возникающие на счетчике, усиливались и подавались на пересчет ПС-64.

При конструировании радиотехнической системы необходимо было знать спектр амплитуд импульсов, идущих со счетчика /максимальный пробег электронов из источника в газе, наполняющем счетчик, равен 53 мм; давление метана – 100 мм Hg/. Анализ явлений в счетчике приводит к следующим результатам.

Максимальный импульс, поступающий со счетчика на вход усилителя, при данном наполнении и данной геометрии соответствует энергии электрона 16-20 keV. Такой электрон образует в газе 600-700 пар ионов. Электроны меньшей энергии, очевидно, будут давать импульсы с меньшей амплитудой. Электроны больших энергий также будут давать импульсы с меньшей амплитудой в силу того, что они расходуют на ионизацию в газе только часть своей энергии. Практически все электроны с энергией, большей 500 keV, образуют в объеме счетчика 25-30 пар ионов.

Качественно распределение импульсов по амплитудам представлено на рис./1/. В основу положен β -спектр Mo^{99} с верхней границей 1,25 MeV и P^{32} с верхней границей 1,8 MeV.

Таким образом, радиосхема должна усиливать и регистрировать импульсы с разбросом по амплитуде $\eta = \frac{A_{\max}}{A_{\min}}$ в несколько десятков раз при заданном коэффициенте газового усиления. Для того, чтобы система счетчик-радиосхема имела плато на графике зависимости скорости счета от напряжения на счетчике, величина η должна быть выбрана значительно большей. Для наших условий $P=100$ мм Hg, CH_4 / необходимо взять $\eta \sim 500$, чтобы получить плато ~ 200 V с общим наклоном $< 1,6$ на 100 V (рис. 3). Величина η накладывает определенные условия на переходные цепочки усилителя и режим работы последнего каскада.



Величина коэффициента газового усиления k определялась следующими соображениями.

1. Эта величина должна быть достаточной, чтобы обеспечить хорошее соотношение между амплитудой минимального сигнала на входе усилителя и k амплитудным значениям шумов первой лампы.
2. Величина k должна быть не больше некоторой критической величины, чтобы счетчик работал в области, достаточно далекой от области самостоятельного разряда.

Для проверки работы всей системы исследовался хорошо известный процесс накопления Po из RaE . Проверка велась с целью выяснить, регистрируются ли в счетчике высокоэнергетические β -частицы, образующие в счетчике не более 30 пар ионов. Долей малоэнергетических β -частиц, дающих ту же ионизацию, можно пренебречь. Эффективность счетчика для α -частиц принималась равной 100%.

Плато в области α -счета /пропорциональная область/ равно 350–400 вольт /см. рис. 2/. Это позволяет надежно отделить импульсы, вызванные α -частицами от импульсов, обусловленных электронами. Степень загрязнения RaE полонием каждый раз проверялась и учитывалась при обработке результатов.

Полученные данные дают основание считать, что предлагаемая аппаратура обеспечивает абсолютный счет β -частиц.

Следует отметить, что γ -лучи и электроны конверсии, сопровождающие β -распад, регистрируются одновременно с электронами основного распада и поэтому не вносят ошибок в абсолютный β -счет.

§ 3. Учет поглощения в пленке

При работе с тонкими коллодиевыми пленками, поглощение β -частиц в самой пленке несущественно, особенно для β -спектров с высокой верхней границей. Например, при работе с препаратами RaE /верхняя граница β -спектра 1,01 MeV/ поглощение вообще не наблюдалось. При работе с более толстыми подложками /10–15 мг/см²/ и спектрами с малой граничной энергией β -частиц поглощение может доходить до 3–5% от общего числа β -частиц. Вопрос этот исследовался достаточно подробно. Авторы указанной работы дают следующую формулу для учета поглощения:

$$N_{\text{полное}} = \frac{N_o}{1 - \frac{\tau}{2}}, \quad /1/$$

N_o — наблюдаемое число отсчетов. Величина τ с хорошей точностью дается выражением

$$\tau = \frac{2(N_s - N_n)}{N_o}, \quad /2/$$

N_s — число отсчетов в той половине счетчика, к которой обращен радиоактивный слой; N_n — число отсчетов в другой половине. Обычно радиоактивный слой обращен к верхней половине счетчика. Формула для τ выведена из простых предположений о форме энергетического спектра и тщательно проверялась экспериментально.

При работе с мягким β -излучением возникает еще одна трудность. В процессе работы счетчика пленка, на которой нанесен радиоактивный источник, заряжается за счет попадания на нее положительных ионов, возникающих при ионизации газа в счетчике. Накопление заряда продолжается до тех пор, пока потенциал пленки не станет равным потенциалу нити. В нашем случае пленка заряжалась до 2,1 keV. Следовательно, те электроны, энергия которых меньше 2,1 keV, в объем счетчика не попадут и не зарегистрируются. Число этих электронов пренебрежимо мало по сравнению с общим числом, если граница β -спектра достаточно высока. Для мягких β -лучей поправка на эффект электризации становится существенной. В этих случаях пленку необходимо металлизировать. Наиболее пригоден для этой цели алюминий /0,5-0,2 мг/см²/. Проверка эффекта электризации проводилась по конверсионному пику изотопа Tc⁹⁹ с энергией 1,6-1,8 keV [8].

Для целей калибровки других счетных установок, кроме Mo⁹⁹, были изменены также абсолютные активности препаратов Ba¹⁴⁰, Co⁶⁰, RaE, P³². Сравнение результатов измерения полученных с нашей аппаратурой с независимыми опытами А.А.Березина, выполненными с ионизационной камерой для абсолютного счета α -частиц, показало хорошее согласие между этими данными.

В настоящее время ведется работа по градуировке имеющегося у нас миниатюрного β -спектрометра. Сочетание этого метода с описанной аппаратурой для абсолютного счета заряженных частиц позволит осуществить даже в некоторых сложных случаях анализ радиоактивных смесей.

В заключение считаем приятным долгом выразить благодарность К.Н.Шлягину за предоставление данных по β -спектрам Ba¹⁴⁰ и Mo⁹⁹, а также Л.Н.Курчатовой за большую помощь в работе.

1955

О ПОЛУЧЕНИИ СОЕДИНЕНИЙ ПЛУТОНИЯ СВОБОДНЫХ ОТ ВЕЩЕСТВА НОСИТЕЛЯ*

Б. В. Курчатov

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа по выделению чистых соединений продукта Pu была нами предпринята в связи с возможностью выделения из урана, облученного на установке "К", весомых количеств Pu, измеряемых несколькими микрограммами.

Эти количества позволяют при помощи методов ультрамикрoхимии, отделив Pu от носителя, получить и исследовать некоторые характерные соединения Pu.

Из данных, опубликованных по этому вопросу в американской печати**, представляют интерес следующие факты.

Впервые химически чистое соединение Pu весом 2,77 мг было получено в августе 1942 г. Кэннингемом и Вернером в виде золотисто-желтого покрытия на платиновой лопатке. Позднее *Cunningham, Werner, Latimer, Wahl, Hamaker, Sheline, Connick* установили для Pu состояния окисления равные 3, 4, 5 и 6. Интересно заметить, что соединения 3-х валентного Pu, в отличие от урана, оказались весьма устойчивыми.

Большинство данных по химии Pu американскими авторами были получены на количествах Pu, измеряемых микрограммами. Это было достигнуто в результате разработки новой методики исследования при работе с ничтожно малыми количествами веществ — методики ультрамикрoхимии. Последняя

* Совместно с Яковлевым Г. Н. Хранится в архиве (Ф. №1, Оп. №1-нд, Ед. хр. №66)

** Необходимо упомянуть следующие работы *J. T. Seaborg*:

1. Chemical and Engineering News. Vol. 24, 1142, May 1946;
2. Science. Vol. 104, № 2704, October 1946.

включает в себя объемный анализ с измерением объемов до 0,0001 мл. и весовой анализ с точностью взвешивания до 0,02 мг.

Эксперименты с такими малыми объемами требуют применения микроманипулятора и бинокулярного микроскопа. Основные черты применяемой при этом методики описаны в вышеуказанных работах Сиборга.

В настоящем отчете описаны два опыта по концентрированию и выделению Pu.

Первый опыт проводился нами в марте-апреле, второй в июне-августе 1947 г. Каждый опыт может быть разделен на две части:

1. Выделение Pu из облученной окиси урана и получение концентрата Pu с лантаном.
2. Концентрирование Pu и получение чистых соединений Pu методами микрохимии и ультрамикрохимии.

В первом опыте нами было выделено 6,1 мг Pu. Для второго опыта была взята другая порция окиси урана, которая была облучена значительно более длительно и интенсивно; из нее выделено 17,3 мг Pu.

Выделение Pu производилось в обоих опытах из 5 кг. облученной окиси урана, причем в первом опыте выделение осуществлялось марганцово-сульфатным методом, во втором опыте — ацетатно-сульфатным методом.

В связи с тем, что эта часть опытов представляет из себя по сути дела проверку этих методов в укрупненно-лабораторном масштабе и в этом отношении имеет самодовлеющий интерес, она описана отдельно в разделах 2 и 3.

Концентрирование Pu нами осуществлялось лантан-сульфатным методом, разработанным в Лаборатории АН СССР в 1944-47 гг. Сущность способа состоит в сбросе лантана в виде двойного сульфата с калием в окислительной среде и осаждении Pu с меньшим количеством лантана в виде двойного сульфата с калием в восстановительной среде.

Таким образом, за один восстановительно-окислительный цикл достигается уменьшение количества носителя-лантана в 10-15 раз, и продукт Pu путем повторения окислительно-восстановительных циклов, с уменьшением объема раствора, концентрируется на все меньших количествах носителя.

Данный метод позволяет концентрировать и выделить чистые соединения Pu с ничтожнейшими потерями Pu по всему ходу эксперимента и в этом отношении является лучшим методом в лабораторных исследованиях.

Уменьшая количество носителя объем раствора необходимо сжать до такой степени, чтобы можно было количественно осаждавать Pu. Для количества Pu порядка 5-20 мг объем раствора для осаждения Pu должен быть порядка 10^{-4} - 10^{-3} мл.

Отделение Pu от лантана нами производилось посредством осаждения Pu перекисью водорода. По аналогии с другими элементами, осаждающимися перекисью водорода /Th, Zr/, от этой реакции можно ожидать хороших результатов. Объемы растворов при работе с чистыми соединениями Pu были порядка нескольких тысячных-десятитысячных миллилитра. Манипуляции с такими объемами представляют значительную трудность и требуют соблюдения особой чистоты и аккуратности в работе, они производились под бинокулярным микроскопом и при малых объемах с применением микроманипулятора.

Для измерения объемов служили микропипетки с диаметром капилляра 0,1-0,2 мм и делениями до 0,0001 мл. Растворы находились в конических пробирках объемом 0,05-0,2 мл с внутренней полостью в виде капилляра диаметром 0,3-0,5 мм. В ходе работы пробирка сверху для предохранения от попадания пыли закрывалась алюминиевой фольгой, которая снималась с пробирки только в момент выполнения операций. Эта предосторожность позволяла в одной и той же пробирке производить значительное количество операций без загрязнения внутреннего капилляра. В целях предотвращения от загрязнения препарата ураном основные опыты по концентрированию и опыты с чистыми соединениями продукта Pu велись в специальной комнате.

В разделе о лантан-сульфатном методе концентрирования Pu описаны результаты, полученные нами при проверке этого метода на весомых концентрациях продукта Pu в микромасштабе, а также систематизирован ряд данных, имеющих интерес в связи с полученными результатами.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ. Выделение 6,1 мг продукта Pu в виде концентрата марганцово-сульфатным методом

В этом опыте обработка облученного препарата урана производилась по методу, разработанному И.С.Морозовым и нами в 1946 г.¹ Сущность метода состоит в сорбции четырехвалентного Pu порошкообразной двуокисью марганца из слабокислого 20% раствора урана-нитрата, десорбции Pu и последующей очистки Pu в лантан-сульфатных восстановительно-окислительных циклах. Данный метод, как нами было показано, обеспечивал высокий выход Pu — порядка 90-93%.

¹ Б.В.Курчатov, И.С.Морозов и Г.Н.Яковлев. Марганцово-сульфатный метод получения и очистки Pu. 1946 год.

Для опыта было взято 5133 г облученной окиси А-9, из которой растворением в HNO_3 было получено 9543г шестиводного урана-нитрата.

Из полученного урана-нитрата было приготовлено 19 литров 50% раствора, к которому для восстановления Pu было прибавлено 2 литра 10% раствора SO_2 уд.веса 1,05, после чего SO_2 был удален нагреванием раствора при температуре 90-95° в течении 6-8 часов. При нагревании раствора возможно происходит дальнейшее восстановление Pu до 3-х валентного состояния, в котором он, по аналогии с трехвалентными редкими землями, будет сорбироваться двуокисью марганца значительно менее, чем в четырехвалентном состоянии.

Чтобы устранить возможные при этом потери Pu через раствор продувался воздух в течении 10 часов, чем достигалось окисление 3-х валентного Pu.

Раствор был перелит в фарфоровый котел емкостью до 50 литров, разбавлен водой до 47,7 литра и нейтрализован бикарбонатом натрия до $\text{pH} = 3,2$, после чего он был готов для сорбции.

В предыдущем нашем отчете указывалось, что сорбция двуокисью марганца из 20% водного раствора урана-нитрата должна проводиться дважды из расчета при каждой сорбции 100 г. MnO_2 на 1 кг. металлического урана. Извлечение Pu на каждую сорбцию составляет 75-80%, то есть потери Pu после двух сорбций составляют 4-6%.

В этом опыте главной задачей было сократить на всех этапах работы потери Pu до минимума, в связи с чем количество MnO_2 , необходимое для сорбции, нами было увеличено. Как было указано, сорбция проводилась в фарфоровом котле емкостью в 50 литров, для чего с интервалом 30 минут было прибавлено при помешивании три раза по 500г. электролитической двуокиси марганца, отделение сорбента после каждой порции не производилось. Перемешивание раствора осуществлялось мешалкой, приводимой в движение электрическим мотором.

Отделение сорбента от раствора производилось на воронке Бюхнера, раствор из котла подавался сифоном. После отделения от раствора сорбент был промыт 3 литрами воды.

Десорбция производилась на воронке Бюхнера обработкой сорбента 15 литрами 3N H_2SO_4 , при $t^\circ = 80-90^\circ\text{C}$, при этом потери Pu составляли не более 1%.

Получаемый после десорбции раствор содержит до 2-3% урана-нитрата и значительное количество сульфата марганца. Горячий раствор был насыщен SO_2 из баллона и к нему было добавлено 375 мл 4% раствора нитрата лантана. Полученный раствор был нейтрализован добавлением 50% раствора КОН до насыщения раствора сульфатом калия, после чего был оставлен на ночь.

Образовавшийся при этом осадок двойного сульфата калия и лантана с захваченным им Pu был отделен от раствора на воронке Бюхнера. В растворе добавлением второй порции 375 мл 4% раствора нитрата лантана было проведено повторное осаждение двойного сульфата, отделение его от раствора проводилось на том же фильтре, на котором производилось первое отделение. Осадки двойных сульфатов калия и лантана были промыты 200 мл насыщенного раствора сульфата калия.

Этим осаждением достигается весьма удовлетворительное отделение лантана с Pu от урана, но в то же время полученный осадок двойных сульфатов калия и лантана содержит значительное количество марганца, присутствие которого мешает проведению дальнейшего этапа выделения Pu, связанного с окислением его до шестивалентного состояния, вследствие выпадения из раствора марганцоватистой кислоты. Поэтому мы производили в восстановительной среде переосаждение двойного сульфата калия и лантана.

Осадок двойного сульфата перенесен с фильтра в стакан и растворен в 8 литрах 1N HNO₃ из полученного раствора лантан в виде гидрата был осажден 20% раствором KOH, после чего гидрат окиси был отделен на центрифуге, промыт водой и растворен в 2 литрах 2N HNO₃.

Полученный раствор был насыщен SO₂ и K₂SO₄, через 10-12 часов осадок двойного сульфата лантана и калия отделен от раствора на центрифуге. Осадок двойного сульфата растворен в 8 листах 1N HNO₃, лантан осажден 20% раствором KOH в виде гидроокиси, которая была промыта водой и растворена в 1,5 литрах 2N HNO₃.

Для окисления Pu до 6-ти валентного состояния в качестве окислителя нами применялся персульфат аммония с нитратом серебра из расчета 1 г. персульфата аммония и 0,1 г нитрата серебра на 100 мл раствора. В соответствии с этим к раствору прибавлено 15 г. (NH₄)₂S₂O₈ и 15мл 10% раствора AgNO₃, через 1 час после побурения раствора окисление было закончено. Наличие следов марганцовой кислоты предавало раствору красно-фиолетовый цвет.

После окисления раствор был насыщен K₂SO₄ и через 2-3 часа серебро осаждено KCl в виде хлористого серебра. Осадки двойных сульфатов и хлорида серебра были отделены на центрифуге и промыты 200 мл. насыщенного раствора K₂SO₄ с добавлением небольшого количества KCl.

Промывной раствор присоединен к основному и нагреванием на водяной бане в течение 1 часа персульфат аммония был разложен, после чего горячий раствор насыщен SO₂. Через один час к раствору прибавлено 37 мл 4% раствора нитрата лантана и через 2 часа осадок двойного сульфата был отделен от раствора на центрифуге, а в растворе было проведено повторное

осаждение двойного сульфата калия и лантана прибавлением 37 мл 4% нитрата лантана. Осадки двойного сульфата промыты 40 мл насыщенного раствора сульфата калия.

Дальнейшая обработка осадка проводилась точно теми же методами, как в предыдущих циклах, и состояла из одного окислительно-восстановительного цикла.

Объем раствора в окислительной среде составлял 120 мл. Объем раствора в восстановительной среде составлял 125 мл. Осаждение двойного сульфата из восстановительной среды проводилось дважды, в результате Pu был концентрирован на 0,24 г. шестиводного нитрата лантана. Последний был растворен в 10 мл 2N HNO₃ и от раствора была взята аликвотная часть, которая наносилась на платиновую мишень и прокаливалась для определения количества Pu.

Это дало возможность определить количество Pu во всем растворе концентрата.

Ниже приводятся полученные результаты при коэффициенте счета по эталону 117_γ уран = 61,8 имп/мин.

От раствора взята 1/1475 часть, α-активность которой составляла 206 импульсов в минуту, что определяет α-активность Pu во всем растворе, равную 206·1475=304000 имп/мин.

Считая, что 1 грамм урана (A-9_I + A-9_{II}) дает 2,37·10⁴ α-частиц в секунду /H.Jeiger u E.Rutherford/ и не вводя в расчет α-активности продуктов распада урана, мы определяем количество α-частиц, испускаемых эталоном 117_γ урана равным

$$\frac{2.37 \cdot 10^4 \cdot 117 \cdot 60}{10^6} = 168 \text{ } \alpha\text{-частиц в минуту.}$$

Количество α-распадов Pu равно –

$$\frac{3.04 \cdot 10^5 \cdot 168}{61.8} = 825000 \text{ } \alpha\text{-распадов в минуту.}$$

Отсюда мы можем определить весовое содержание Pu в концентрате.

Считая $N_0 = \frac{NT}{0,693}$, где N_0 – количество имеющихся атомов, N – количество распадающихся атомов в един.времени,

и принимая $T_z = 24,5 \cdot 10^3$ лет. – $12,9 \cdot 10^9$ минут,

$$\text{получаем} = \frac{8,25 \cdot 10^5 \cdot 12,9 \cdot 10^9}{0,693} = 15,4 \cdot 10^{15} \text{ атомов Pu.}$$

Откуда весовое количество Pu равно:

$$\frac{15,4 \cdot 10^{15} \cdot 239}{6,02 \cdot 10^{25}} = 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ г. или } 6,1 \text{ мкг, считая по элементарному Pu.}$$

Полученный концентрат послужил основой для первого опыта по выделению соединений Pu, свободных от носителя. Ход выделения и полученные при этом результаты описаны в разделе четвертом.

Одновременно с выделением Pu по марганцово-сульфатному варианту нами получены данные по ходу распределения суммарной активности осколков на различных этапах схемы. Они приведены в таблице 1.

Необходимо отметить, как видно из этой таблицы, что MnO_2 увлекает с собой большую часть осколков, особенно γ -излучателей. При этом захват этих осколков может происходить даже в сильноокислой среде.

ВТОРОЙ ОПЫТ. Выделение 17,3 мг Pu в виде концентрата ацетатно-сульфатным методом

В данном опыте помимо выделения Pu мы ставим перед собой цель установить характерные показатели при применении лантан-сульфатного метода выделения Pu в комбинации с ацетатным методом.

Для опыта было взято 4892 грамма облученной окиси урана, она была облучена значительно более длительно и интенсивно чем окись урана взятая для первого опыта.

По своим масштабам опыт требовал реактора на 100 литров раствора. Ввиду того, что в нашем распоряжении не имелось посуды емкостью более 50 литров, мы были вынуждены взятую для опыта окись урана переработать двумя порциями.

Переработка препарата урана состояла в однократном осаждении диацетата в окислительной среде, растворении осадка, отделении основной массы урана от Pu в виде урана диацетата в восстановительной среде, осаждении Pu с остатками урана из раствора щелочью, растворении осадка и переработки полученного раствора в двух лантан-сульфатных окислительно-восстановительных циклах после чего определялось содержание Pu в лантановом препарате.

Во второй порции ход опыта был такой же, как в первой за исключением того, что осаждение урана с Pu в окислительной среде не проводилось и опыт начинался прямо с отделения урана от Z в виде диацетата в восстановительной среде. Необходимо указать, что в обеих порциях отделение осадка натрий урана ацетата нами производилось на фильтре, а не декантацией.

Таблица 1

Распределение активности осколков на различных этапах марганцево-сульфатного варианта выделения Pu /в опыте № 1/

№ пп	Растворы или осадки, в которых измерялась активность.	β -активность имп/мин.	γ -активность имп/мин.	% от исходн. активности		Примечание
				β	γ	
1.	Исходный раствор до сорбции	$30,4 \cdot 10^9$	$88,0 \cdot 10^7$	100	100	1. MnO_2 увлекает 88% суммарной активности осколков.
2.	Тот же раствор после сорбции	$3,68 \cdot 10^9$	$10,4 \cdot 10^7$	12,1%	11,8%	2. 66,7% β -активности и 94% γ -активн. остается с MnO_2 после обработки 3N H_2SO_4
3.	Серно-кислотный раствор после десорбции	$8,90 \cdot 10^9$	$45,8 \cdot 10^6$	29,3%	5,2%	3. Осадок двойного сульфата K и La растворен, активность раствора указана в пункте 5.
4.	Серно-кислотный раствор от десорбции после осаждения из него двойного сульфата K и La в 1-ой восстановит. среде	$11,2 \cdot 10^8$	$28,8 \cdot 10^6$	3,36%	3,28%	4. Коэффициент очистки за один окислительно-восстановит. цикл составляет: по β -активности – 15, по γ -активности – 37,
5.	Раствор нитратов La и Z перед первым окислением	$74,9 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^6$	24,7%	2,23%	
6.	Раств. после осаждения двойн. сульфата в 1-ой окислительн.среде	$5,55 \cdot 10^8$	$5,54 \cdot 10^6$	1,83%	0,63%	
7.	Раст.после осаждения двойн.сульфата во 2-ой восст.среде	$5,26 \cdot 10^7$	$5,04 \cdot 10^6$	0,17%	0,57%	
8.	Осадок двойн. сульфата во 2-ой восстанов.среде	$5,02 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^5$	1,66%	0,06%	

Ниже приводятся результаты, полученные при переработке 1 и 2 порции, которые в дальнейшем именуется как опыты 2^а и 2^б.

ОПЫТ 2^а

Для опыта было взято 2657,5 г облученной двуокиси урана, из нее после растворения в азотной кислоте было получено 3873,5 г. безводного нитрата урана. Количество избыточной HNO₃ было определено равным 163 г.

Раствор для осаждения был составлен из расчета:

Уран-нитрата безводного	19%	3873,5 г.
Азотной кислоты безводной	7%	1426,6 г или 1694,7 мл 61% HNO ₃
Бихромата калия	1%	203,8 г.
Воды	73%	14877 мл

Объем раствора составлял 15922 мл. Реактором служил фарфоровый котел емкостью 50 литров.

Окисление Pu производилось нагреванием раствора при t°=92°C в течение одного часа. Нагревание осуществлялось двумя кварцевыми трубками с нихромовой спиралью. По окончании нагревания окислительный потенциал раствора по отношению к каломельному электроду составил +1,02 V. Для предотвращения падения потенциала при осаждении диацетата к раствору было прибавлено 100 г персульфата аммония.

Через 5 часов после окисления к раствору было прибавлено 29560 мл осадителя, приготовленного из расчета:

ацетата натрия безводного	21%
натрия азотнокислого	20%
воды	59%

Ацетат натрия, примененный нами для данного опыта, был обработан кипячением с Вг и перекристаллизован. Он не содержал восстанавливающих примесей.

Приливание осадителя осуществлялось со скоростью 1 литр в минуту, т.е. вся операция занимала 30 минут.

Окислительный потенциал раствора после осаждения составил по отношению к каломельному электроду + 0,67 V. Потери Pu в первом декантате определены в 0,3%.

Отделение осадка производилось на фильтре в воронке Бюхнера, через 12 часов после начала осаждения. Жидкость с осадком из котла подавалась на фильтр сифоном. После отделения осадок на фильтре промыт 6 литрами промывного раствора состава: 130 г безводного ацетата натрия и 31,5 г. безводной HNO_3 в литре раствора. По окончании промывки осадок диацетата снят с фильтра и растворен в 2212 мл 61% HNO_3 уд.веса 1,37. К полученному раствору прибавлено:

Азотной кислоты 61%	1695 мл.
Раствора SO_2 10%, уд.веса 1,05	8000 мл.
Воды до	15922 мл.

после чего раствор был перелит в фарфоровый котел, где происходило восстановление Pu до 4-х валентного состояния. Через 2 часа к раствору прилито 29561 мл раствора осадителя, приливание происходило небольшими порциями в течении 20 минут. Через 12 часов осадок диацетата был отделен на фильтре и промыт 8 литрами промывного раствора, который присоединен к основному раствору.

К раствору прибавлено 20г. нитрата лантана, после чего раствор был нейтрализован KOH до щелочной реакции и Pu осажден вместе с лантаном. Отделение осадка производилось на фильтре, после чего он был промыт 200 мл воды, снят с фильтра и растворен в 7000 мл. 2N HNO_3 и 1000 мл 10% раствора SO_2 . Переосаждение осадка основного ацетата нами не производилось, так как сравнительно незначительное количество уксусной кислоты не мешает осаждению Pu с двойным сульфатом калия и лантана в восстановительной среде. Через 2 часа раствор насыщен K_2SO_4 и оставлен на ночь. На следующий день осадок двойного сульфата калия и лантана с Pu отделен на фильтре, а в растворе произведено повторное осаждение двойного сульфата добавлением 250 мл 4% раствора нитрата лантана. Через 2-3 часа образовавшийся осадок отделен на фильтре и соединен с первым. Осадки промыты 200 мл насыщенного раствора K_2SO_4 и растворены в 5 литрах 1N HNO_3 . Из раствора лантан с Pu осаждены 20% раствором KOH , осадок гидроокиси отделен на фильтре, промыт 200 мл воды и растворен в 1000 мл 2N HNO_3 .

Для окисления Pu до шестивалентного состояния к раствору прибавлено 10г. $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ и 1 г. AgNO_3 . Через 2 часа после побурения раствора он был насыщен K_2SO_4 , и серебро осаждено в виде хлорида добавлением 10% раствора KCl . Образовавшиеся осадки двойного сульфата калия и лантана и хлорида серебра отделены на центрифуге и промыты 200 мл насыщенного раствора

K_2SO_4 с добавлением небольшого количества KCl . Раствор присоединен к первому и для разложения надсернистого аммония нагрет на водяной бане при температуре кипения в течении одного часа. Горячий раствор насыщен из баллона газообразным SO_2 и к нему прибавлено 50 мл 4% раствора нитрата лантана, после чего он был оставлен на ночь. Выпавший осадок двойного сульфата калия и лантана отделен на фильтре, в растворе проведено повторное осаждение двойного сульфата добавлением второй порции 50 мл 4% раствора нитрата лантана. Осадки отделялись на одном фильтре и промывались 50 мл насыщенного раствора K_2SO_4 . Соли лантана и Pu были переведены в гидроксиды, последние растворены в 30 мл 2N HNO_3 . В полученном растворе Pu окислен, лантан отделен в виде двойного сульфата, промыт насыщенным раствором K_2SO_4 , после чего персульфат аммония разложен при нагревании и Pu восстановлен при насыщении горячего раствора SO_4 . Из раствора Pu осажден двукратным осаждением с 1 мл 4% раствора нитрата лантана в виде двойных сульфатов. Последние промыты 10 мл насыщенного раствора K_2SO_4 , растворены в 20 мл 1N HNO_3 и лантан с Pu осаждены 10% раствором KOH в виде гидратов окиси, которые отделены на центрифуге и промыты 10 мл H_2O . Осадок гидратов окиси растворен в 5 мл 2N HNO_3 , от него взята аликвотная часть, которая нанесена на платиновую мишень, прокалена и по ней было определено содержание Pu во всем растворе. Полученные при этом результаты приводятся ниже:

Вес раствора – 5,0206 г

Вес взятой пробы – 0,0065 г

α -активность взятой пробы – 429 имп/мин.

Эталон 117, А-9 давал – 43,3 имп/минуту, чему соответствует 168 α -распадов/минуту.

Отсюда количество α -распадов Pu в концентрате равно:

$$\frac{5,0206 \cdot 429 \cdot 168}{0,0065 \cdot 43,3} = 1.290.000 \text{ } \alpha\text{-распад/мин.}$$

Этот концентрат полученный в опыте 2^а, был соединен с концентратом, полученным в опыте 2^б. Дальнейший ход работы изложен ниже.

Помимо выделения Pu были получены данные по распределению β и γ -активности продуктов деления урана на первых этапах опыта, которые представлены в таблице 2. Отделение осадка диацетата и промывка его нами осуществлялась на фильтре.

Захват активности осадком диацетата в опыте 2^а

Измеряемые растворы и осадки	Суммарная β -активн. имп/мин.	Суммарная γ -активн. имп/мин.	% активности по отн. к исходной		Коэффициент очистки А-9 от активности	
			β	γ	β	γ
Исходный раствор перед окислением	$5,76 \cdot 10^9$	$2,04 \cdot 10^8$	100	100		
Первый осадок диацетата /окислительная среда/	$2,88 \cdot 10^7$	$6,35 \cdot 10^6$	0,5%	3,1%	200	32
Второй осадок диацетата /восстановительная среда/	Не измерялась	$3,59 \cdot 10^5$	–			17

Примечание: 1. Отделение осадка диацетата производилось на фильтре.
2. Определение активности в растворе или осадке производилось путем взятия от него аликвотной доли.

ОПЫТ 2^б

В этом опыте осаждение U с Pu в окислительной среде не производилось, опыт нами начат с отделения U от Pu в виде натрий-U-ацетата, в восстановительной среде.

Для опыта было взято 2235г облученной окиси урана, при растворении которой в азотной кислоте получено по расчету 3261г. безводного урана-нитрата.

Исходный раствор для осаждения приготовлен из расчета:

Уран-нитрата безводного	19%	3261 г.
Азотной кислоты безводной	7%	1200 г. – 1425 мл 61% HNO ₃
Сернистого ангидрида	1%	172 г.
Воды	73%	12576

Фактически взято:

Составные части	Количес. в г.	Содержит в граммах				Примечание
		уран $O_2(NO_3)_2$	HNO_3	SO_2	H_2O	
А-9 нитрат 6-ти водный	4222	3261	67	–	894	1. Количество HNO_3 определено титрованием щелочью
Азотная кислота 61% уд. вес 1,38	1855 /1346 мл/	–	1133	–	722	
10% раствор SO_2 уд.веса 1,05	1720 /1640 мл/	–	–	172	1548	
Вода	9412	–	–	–	9412	
Всего:	17209	3261	1200 или 1426 мл	172	12576	

Раствор объемом 13833 мл. перенесен в фарфоровый котел емкостью 50 литров. Через 12 часов в течении 30 минут прилито 25668 мл. раствора для осаждения, приготовленного из расчета:

безводного ацетата натрия	21%
нитрата натрия	20%
воды	59%

Осадок диацетата отделен на фильтре, раствор с осадком из котла подавался на воронку Бюхнера сифоном. Осадок промыт на фильтре 4 литрами промывного раствора состава:

ацетата натрия трехводного	874 г.
азотной кислоты	151 мл
воды до	4 литров

К основному раствору присоединены промывные воды, прибавлено 20 г $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, после чего оставшийся U, лантан и Z осаждены из раствора щелочью. Осадок отделен на фильтре и промыт 1 литром воды. Повторного осаждения осадка нами не производилось, так как наличие небольшого

количества уксусной кислоты не препятствует осаждению Pu в восстановительной среде.

Осадок основных ацетатов растворен в 8 литрах 2N HNO₃, раствор насыщен SO₂, через 2 часа раствор насыщен K₂SO₄. Осадок двойного сульфата калия и лантана с Pu отделен на фильтре. В растворе осаждение повторено добавлением второй порции в 10 г шестиводного нитрата лантана в виде 4% раствора, через 5 часов после осаждения осадок отделен на том же фильтре, после чего осадок промыт 300 мл насыщенного раствора K₂SO₄. В результате этого осаждения достигнуто весьма полное отделение Pu и лантана от урана.

Осадок двойного сульфата растворен в 3 литрах 1N HNO₃, из полученного раствора лантан с Pu осаждены щелочью, после чего осадок отделен и растворен в 1 литре 2N HNO₃. К раствору добавлено 10 г (NH₄)₂S₂O₈ и 1 г. AgNO₃, через один час после побурения раствора он был насыщен K₂SO₄, а серебро осаждено в виде хлорида, осадок двойного сульфата K, La и AgCl отделены на центрифуге, промыты 100 мл насыщенного раствора K₂SO₄, промывной раствор был присоединен к основному. Для разложения надсерноокислого аммония раствор был нагрет до t°=95°C в течении 1 часа. После этого раствор был насыщен SO₂ при t°=50-60°C и через час добавлено 50 мл 4% раствора нитрата лантана, после чего раствор был оставлен на ночь. Осадок двойного сульфата был отделен на центрифуге, в растворе было проведено доосаждение Pu добавлением второй порции 50 мл 4% раствора нитрата лантана, через два часа осадок двойного сульфата отделен и соединен с первым. Осадки промыты 100 мл насыщенного раствора K₂SO₄, после чего растворены в 300 мл 1N HNO₃, из полученного раствора лантан с Pu осаждены щелочью в виде гидроокиси. Осадок гидроокиси лантана и Pu промыт 50 мл воды и растворен в 50мл 2N HNO₃. В полученном растворе Pu был окислен 0,5 г (NH₄)₂S₂O₈ с 0,05 г AgNO₃, после чего раствор насыщен K₂SO₄, серебро осаждено в виде AgCl и лантан отделен на центрифуге в виде двойного сульфата с калием, осадок промыт 10 мл насыщенного раствора K₂SO₄, промывной раствор присоединен к основному. Раствор прокипячен для разложения надсерно-кислого аммония и при T°-50-60°C насыщен SO₂.

Через 1 час к раствору прибавлено 1 мл. 4% раствора нитрата лантана. На следующий день осадок двойного сульфата La и K с Pu отделен на центрифуге, в раствор прибавлено 1 мл. 4% раствора нитрата лантана и через 2 часа осадок двойного сульфата отделен на центрифуге и присоединен к первому, после чего осадок промыт 10 мл насыщенного раствора K₂SO₄. Осадок двойного сульфата переведен в гидроокись, которая растворена в 10 мл 2N HNO₃. От раствора по весу взята определенная часть, которая нанесена на платиновую

мишень, выпарена и прокалена. После этого была определена α -активность, находящаяся на мишени. Полученные при этом данные приводятся ниже:

Вес раствора – 10,0256

Вес взятой пробы – 0,0067

α -активность взятой пробы – 175 имп/мин. при эталоне 117 γ

U – 43,3 имп./мин.

Считая, что эталон 117 γ урана дает 168 α -частиц в минуту, α -активность всего концентрата полученного из опыта 2^б, равна:

$$\frac{10,0256 \cdot 175 \cdot 168}{0,0067 \cdot 43,3} = 1.060.000 \text{ } \alpha\text{-распадов/мин.}$$

Таким образом, всего во втором опыте выделено:

$1.290.000 + 1.060.000 = 2550.000$ α -распадов/минуту.

Принимая $T_2 = 24500$ лет, мы находим, что 100000 расп/мин соответствует 0,735 мг Pu.

Отсюда весовое содержание Pu в концентрате равно:

$$0,735 \cdot 23,5 = 17,3 \text{ мг}$$

Растворы концентратов, полученных в опытах 2^а и 2^б, соединены, при этом был получен раствор объемом 15 мл., содержащий 0,24г. La(NO₃)₃ и 17,3 мг Pu. Этот раствор послужил основой для выделения чистых соединений Pu.

Ход опыта описан на ниже.

ОПЫТЫ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ ЧИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ Pu

При выборе метода для решения задачи выделения Pu из концентратов, полученных в опытах 1 и 2, мы учитывали следующие обстоятельства:

1. Надежность выделения Pu с минимальными потерями по всему ходу эксперимента.
2. Степень разработанности метода.
3. Метод должен позволить производство опытов в кварцевой или стеклянной посуде.

Поставленным условиям удовлетворял только лантан – сульфатный метод.

Ход выделения состоит из ряда окислительно-восстановительных циклов, в результате которых Pu концентрировался на все меньших количествах лантана. Объем растворов и количество лантана с каждым проведенным циклом уменьшались от 6 до 30 раз. Все осадки или растворы, отделяемые от Pu в ходе опыта, нами анализировались на содержание Pu, таким путем нами были

определены потери Pu как по всему ходу выделения, так и по отдельным узлам. В связи с тем, что на некоторых узлах потери Pu были довольно значительны, нами применялось возвращение потерь в последующие по ходу выделения растворы на малом количестве носителя. Наиболее значительные потери Pu, порядка 1,5% на каждый цикл, вызывались захватом Pu осадком двойного сульфата K и La, отделяемого в окислительной среде. Осадки двойных сульфатов K и La из окислительной среды нами перерабатывались и извлеченный из них Pu, на малом количестве носителя, прибавлялся к основным растворам на последующих этапах выделения. В результате этих мер потери Pu по ходу выделения в обоих опытах были сведены до минимума и составляли 2-3%.

Лантан-сульфатный метод позволил получить ~50% концентрат Pu.

Для отделения Pu от лантана применялось осаждение Pu перекисью водорода.

А. ОПЫТ №1

В этом опыте выделение Pu производилось из концентрата полученного марганцово-сульфатным методом.

Концентрат содержал:

La(NO ₃) ₃	180 мг
Pu	6,1 мг

которые были растворены в 2N HNO₃.

Для выделения Pu лантан-сульфатным методом нами было проведено пять окислительно-восстановительных циклов, в результате которых Pu параллельно с уменьшением объемов растворов концентрировался на все меньших и меньших количествах лантана. Ход выделения Pu изображен на схеме № 1. Потери Pu на различных этапах опыта представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что учтенные нами потери Pu за все операции по выделению 50% концентрата составляют:

- а. В окислительных средах.....0,2%
- б. В восстановительных средах.....0,2%
- в. При осаждении гидроокисей.....0,25%,
т.е. менее 1%.

Вследствии очень тщательного выполнения всех операций потери Pu на стенках сосудов и капилляров не были нами обнаружены.

Концентрат Pu, выделенный лантан-сульфатным методом в виде двойного сульфата с калием, содержал 6,4 мг La и 6,0 мг Z.

Ввиду того, что лантан нами прибавлялся тремя порциями и осадок двойного сульфата после осаждения отделялся на дно пробирки, можно заключить, что первая порция двойного сульфата лантана и калия захватила основную массу Pu – 95-97%, вторая порция – 3-5%, третья порция – 0,09-0,25%. Интенсивность окраски осадка изменялась по трем слоям, соответственно, трем осаждениям двойного сульфата. Нижний слой осадка, где отношение Pu:La=3:1, представлял из себя в основной массе двойной сульфат K с Pu в виде мелкокристаллического осадка желтого цвета.

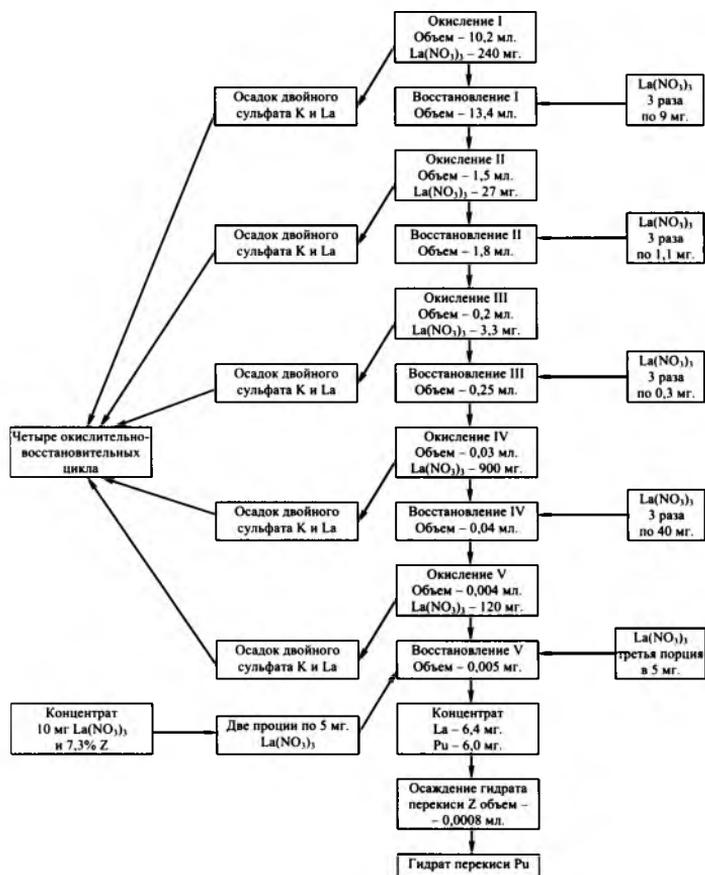


Схема №1
Выделения Pu из концентрата в опыте №1

Таблица 3

Потери Pu по ходу выделения Pu лантан-сульфатным методом в опыте №1
/304000 импульсов/мин. – 6,1 мг Z/

Этапы опыта	Объем раств. в мл.	Содержание La(NO ₃) ₃ в гр.	Потери Pu			
			С осадком двойного сульфата K и La		В растворе после осаждения двойного сульфата K и La	
			Имп/мин.	%	Имп/мин.	%
Окислительная среда	10,2	180·10 ⁻³	4100	1,4%	–	–
Восстановительная среда	13,4	9·10 ⁻³ х3	–	–	98	0,03%
Окислительная среда	1,5	27·10 ⁻³	3700	1,2%	–	–
Восстановительная среда	1,8	1,1·10 ⁻³ х3	–	–	64	0,02%
Окислительная среда	0,2	3,3·10 ⁻³	4500	1,5%	–	–
Восстановительная среда	0,25	300·10 ⁻⁶ х3	–	–	60	0,02%
Окислительная среда	0,03	900·10 ⁻⁶	5200	1,7%	–	–
Восстановительная среда	0,04	40·10 ⁻⁶ х3	–	–	170	0,06%
Окислительная среда	0,004	120·10 ⁻⁶	5000	1,7%	–	–
Восстановительная среда	0,005	5·10 ⁻⁶ х3	–	–	210	0,07%
Всего потеряно			22500	7,5%	602	0,2%

Примечание:

- Осадок двойных сульфатов K/La, Pu/ из восстановительной среды растворялся в 1N HNO₃, из раствора La и Pu осаждались 10% KOH. Осадок гидроокисей промывался водой и растворялся в 2N HNO₃. В результате осаждения гидроокисей в каждом цикле потери Pu составляли ~150 имп/мин. или за весь опыт – 150·5=750 имп./мин. – 0,25%.
- Из осадков двойных сульфатов от окислительной среды Pu в результате четырех окислит-восстановит.циклов был концентрирован на 10 мг La(NO₃)₃, которые были внесены как первые порции нитрата лантана в V восстановит.осаждение. В результате чего потери Pu в окислительных средах были уменьшены с 22500 до 400-600 имп/мин. или до 0,2%.



Рисунок 1
Перекиси Pu

Соединение Pu свободное от вещества носителя. Выделено впервые 10 апреля 1947 г.
Справа при том же увеличении изображена шкала, каждое деление которой соответствует 0,1 мм. Увеличение ~ 35 раз.

Осадок двойных сульфатов был растворен в 0,001 мл. 1N HNO₃, из раствора лантан с Pu был осажден 15% раствором KOH в виде гидроксидов, которые отделены на центрифуге и промыты водой.

Студенистый осадок гидратов окиси La и Pu окрашен в желтый цвет.

К осадку добавлено минимальное количество крепкой HNO₃ ~ 0,00005 мл. из расчета, чтобы раствор нитратов La и Pu был только слабокислым. Объем раствора был равен 0,0005 мл.

Концентрация Pu в растворе равна $\frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^2}{8 \cdot 10^{-4}} = 0,7\%$. Такая концентрация Pu в растворе вполне позволила осажать Pu самостоятельно и отделить его тем самым от лантана.

По своим химическим свойствам соединения Pu^{+4} должны быть во многом аналогичны соединениям Th^{+4} , отсюда в качестве реактивов для отделения Pu^{+4} от редких земель могут быть предложены:

1. Перекись водорода.
 2. Иодат калия.
 3. Молибденово-кислый аммоний.
 4. Себациновая кислота.
 5. Фосфат и пиррофосфат натрия.
- и некоторые другие реактивы.

Мы остановились на осаждении Pu перекисью водорода, так как при этом мы не вводили в раствор посторонних катионов, а в случае неудачи реакции реактив мог быть легко удален.

ГИДРАТ ПЕРЕКИСИ Pu

Техника выполнения операции сводилась к следующему. К слабокислому раствору нитратов объемом 0,0006 мл было прибавлено 0,0002 мл 30% H_2O_2 и мельчайшая крупинка нитрата аммония, после чего раствор был нагрет на водяной бане при $t^\circ = 60-70^\circ$ в течении 2 минут и оставлен стоять на 10-15 минут. Выпавший студенистый осадок гидрата перекиси Pu зеленого цвета был отделен на центрифуге и промыт 0,0005 мл H_2O_2 , он представлен на рис. 1. В растворе остались не осажденными 1200 имп/мин. или 0,4% Pu .

НИТРАТ Pu . Осадок гидрата перекиси был растворен при нагревании в 0,0005 мл 2N HNO_3 , после чего было прибавлено 0,0005 мл. 10% раствора SO_2 и раствор упарен до объема 0,0001-0,0002 мл. Полученный раствор изображен на рис. 2. В силу того, что Pu находится в восстановленном состоянии, т.е. отвечает состоянию Pu^{+4} , окраска раствора, повидимому, объясняется наличием ионов четырехвалентного Pu .

Полученный раствор был оставлен на ночь и из него выкристаллизовались золотисто-желтые кристаллы нитрата Pu .

ОКИСЬ Pu . Кристаллы нитрата Pu были прокалены в пробирке на электрической плитке. Уже при $t^\circ = 100-200^\circ$ началось разложение нитрата с образованием бурой окиси Pu . В результате реакции была получена бурая окись Pu , состав ее по аналогии с нитратом, вероятно, отвечает формуле PuO_2 .

Полученная окись после прокаливания весьма трудно растворяется в крепких кислотах / HNO_3 и H_2SO_4 /, для перевода ее в растворимое состояние она была сплавлена с пиросульфатом калия.

ГИДРООКИСЬ Pu – рис.3

Из восстановленных растворов едкие щелочи и аммиак осаждают желтый студенистый осадок гидроокиси Pu^{+4} . Осаждение количественное. При неоднократном осаждении имеющихся в опыте 6.0 мг Pu из растворов объемом 0,001-0,003 мл. потери составляли 0,05%– 0,1%.

Необходимо указать, что взятые для опыта щелочи содержали небольшое количество ионов CO_3^{II} , неизбежность наличия которых вызвана самой методикой эксперимента в микромасштабе.

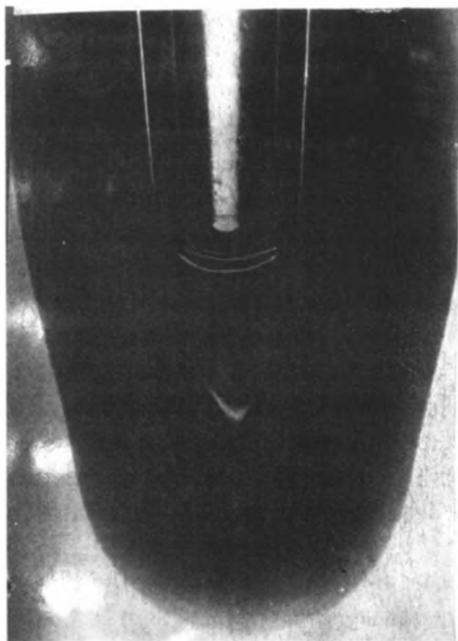


Рисунок 2.
Раствор нитрата Pu .
Увеличение ~35 раз.

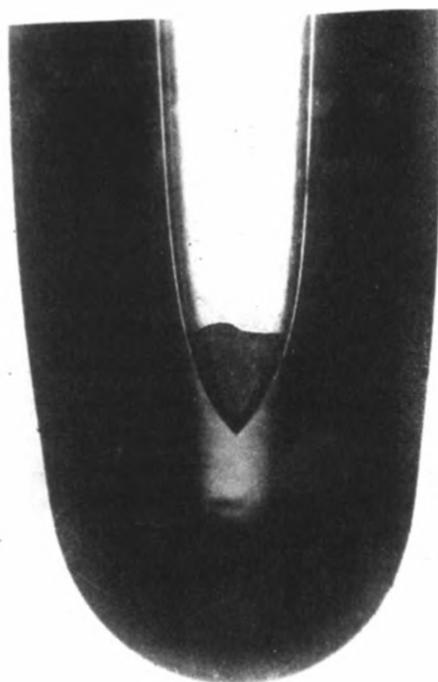


Рисунок 3.
Гидроокись Pu^{+4} . Студенистый осадок,
желтого цвета. Увеличение ~35 раз

Б. ОПЫТ №2

Выделение Pu производилось точно таким же путем, как в первом опыте, т.е. Pu лантан-сульфатным методом был концентрирован с несколькими микрограммами лантана и в дальнейшем отделен от лантана осаждением переки-сью водорода.

Для обеспечения высокой чистоты препарата:

- 1/ Опыт производился в чистой комнате, свободной от урана и пыли.
- 2/ Необходимые для работы растворы изготовлялись из реактивов марки *Kahlbaum "pro analysi"* на бидестиллированной воде. Азотная кислота применялась дважды перегнанная. Нитрат лантана – марки *Kahlbaum "Fürde Microanalyse"*.
- 3/ Для каждого этапа опыта применялись свежие пробирки тщательно промытые крепкой HNO_3 и бидестиллированной водой.
- 4/ Пробирки сверху закрывались алюминиевой фольгой, которая снималась только в момент производства операций.

В результате этих мер предосторожности устранялась возможность загрязнения препарата. С другой стороны, чтобы устранить возможные потери Pu, мы в ходе опыта по возможности избегали применения для перемешивания растворов с осадками кварцевых палочек или волосков. С этой целью при производстве требуемой реакции раствор оставляли стоять на сутки, осадок на центрифуге отделялся на дно пробирки и только после отделения на дно основной массы Pu применялось неоднократное перемешивание раствора без перемешивания основной массы осадка и снятие части осадка, оставшегося на стенках сосуда кварцевой палочкой или волоском, с отделением на центрифуге осадка на дно пробирки после каждого перемешивания. При переносе раствора из одной пробирки в другую, первая пробирка дважды промывалась, небольшим количеством 1N HNO_3 , которое присоединялось к основному раствору. В результате этих мер потери Pu на стенках пробирок, пипетках и волосках для перемешивания были сведены к минимуму. Для опыта взят концентрат Pu на лантане. Концентрат содержал:

$\text{La}(\text{NO}_3)_3$0,12 г
Pu.....17,3 мг,

которые были растворены в 15 мл 2N HNO_3 . Ход выделения Pu и потери Pu по этапам опыта представлены в схеме № 2 и таблице 4.

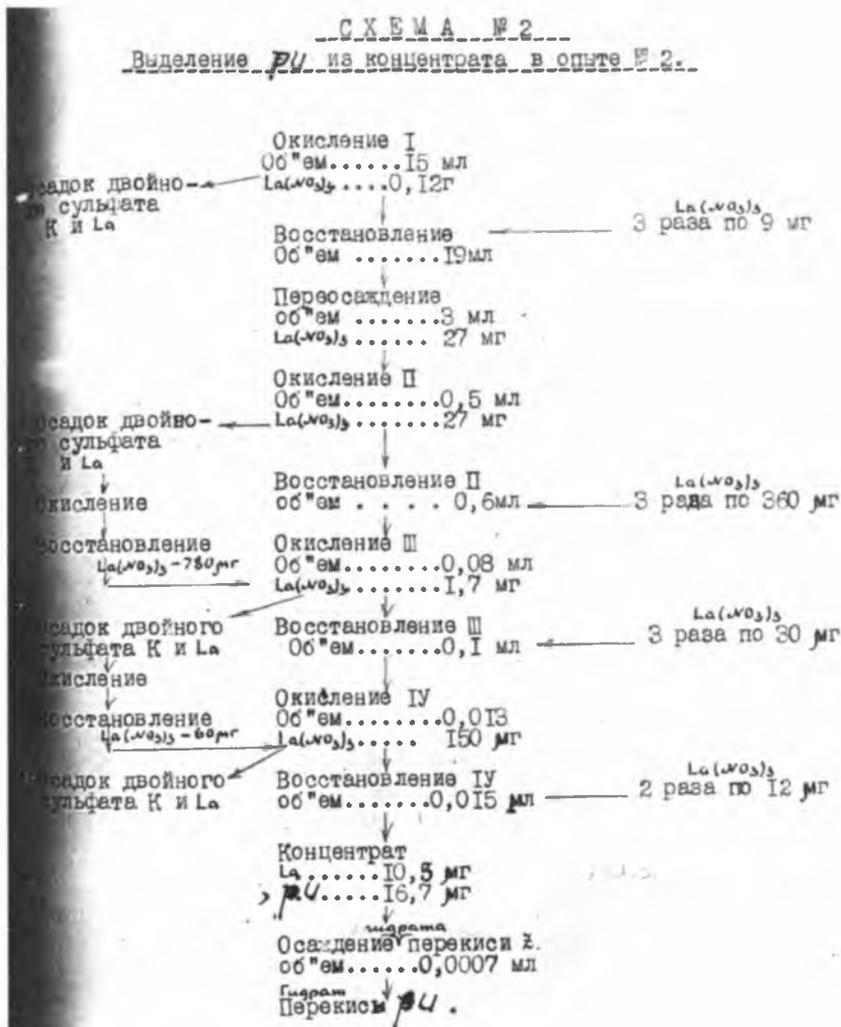


Схема 2
Выделение Pu из концентрата в опыте №2.

Потери Pu по этапам опыта №2 (800000 имп/мин. — 17,3 мг)

№№ циклов	Этапы опыта	Объем раствора в мл.	Содержание La(NO ₃) ₃ в г.	Потери Pu									
				С осадком двойного сульфата в окислит. среде.				В растворе					
				Первое осажд.		Переосаждение		От осаждения двойн. сульф.		От осажд. гидроокис.		От осаждения гидрата перекиси	
				имп./м.	%	имп./м.	%	имп./м.	%	имп./м.	%	имп./м.	%
I	Окислительн. среда	15	120·10 ⁻³	9350	1,2%	-	-	-	-	-	-	-	-
	Восстанов. среда	19	9·10 ⁻³ ·3	-	-	-	-	70	0,01%	500	0,06%	-	-
	Переосаждение La с Pu в восстановительной среде.	3	27·10 ⁻³	-	-	-	-	620	0,05%	580	0,07%	-	-
II	Окислительн. среда	0,5	27·10 ⁻³	-	-	161	0,02%	-	-	-	-	-	-
	Восстанов. среда	0,6	360·10 ⁻⁶ ·3	-	-	-	-	150	0,02%	380	0,05%	-	-
III	Окислительн. среда	0,08	1,7·10 ⁻³	-	-	600	0,08%	-	-	-	-	-	-
	Восстанов. среда	0,1	30·10 ⁻⁶ ·3	-	-	-	-	4	0,00%	430	0,05%	-	-
IV	Окислительн. среда	0,013	150·10 ⁻⁶	12700	1,6%	-	-	-	-	-	-	-	-
	Восстанов. среда	0,015	12·10 ⁻⁶ ·2	-	-	-	-	1185	0,15%	435	0,05%	-	-
	Осаждение Pu перекисью водор.	0,0007	24·10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	1600	0,2%
	Всего потеряно Pu			22050	2,8%	761	0,1%	2029	0,25%	2325	0,3%	1600	0,2%

По всему ходу опыта потери Pu составляют 3,7% или 0,6 мг.

Необходимые примечания указаны ниже:

1. После первого окислительно-восстановительного цикла лантан с Pu был пересажен в виде двойных сульфатов в восстановительной среде, чтобы полностью удалить следы урана.

2. В третьем цикле восстановление Pu производилось в горячем растворе объемом 0,1 мл. Через несколько секунд после прибавления SO_2 из раствора, насыщенного K_2SO_4 , началось выпадение мельчайших кристаллов двойного сульфата K и Z^{+3} серебристо-голубого цвета, которые были отделены на центрифуге на дно пробирки, а в растворе было произведено трехкратное осаждение лантана с оставшимся Pu. Концентрация Pu в растворе составляла 170 мг в литре, считая по элементарному Pu.

3. В четвертом цикле, после восстановления, Pu в основной массе выпал самостоятельно в виде желтого мелко-кристаллического осадка двойного сульфата с калием, осадок через 12 часов был отделен на дно пробирки, а оставшийся в растворе Pu с 5 мг La осажден дважды, с отделением на дно пробирки осадка двойного сульфата после каждого осаждения. На рисунке 4 видно распределение Z по трем слоям, согласно трем осаждениям. Нижний слой представляет из себя двойной сульфат K и Pu, имеющего вид мелкокристаллического осадка желтого цвета.

4. Потери Pu по ходу выделения составили 3,7% или 0,6 мг, т.е. количество выделенного Pu равно 16,7 мг.

Ниже переходим к описанию выделенных нами чистых соединений.

ГИДРАТ ПЕРЕКИСИ Pu – рис.5

Осадок двойного сульфата с калием, полученный от четвертого окислительно-восстановительного цикла, был растворен в 0,1 мл 1N HNO_3 , из раствора La с Pu осаждены 20% раствором KOH в виде гидроокисей, которые отделены на центрифуге и промыты водой. Осадок гидроокисей растворен в минимальном количестве HNO_3 , так чтобы раствор был только слабо кислым. К полученному раствору нитратов Pu и La объемом 0,0005 мл прибавлено 0,0002 мл 30% H_2O_2 и мельчайшая крупинка нитрата аммония, после чего раствор в течение 1-2 минут нагрет на водяной бане при $t^\circ - 70-75^\circ \text{C}$ и оставлен стоять на 1 час. Выпавший осадок гидрата перекиси Pu отделен на центрифуге и промыт 5% H_2O_2 .

Гидрат перекиси Pu имеет вид студенистого осадка зеленого цвета, весьма легко растворимого в разбавленных кислотах. В растворе после осаждения осталось Pu 1600 имп/минуту или 0,2%, откуда растворимость гидрата перекиси Pu в 5% H_2O_2 составляет 0,033 мг в 0,0007 мл или около 50 мг в литре.

ГИДРООКИСЬ Pu^{+4}

При осаждении Pu из растворов, в присутствии SO_2 едкими щелочами или аммиаком выпадает студенистый желтый осадок гидроокиси четырехвалентного Pu , легко растворимый в кислотах. При некоторых осаждениях гидроокись Pu имеет зеленовато-желтый оттенок. Растворимость гидроокиси Pu^{+4} может быть определена из следующих данных: в растворе объемом 0,01 мл остается Pu 450 имп/мин. или 0,01 мг, что соответствует растворимости 1 мг. в литре. Необходимо указать, что в присутствии ионов CO_3^{II} , неизбежность наличия которых вызвана самой методикой эксперимента, растворимость Pu увеличивается в несколько раз.

СОЛИ Pu^{+4}

Нами получены сульфат и нитрат Pu^{+4} , в виде кристаллов золотисто-желтого цвета, легко растворимых в воде.

Растворимость нитрата Pu не могла быть определена, по имеющимся наблюдениям она составляет несколько десятков процентов. При нагревании растворов солей 4-х валентного Pu из них выпадает аморфный осадок основных солей Pu , что говорит о ясно выраженной способности к гидролизу солей четырехвалентного Pu . Подобное осаждение происходит также в растворах, имеющих $pH = 4-4,5$.

СУЛЬФАТ Pu^{+3} – рис. 6

Был получен нами восстановлением SO_2 при нагревании сульфата четырехвалентного Pu в виде сине-зеленых кристаллов.

Вследствие меньшей растворимости, по сравнению с сульфатом Pu^{+4} , по мере восстановления из раствора выкристаллизовывались кристаллы сульфата трехвалентного Pu . Двойной сульфат K и Pu^{+3} , ранее упоминавшийся при описании выделения Pu в опыте 2, имеет вид серебристо-голубых кристаллов.

ИОДАТ Pu

По аналогии с другими четырехвалентными элементами / Ce , Th /, можно ожидать, что иодат Pu^{+4} будет плохо растворим в среде сильно кислой по HNO_3 . На основании этого предположения осаждение иодата Pu нами производилось следующим образом: к 0,002 мл раствора нитрата Pu^{+4} добавлено 0,001 мл крепкой HNO_3 и 0,003 мл раствора, содержащего 15% KJO_3 и 20% HNO_3 .

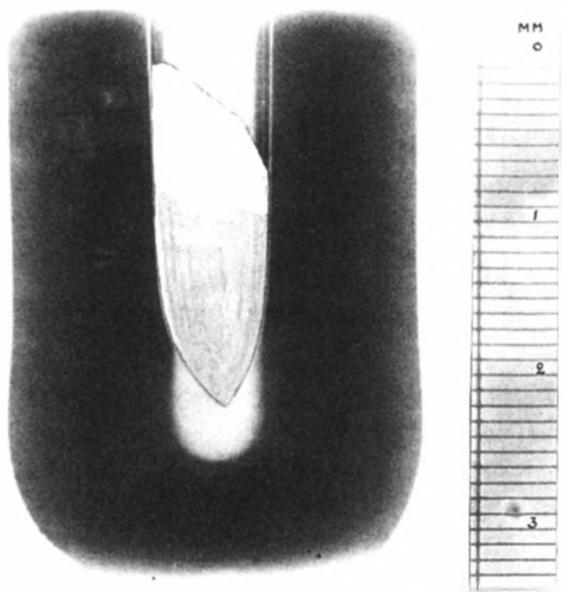


Рисунок 4.

Концентрат выделенный лантан-сульфатным методом в опыте №2. Видно распределение Pu по трем слоям согласно трем последовательным осаждениям. Нижний слой – двойной сульфат – K и Pu. Верхние слои – двойной сульфат K и La с захваченным Pu. Справа при том же увеличении изображена шкала, каждое деление которой соответствует 0,1 мм. Увеличение ~35 раз.

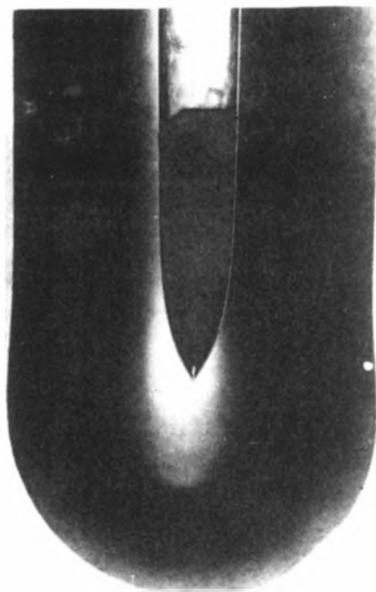


Рисунок 5

Гидрат перекиси Pu
Увеличение ~35 раз.

Объемистый осадок иодата Pu — бледно-розового цвета был отделен на центрифуге. Через 12 часов после осаждения он стал серо-зеленого цвета.

Растворимость иодата Pu в растворе, содержащем 20% HNO_3 и 7% KJO_3 может быть определена из следующих данных: в растворе объемом 0,006 мл осталось Pu — 45000 имп/мин. или 0,66 мг, что составляет растворимость около 120 мг. в литре.

ОКСАЛАТ Pu

Получен нами в виде мелкокристаллического осадка зеленого цвета при обработке иодата Pu шавелевой кислотой. Растворимость не определена.

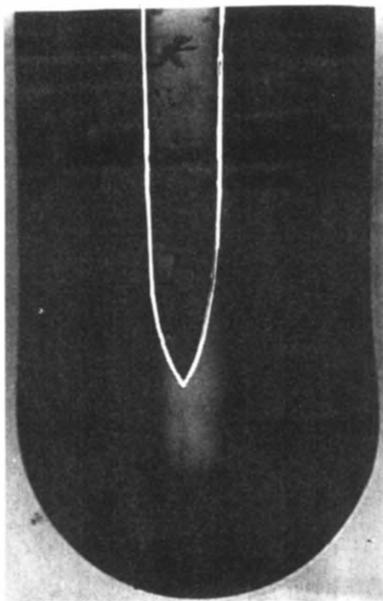


Рис. 6.

Кристаллы сульфата трехвалентного Pu. Увеличено ~35 раз

ФТОРИД Pu

Получен при осаждении Pu плавиковой кислотой из раствора нитрата Pu^{+4} в присутствии SO_2 в виде бесцветного студенистого осадка. В растворе объемом 0,01 мл осталось Pu — 500 имп/мин или около 0,01 мг, что соответствует растворимости фторида Pu около 1 мг в литре 8% раствора HF. При обработке фторида Pu горячим 10% раствором KOH образуется желтая гидроокись Pu^{+4} .

ДИАЦЕТАТ Na, Pu⁶ – рис. 7 и 8



Рис. 7.
Пробирка, в которой производилось
осаждение диацетата.



Рис. 8.
Осадок диацетата Na и Pu⁶ в пробирке,
изображенной на рис. 7. Увеличен ~35 раз.

Получен при осаждении Pu^{+6} ацетатом натрия в виде кристаллического осадка. В виду того, что при этой реакции количественное осаждение Pu было маловероятным, растворимость диацетата Pu не определялась.

Результаты, полученные по растворимости трудно растворимых соединений Pu , могут быть сведены в следующую таблицу.

№№ п.п.	Соединения Pu	Растворимость г/л	Среда
1.	Гидроокись Pu^{+4}	$1 \cdot 10^{-3}$	1-2% раствор KOH
2.	Гидрат перекиси Pu	$5 \cdot 10^{-2}$	5% раствор H_2O_2
3.	Фторид Pu^{+4}	$1 \cdot 10^{-3}$	8% раствор HF
4.	Иодат Pu	$1 \cdot 10^{-1}$	20% раствор HNO_3 7% раствор KJO_3

ЛАНТАН-СУЛЬФАТНЫЙ МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ Pu

При работе лантан-сульфатным методом в опытах 1 и 2 мы пользовались следующими расчетными данными:

1. Восстановительная среда

а/ Водный раствор содержал NO_312,6%
 SO_21%

б/ расход лантана на однократное осаждение 1 гр. $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ на 1 литр раствора.

в/ Расход K_2SO_4 — 350-380 гр. на 1 литр раствора при t — 20-25°C.

г/ Количество осаджений Pu с лантаном 2-3.

2. Окислительная среда

а/ Водный раствор содержал: HNO_312,6%
 $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$...1%
 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$1%
 AgNO_30,1%

б/ Расход K_2SO_4 350-380 г на литр раствора при t — 20-25°C.

Из таблицы 4 и 5 видно:

При переходе от невесомых к весовым концентрациям потери Pu остаются на одном уровне, отсюда можно сделать вывод, что механизм соосаждения Pu с лантаном в восстановительной среде, основан на сокристаллизации их двойных сульфатов с калием.

На ряду с этим возникают вопросы, которые требовали постановки ряда дополнительных опытов. В первую очередь необходимо было уточнить потери

Pu в окислительной и восстановительной среде и решить вопрос о количестве лантана, требуемого для осаждения Pu. Необходимо было также получить данные о соосаждении с La трех и четырехвалентного Pu.

О ПОТЕРЯХ Pu В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СРЕДАХ

При отделении лантана от Pu в окислительной среде некоторое количество Pu захватывается осадком двойного сульфата калия и лантана. Величина этих потерь зависит от количества лантана в растворе. В таблице 6 приведены данные по захвату Pu осадком двойного сульфата, полученные различными сотрудниками Лаборатории АН СССР, при содержании в растворе нитрата лантана около 1%. В качестве окислителя применялся персульфат аммония. Как видно из прилагаемой таблицы количество Pu, захваченного осадком, колеблется от 1,2 до 2,4% и составляет в среднем 1,6%.

Таблица 6

Потери Pu в результате захвата Pu осадком двойного сульфата калия и лантана в окислительной среде

Основное осаждение лантана			Переосаждение лантана		
Колич. Pu имп./мин.	Захват Pu с осадком		Колич. Pu имп./мин.	Захват Pu с осадком	
	имп./мин.	%		имп./мин.	имп./мин.
00.000	11520	1,5	11520	161	1,4
00.000	11440	1,4	11440	600	5,3
00.000	12700	1,6	-	-	-
00.000	9350	1,2	-	-	-
00.000	4100	1,4	-	-	-
00.000	3700	1,8	-	-	-
00.000	4500	1,5	-	-	-
00.000	5200	1,7	-	-	-
00.000	5000	1,7	-	-	-
30.000	7760	2,3	-	-	-
30,000	7830	2,4	-	-	-
Средняя величина захвата Pu		1.6%	-	-	-

Таблица 7

Потери Pu после однократного осаждения Pu с La в виде двойного сульфата с калием в восстановит. среде

Осаждено Pu (Первое осаждение)		Осталось в растворе и выделено (Повторное осаждение)	
Имп./мин.	%	Имп./мин.	%
727	95,2	37	4,8
5080	97,7	118	2,3
863	98,9	10	1,1
20546	96,6	732	3,4
15712	94,4	940	5,6
677	96,7	23	3,3
353	97,2	10	2,8
	96,7%		3,3%

Если осадок двойного сульфата калия лантана растворить и произвести переосаждение лантана в окислительной среде потери Pu остаются на том же уровне /1,4-5,3%/. С уменьшением концентрации лантана в растворе величина потери Pu уменьшается, так для концентрации лантана в 0,4 г. шестиводного нитрата лантана на 1 литр раствора, количество Pu, захваченного осадком двойного сульфата, составляет 0,7%.

В таблице 7 приведены данные, полученные различными сотрудниками Лаборатории АН СССР, о количестве Pu, остающемся в р-ре при осаждении Pu с лантаном в виде двойного сульфата с калием в восстановительной среде. На однократное осаждение расход лантана производился из расчета 1г. $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ на 1 литр раствора.

Из данной таблицы видно, что с первой порцией лантана осаждается от 94 до 99% Pu, в среднем эта величина составляет 96,7%.

О ПРИМЕНЕНИИ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ Pu

В связи с сообщением проф. А.П. Ратнера об успешном применении бихромата калия в РИАН для окисления Pu при выделении Pu лантан-сульфатным методом, нами была проверена возможность замены применявшегося нами для окисления Pu персульфата аммония на бихромат калия. Задача сводилась к определению потерь Pu по узлам лантан-сульфатной схемы в одном окислительно-восстановительном цикле. Было поставлено пять параллельных опытов. В каждом опыте взято по 5 мл 2N HNO_3 , с содержанием Pu=732имп./мин. и $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 г.

Ход опыта сводился к следующему:

1. К раствору добавлено 0,05 г $K_2Cr_2O_7$ и произведено окисление Pu при нагревании при $t^\circ - 93-96^\circ$ в течение 1 часа. Раствор насыщен K_2SO_4 , осадок двойного сульфата K и La отделен на центрифуге и промыт насыщенным раствором K_2SO_4 . Промывные воды присоединены к основному раствору, а в осадке двойного сульфата определено количество захваченного Pu.
2. Раствор выпарен до 5 мл., насыщен SO_2 и через 1 час добавлено 0,12 мл 4% раствора нитрата лантана, через 12 часов осадок двойного сульфата K и La отделен и в нем определено содержание Pu, а в растворе добавлением второй порции 0,12 мл. 4% раствора нитрата лантана произведено повторное осаждение лантана с оставшимся Pu. Полученные результаты представлены на таблице 8.

Таблица 8

Потери Pu по узлам лантан-сульфатного метода при применении в качестве окислителя $K_2Cr_2O_7$.

Взято Pu имп/мин	Окислительная среда. Потери с осадком двойного сульфата		Восстановительная среда				ВСЕГО выделено Pu	
			Первое осаждение La с Pu		Повторное осаждение La с Pu			
	имп/мин	%	имп/мин	%	имп/мин	%	имп/мин	%
32	15	2,0	672	91,8	27	3,7	714	97,5
32	13	1,8	700	95,6	15	2,0	728	99,4
32	16	2,2	678	92,6	20	2,7	714	97,5
32	5	0,7	660	90,1	29	4,0	694	94,8
32	13	1,8	630	86,1	12	1,6	655	89,5
		1,7		91,2		2,8		95,8

Эти результаты хорошо соответствуют данным, полученным при применении в качестве окислителя персульфата аммония. (См. также таблицы 6, 7)

В ряде последующих опытов в качестве окислителя для Pu применяли бихромат калия.

Окислитель	Потери Pu с осадком двойного сульфата в окислительной среде	Потери Pu после одного осаждения с лантаном в восстановительной среде
$(NH_4)_2S_2O_8$	1,6%	3,3%
$K_2Cr_2O_7$	1,7%	2,8%

О НОРМАХ РАСХОДА ЛАНТАНА ПРИ ОСАЖДЕНИИ Pu С ЛАНТАНОМ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Ранее нами было принято двухкратное осаждение лантана с Pu в восстановительной среде. Норма расхода лантана на одно осаждение составляла 1 г. $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ на один литр раствора, на два осаждения требовалось 2 г. $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ или 0,6 г. элементарного лантана.

В опыте 2 осаждение Pu с лантаном в восстановительной среде в микромасштабе проводилось трижды на уменьшенных порциях лантана, причем количество Pu, остающееся после этого в растворе, было ничтожно малым. Это обстоятельство вызвало необходимость постановки дополнительных опытов.

Ход опыта был следующий:

Было взято три порции по 5 мл 2N раствора HNO_3 , содержащего 0,05 г. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и 732 имп/мин Pu.

Раствор насыщен SO_2 при $t^\circ - 20-25^\circ\text{C}$ и в нем произведено трехкратное осаждение Pu с двойным сульфатом калия и лантана при следующих нормах расхода лантана:

Первое осаждение..... 0,05 мл. 4% раств. нитрата лантана
 Второе осаждение..... 0,37 мл — “ —
 Третье осаждение..... 0,037 мл — “ —
 Всего на три осаждения..... 0,125 мл 4% раств. нитр. лант

что соответствует норме расхода лантана на три осаждения $0,4+0,3+0,3 = 1$ гр. $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ или 0,3 грамма элементарного лантана на 1 литр раствора, т.е. вдвое менее ранее принятой нами величины.

Отделение осадков производилось каждый раз через 12-15 часов после начала осаждения.

Полученные данные представлены в таблице 9.

Таблица 9

Осаждение Pu с лантаном в восстановительной среде на уменьшенном количестве лантана

Взято Pu имп/мин	Выделено Pu По осаждениям						Всего выделено Pu	
	I		II		III			
	имп/мин	%	имп/мин	%	имп/мин	%	имп/мин	%
732	700	95,6	3	0,4	~1	0,1	705	96,1
732	707	96,5	3	0,4	~1	0,1	711	97,1
732	710	97,0	14	2,0	~1	0,1	725	99,0
		96,4		0,9		0,1		97,4

При анализе полученных результатов в первую очередь необходимо отметить, что количество Pu, выпадающее с каждой уменьшенной порцией лантана, по своей величине соответствует количеству Pu, выпадающему с ранее принятой порцией лантана. Отсюда вытекает, что проводя таким путем трехкратное осаждение лантана с Pu взамен 2-х кратного, можно осадить Pu с меньшими потерями при расходе лантана вдвое меньше ранее принятого.

ОСАЖДЕНИЕ Pu^{+3} С ДВОЙНЫМ СУЛЬФАТОМ КАЛИЯ И ЛАНТАНА

При получении соединений трехвалентного Pu нами была замечена сравнительно незначительная растворимость сульфата трехвалентного Pu и двойного сульфата калия и Pu^{+3} .

Уже незначительное количество K_2SO_4 в растворе, весьма далекое от насыщения, вызывало частичное выпадение двойного сульфата калия и трехвалентного Pu. Согласно этих наблюдений мы предполагали, что двойной сульфат K и Pu^{+3} имеет меньшую растворимость, чем двойной сульфат K и Pu^{+4} .

Интересно было проверить влияние валентности Pu на величину соосаждения с лантаном.

С этой целью было поставлено три параллельных опыта. Условия опытов были точно такими же, как в предыдущем случае /см.таблицу 9/, только восстановление Pu производилось SO_2 не на холоде, а при $t - 90-95^\circ C$, в течение 30 минут. В этих условиях Pu должен быть восстановлен до трехвалентного состояния. Результаты опыта приведены в таблице № 10.

Таблица 10

Осаждение Pu^{+3} с двойным сульфатом лантана и калия

Взято Pu имп/мин	Выделено Pu по осаждениям						Всего выделено Pu	
	I		II		III		имп/мин	%
	имп/мин	%	имп/мин	%	имп/мин	%		
732	712	97,2	7	1,0	1	0,1	720	98,3
732	716	97,8	5	0,7	0	0,0	721	98,5
732	720	98,4	11	1,5	0	0,0	731	99,9
		97,8		1,1				98,8

Различие в результатах соосаждений Pu^{+3} и Pu^{+4} /см.табл.9/ незначительно, оно не превышает ошибки измерений. Таким образом, при данных условиях соосаждения состояние валентности Pu мало сказывается на полноте осаждения. Для выявления различия поведения Pu^{+3} и Pu^{+4} необходимо поставить новые опыты в условиях фракционированного соосаждения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Приведено описание опытов по выделению 6 мг Pu марганцево-сульфатным методом и 17 мг Pu ацетатно-сульфатным методом.
2. Проверено и рекомендуется для ацетатного осаждения урана и Pu добавка надсернистого аммония для повышения окислительного потенциала раствора при осаждении ацетатом натрия.
3. Разработана методика концентрирования и выделения Pu в виде чистых соединений без носителя.
4. Получен ряд соединений Pu, свободных от вещества носителя.
5. Даны ориентировочные значения растворимости ряда труднорастворимых соединений Pu – гидроокись, фторид, гидрат перекиси и иодат.
6. Получен ряд данных, характеризующих лантан-сульфатную схему выделения Pu.

1955

СУЛЬФАТНЫЙ МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ПЛУТОНИЯ И НЕПТУНИЯ*

Б. В. Курчатов

Сульфатный метод выделения трансурановых элементов основан на свойстве Np(IV) , Pu(III) и Pu(IV) соосаждаться из водных растворов с двойным сульфатом калия и лантана. Это свойство плутония было обнаружено также другими авторами [1]. Для нептуния полученный результат расходится с наблюдениями Хана и Штрассмана (Hahn, Strassman [2]). В высшем состоянии окисления указанные элементы не соосаждаются с двойным сульфатом. Это различие было использовано для разработки аналитического метода определения плутония. Метод успешно применен в заводских условиях для анализа отдельных производственных растворов. Метод оказался пригоден как для индикаторных, так и весовых количеств плутония. Это позволило применить его не только для аналитических целей, но и для задач извлечения плутония (а также нептуния и америция) из разведенных растворов.

Сущность метода состоит в осаждении нептуния или плутония с лантаном в виде двойного сульфата с калием в восстановительной среде и сбросе лантана в виде двойного сульфата в окислительной среде, после чего повторяется осаждение на меньшем количестве лантана в восстановительной среде. Таким путем за один цикл достигается извлечение этих элементов из исходного раствора, а также уменьшение количества носителя и объема раствора в 10–15 раз. Одновременно происходит существенная очистка нептуния и плутония от продуктов деления.

В настоящей работе излагаются результаты проверки метода на индикаторных и весовых количествах плутония.

Кроме того, приведены данные исследования процесса соосаждения плутония (IV) с двойным сульфатом.

* Совместно с В.И.Гребенщикой, Г.Н.Яковлевым, Н.Б.Чернявской

Состав раствора при осаждении из восстановительной среды: HNO_3 5–7%; SO_2 – около 1%, лантана 0,2–0,3 мг/мл. Восстановление проводится 1 час при комнатной температуре, после чего раствор насыщается сульфатом калия. Осадок отделяется через 10–12 часов. В этих условиях с осадком двойного сульфата лантана и калия соосаждается 95–99% плутония. Процент осажденного плутония остается одинаковым как для индикаторных, так и весовых количеств плутония (IV).

Для количественного извлечения плутония необходимо проводить повторное осаждение путем введения в раствор новой порции лантана.

Ряд опытов был поставлен по изучению влияния более глубокого восстановления плутония. Для этого восстановление проводилось при помощи SO_2 при температуре 90–95° в течение 30 минут. В этих условиях плутоний восстанавливается до трехвалентного состояния. В осадок двойного сульфата переходило в среднем 98% плутония, т. е. заметной разницы по отношению к предыдущим опытам выявлено не было.

Для окисления плутония до шестивалентного состояния применялся бихромат калия или надсерноокислый аммоний. Бихромат калия брался из расчета 10 г на 1 л раствора и окисление проводилось при 95–98° в течение 1 часа.

Для окисления плутония надсерноокислым аммонием применялась концентрация окислителя – 10 г на 1 л раствора с добавкой 1 г азотнокислого серебра. Обычно практиковалось слабое нагревание до 35–40°.

Продолжительность окисления составляла около часа. После окисления лантан сбрасывался насыщением раствора серноокислым калием, а серебро осаждалось в виде хлорида. Осадок двойного сульфата захватывал, независимо от количества плутония и способа окисления, около 2% плутония. Количество осаждаемого лантана составляло 3 г на 1 л раствора.

Для количественного извлечения плутония осадок двойного сульфата растворялся и переосаждался в окислительной среде. Растворение осадков двойного сульфата производилось в 0,5 н. HNO_3 . Для концентрирования лантан с плутонием осаждался в виде гидроокиси водным раствором аммиака.

При использовании для аналитических целей сульфатный метод обладает некоторыми преимуществами перед известной лантан-фторидной схемой. Он позволяет работать в стеклянной посуде; это облегчает производство массовых анализов и исключает случайные ошибки за счет восстанавливающих примесей, что возможно при работе с плавиковой кислотой.

Ниже излагаются результаты дополнительных исследований влияния различных факторов на полноту соосаждения, а также предварительные данные о механизме увлечения плутония в твердую фазу. Изучалось выделение

плутония с двойным сульфатом калия и лантана в растворах 1,5 н. HNO_3 в зависимости от времени осаждения твердой фазы, концентрации K_2SO_4 в растворе и количества добавленного лантана. Результаты даны в таблице 1.

Таблица 1

Количество La, мг/мл	Количество соосажденного плутония в процентах для различного времени отстаивания осадка		
	10 мин.	2 часа	12 часов
0,2	83	–	98
0,4	88	93	99
0,6	88	99	–
1,2	98	–	100

Данные относятся к растворам, насыщенным сульфатом калия, и представляют среднее из 3–4 опытов.

Полученные результаты позволяют варьировать условия выделения плутония сульфатным методом в соответствии с поставленной задачей.

Уменьшение концентрации сульфата калия в растворе сравнительно мало сказывается на полноте выделения плутония, несмотря на значительное увеличение растворимости двойного сульфата. Количество оставшегося плутония в растворе через 2 часа после осаждения двойного сульфата (исходная концентрация La – 0,6 мг/мл) составляет 0,9; 3,7; 4,5% для концентраций сульфата калия, соответственно равных 1,5, 1,1 и 0,8 моля на литр.

Для выяснения механизма захвата изучены коэффициенты распределения плутония между осадком и раствором. Предварительно определялся состав двойного сульфата калия и лантана и растворимость этой соли.

Установлено, что в интервале концентраций раствора от 0,2 до 1,5 М по K_2SO_4 состав соли отвечает формуле $\text{K}_3\text{La}(\text{SO}_4)_3$, независимо от порядка добавления реактивов, при избытке в конечном растворе сульфата калия.

Рентгенографические исследования показали, что все осадки имеют одну и ту же структуру.

Растворимость двойного сульфата определялась в термостате при 20°. Равновесие с раствором устанавливалось для 0,2 М раствора K_2SO_4 за 8 часов, для 0,4, 0,8 и 1,5 М – за 16 часов.

Данные по растворимости приведены в таблице 2.

Таблица 2

Состав раствора			Количество $K_3La(SO_4)_3$ в граммах в 100 мл раствора
0,2 М	по	K_2SO_4	} 2,241
1,5 М	„	HNO_3	
0,4 М	„	K_2SO_4	} 0,172
1,5 М	„	HNO_3	
0,8 М	„	K_2SO_4	} 0,0064
1,5 М	„	HNO_3	
1,5 М	„	K_2SO_4	} 0,0003
1,5 М	„	HNO_3	

Механизм соосаждения плутония с $K_3La(SO_4)_3$ изучался тремя методами, предложенными В. Г. Клопиным.

I. Проводилось выделение плутония с $K_3La(SO_4)_3$ из пересыщенных растворов двойного сульфата при 20° и перемешивании механической мешалкой со скоростью 300 оборотов в минуту.

Предварительно была определена скорость снятия пересыщения $K_3La(SO_4)_3$ в 0,2 и 0,4 М растворах K_2SO_4 при быстром перемешивании.

Для снятия пересыщения на тот же процент 0,4 М раствор K_2SO_4 должен быть пересыщен в 5 раз больше, чем 0,2 М раствор. Выделение осадка $K_3La(SO_4)_3$ происходит очень медленно. В растворах 0,4 М по K_2SO_4 и при количестве $K_3La(SO_4)_3$ в 10 раз превышающем его растворимость, требуется 15 часов для полного снятия пересыщения, чем можно объяснить трудное выделение последних 2–3% плутония при производстве анализа.

Опыты по соосаждению плутония с двойным сульфатом из пересыщенных растворов проводились следующим образом: навеска двойной соли, отвечающая двукратному (для 0,2 М раствора K_2SO_4) или десятикратному (для 0,4 М раствора K_2SO_4) пересыщению при 20°, растворялась при 60° в определенном объеме раствора, содержащем известное количество Ри (IV). Пробирку с раствором помещали в термостат при температуре 20° и выдерживали до выравнивания температуры. После этого путем быстрого механического перемешивания производилось выделение твердой фазы. По прекращении перемешивания и отстаивания осадка пробы отбирали на анализ. В первых опытах было обнаружено, что в 0,2 М растворе K_2SO_4 выпавшие первые 10% соли увлекают 94% Ри, 60% соли захватывают $100 \pm 1\%$ плутония; в 0,4 М растворе K_2SO_4 первые 15% соли увлекают 69% Ри, при снятии пересыщения на 83% увлекается $100 \pm 1\%$ плутония.

Это свидетельствует о неравновесном распределении плутония между кристаллами и раствором, т. е. о возможности распределения по закону Дорнера и Госкинса:

$$\ln \frac{x}{a} = \lambda \ln \frac{y}{b},$$

где a – количество микрокомпонента в растворе до кристаллизации; x – количество микрокомпонента в растворе после кристаллизации; b – количество макрокомпонента в растворе до кристаллизации; y – количество макрокомпонента в растворе после кристаллизации.

Действительно, во всех проведенных опытах мы получили для 0,2 М раствора K_2SO_4 за 30 минут перемешивания коэффициент l равным 27, для 0,4 М раствора K_2SO_4 l равен 7.

Этот коэффициент, как и следовало ожидать, уменьшается при длительном перемешивании в результате перекристаллизации осадка, ведущей к получению однородных кристаллов.

Зависимость величины l от концентрации K_2SO_4 в растворе объясняет слабое влияние изменения концентрации K_2SO_4 на полноту выделения плутония.

II. Проводилась длительная перекристаллизация осадка $K_3La(SO_4)_3$ до установления при 20° истинного равновесия между кристаллами и раствором, содержащим Ри (IV), с целью определения коэффициента распределения D по уравнению В. Г. Хлопина:

$$\frac{x(1-y)}{y(1-x)} = D,$$

где x – количество микрокомпонента, перешедшего в твердую фазу; y – количество макрокомпонента, перешедшего в твердую фазу; $1-x$ – количество микрокомпонента, оставшегося в растворе; $1-y$ – количество макрокомпонента, оставшегося в растворе.

Истинное равновесие для данной системы в 0,2 М растворе K_2SO_4 устанавливается для свежеприготовленной суспензии $K_3La(SO_4)_3$ через 48–50 часов, для состарившейся суспензии двухмесячного возраста – через 100 часов.

Для обеих суспензий коэффициент распределения D равен 29 и близок к найденному при выделении твердой фазы коэффициенту l (27).

III. Была проведена перекристаллизация осадка, содержащего плутоний, в неактивном 0,4 М растворе K_2SO_4 в течение 125 часов.

Коэффициент Дорнера и Госкинса уменьшился до 1,7, в то время как для коэффициента распределения D В. Г. Хлопина получено значение 6,8, т. е. коэффициент D сравнялся с найденным ранее максимальным значением l (7).

Из проведенного исследования следует, что четырехвалентный плутоний входит в решетку двойной соли калия и лантана, несмотря на то, что имеет отличную от лантана валентность.

Вероятно, при этом происходит образование аномальных смешанных кристаллов.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.F. Voigt, A. Kant a. R.E. Heip; R.E. Connick, W.H. McVey a. G.E. Sheline. Цитируется по Paper 3.8 of "The Transuranium Elements", part 1, p. 163–167. New York, (1949).
2. F. Strassman u. O. Hahn. Naturwiss, 30, 256, (1942).

1956

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В АТМОСФЕРЕ Sr^{90} И ДРУГИХ ДОЛГОЖИВУЩИХ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ

Под редакцией Б.В. Курчатова

Радиохимический анализ самолетных фильтров, с помощью которых собиралась радиоактивная пыль на высоте 3000-7000 метров, показал постоянное присутствие в атмосфере долгоживущих продуктов деления – Sr^{90} ($T_{1/2}=20$ лет), Ce^{144} ($T_{1/2}=280$ дней), Ru^{106} ($T_{1/2}=290$ дней), Cs^{137} ($T_{1/2}=33$ года).

В 1955 году было проведено свыше 40 анализов таких фильтров с целью исследования зараженности атмосферы продуктами взрывов атомного и водородного оружия. Определение количества долгоживущих продуктов деления наиболее целесообразно для исследования этого вопроса, т.к. их содержание в атмосфере оказалось мало чувствительным к прохождению отдельного радиоактивного облака и является, таким образом, характеристикой длительной зараженности атмосферы.

Далее для оценки возможного влияния на биосферу земли особенно важны сведения о количестве и поведении в атмосфере изотопа Sr^{90} , обладающего максимальной токсичностью.

Проведение сбора радиоактивной пыли выполнено самолетами, летавшими над Европейской частью СССР на высоте около 3000 м. и около 7000 м. Некоторые полеты были совершены над Средне-Азиатской частью СССР. Объем воздуха, прошедший через фильтр, при каждом сборе обычно составлял около 10 куб. метров.

Для проведения анализа фильтры в большинстве случаев сжигались и зола переводилась в раствор обработкой плавиковой и азотной кислотами с добавкой носителей определяемых элементов.

Из азотнокислого раствора барий и стронций осаждались серной кислотой, редкие земли выделялись в виде фторидов, из оставшегося раствора выделялся цезий. Каждая фракция подвергалась тщательной очистке.

Барий и стронций очищались 3х-кратным высаливанием нитратов азотной кислотой, после разделения хроматным методом, раствор стронция оставлялся на 10-15 дней для накопления дочернего Y^{90} . Иттрий осаждался аммиаком и переосаждался еще раз в виде гидроокиси в присутствии неактивного стронция.

Для очистки церия применялось 3х-кратное осаждение в виде фторида, 3-кратное осаждение иодата $Ce(IV)$, отделение циркония в виде иодата от $Ce(III)$, осаждение оксалата церия.

Очистка церия проводилась сбросом активности из раствора, осаждением различных сульфидов в кислой и щелочной средах, осаждением карбонатов и гидроокисей.

После удаления SO_4 -иона, выпаривания и прокаливания, отделялся натрий высаливанием соляной кислотой и осаждался цезий в виде $Cs_3 Bi_3 J_3$ с переосаждением 3 раза. В заключение цезий выделялся в виде перхлората. Отсутствие распада в течение полугода подтверждало чистоту препарата.

Для анализа фильтра на рутений производилось мокрое сжигание фильтра в смеси серной кислоты и пергидроля с добавкой носителя рутения. Рутений отгонялся после окисления перманганатом калия и восстанавливался до металла магнием.

Измерения β -активности образцов производились торцевым счетчиком Гейгера с толщиной окна 3 мг/см, диаметром 2 см. Проведенное предварительное эталонирование счетчика с помощью счетчика с геометрией 4П для каждого изотопа позволяло переходить к абсолютному счету и вычислять число атомов определяемого изотопа, собранных фильтром.

Образцы стронция содержали обычно два изотопа — Sr^{89} и Sr^{90} . Количество Sr^{90} определялось по дочернему Y^{90} , активность Sr^{89} легко получалась из начальной активности образца стронция вычитанием активности Sr^{90} с учетом эффективности счета перечисленных изотопов.

Образцы церия содержали смесь изотопов Ce^{141} , Ce^{144} и находящегося в равновесии дочернего Pr^{144} . Количество Ce^{144} определялось по интенсивности жесткого β -излучения Pr^{144} , для чего производились измерения образца с алюминиевым фильтром толщиной 160 мг/см. Для нахождения количества Ce^{141} соотношение мягкой и жесткой β -компонент в исследуемом образце сравнивалось с их соотношением в образцах Ce^{144} .

Образцы рутения содержали смесь изотопов Ru^{103} и Ru^{106} с дочерними изотопами родия. Количество Ru^{106} определялось по интенсивности жесткого β -излучения Rh^{106} путем измерения образца с алюминиевым фильтром толщиной 50 мг/см. Количество Ru^{103} определялось, аналогично Ce^{141} , по соотношению мягкого и жесткого β -излучения в образце. Определение полного числа распадов Ce^{141} , Ce^{144} , Ru^{103} , Ru^{106} производилось как и для других изотопов путем эталонирования установки по измерениям на пропорциональном счетчике с геометрией 4л.

В тех случаях, когда фильтр собирал также свежую активность, для определения среднего содержания Sr^{90} в атмосфере вносилась поправка на долю Sr^{90} , извлеченную фильтром из пришедшего радиоактивного облака, т.к. последняя величина, отвечая местной концентрации Sr^{90} в облаке, не является характерной для длительного загрязнения атмосферы. Эта поправка была обычно незначительной. Она вносилась путем вычитания числа атомов Sr^{89} , найденного в фильтре и пересчитанного на дату взрыва, из числа атомов Sr^{90} (при этом мы исходили из приближенного допущения о равенстве выходов Sr^{89} и Sr^{90} в продуктах нового взрыва).

Аналогично содержание в атмосфере Ce^{144} рассчитывалось как разность числа атомов Ce^{144} и Ce^{141} для случаев наложения свежей активности.

Для Ru^{106} такой поправки не вводилось, но отбирались только те случаи, когда отношение Ru^{106}/Ru^{103} было больше 3. Полученные результаты по содержанию Sr^{90} , Ce^{144} , Sr^{90} и Cs^{137} в атмосфере представлены на рис.1. По оси абсцисс отложено время наблюдения, по оси ординат – число радиоактивных атомов, содержащихся в 1 литре воздуха при атмосферном давлении.

Данные для Sr^{90} обнаруживают наибольшие нерегулярные колебания до одного порядка величины, несколько устойчивее результаты для Ce^{144} . Концентрации в воздухе Ru^{106} и Cs^{137} оказались довольно постоянны, хотя количество анализов невелико.

Из рассмотрения рис.1 видно, что нет явной зависимости от высоты сбора. Не обнаружено также зависимости от длины маршрута и места сбора, что указывает на относительно равномерное распределение долгоживущих изотопов над большой территорией.

За период март-май 1955 года не выявилось значительной тенденции к увеличению концентрации Sr^{90} и Ce^{144} , несмотря на поступление за это время ряда радиоактивных облаков из США. Это показывает, что рассеяние радиоактивного облака происходит довольно медленно.

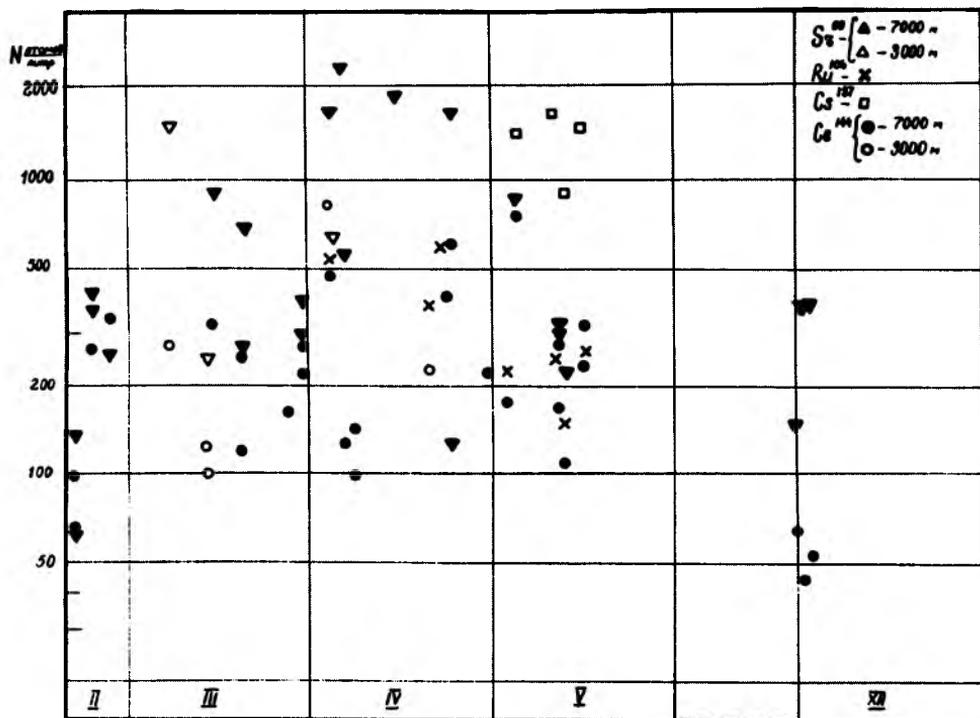


Рис. 1. Содержание продуктов деления в атмосфере в 1955 году

В табл. 1 приведены средние значения концентрации Sr^{90} и Ce^{144} , также относительные содержания Sr^{90} , Ru^{106} , Cs^{137} (количество атомов Ce^{144} принято за единицу).

Таблица 1

Период наблюдения	Среднее содержание атомов на 1 литр воздуха		Среднее относительное содержание ($Ce^{144}=1$)		
	Sr^{90}	Ce^{144}	Sr^{90}	Ru^{106}	Cs^{137}
март-май 1955 г.	$(6,6 \pm 5) \cdot 10^2$	$(2,6 \pm 1,5) \cdot 10^2$	$2,3 \pm 1$	$1,5 + 0,5$	7 ± 1
декабрь 1955 г.	$(3 \pm 1) \cdot 10^2$	$(0,5 \pm 0,1) \cdot 10^2$	~ 4	—	—

Данные анализы за декабрь 1955 г. дают некоторые указания, что за интервал май-ноябрь произошло уменьшение содержания Sr^{90} и Ce^{144} , а также изменение состава смеси осколков. Уменьшение активности частично обусловлено использованием фильтров с меньшей (приблизительно в 2 раза) эффективностью сбора.

Изменение состава в сторону еще большего отклонения от нормального отношения $\text{Sr}^{90}/\text{Ce}^{144}$ указывает формально на больший возраст смеси осколков, т.е. получен результат, обратный ожидаемому. Таким образом, эти данные, во всяком случае, не подтверждают простой картины накопления в атмосфере долгоживущих продуктов деления и указывают на сложное наложение эффектов перемещения воздушных масс и оседания радиоактивных аэрозолей.

Относительное содержание долгоживущих осколков, как видно из таблицы, существенно отличается от нормального содержания их в продуктах взрыва. Относительно малое содержание Ru^{106} и Ce^{144} по сравнению со Sr^{90} и Cs^{137} можно попытаться объяснить распадом первых двух осколков, имеющих период полураспада около 1 года. Однако такое объяснение не является единственно возможным, не исключена разная скорость выпадения (или вымывания) осколков из атмосферы. Объяснение аномально большого содержания Cs^{137} можно искать также в дополнительном загрязнении атмосферы за счет работы реакторов с воздушным охлаждением.

В заключение следует отметить, что исследование содержания долгоживущих продуктов деления в атмосфере может дать кроме сведений о степени заражения радиоактивностью еще новые данные о перемещении воздушных масс.

АННОТАЦИЯ

Определено радиохимическими анализами самолетных фильтров среднее содержание некоторых долгоживущих продуктов деления в атмосфере над территорией СССР в 1955 году.

1957

СТРОНЦИЙ-90 В БИОСФЕРЕ*

Б. В. Курчатова

Стронций-90, радиоактивный изотоп стронция, является одним из продуктов деления урана и плутония. Он наряду с другими радиоактивными продуктами деления образуется в больших количествах при каждом испытании ядерного оружия.

При мощных взрывах термоядерного оружия основные массы образовавшихся радиоактивных продуктов оказываются заброшенными в стратосферу, где они перемешиваются воздушными течениями и распространяются вдоль всей поверхности земли.

В результате проведенных с 1954 года испытаний ядерного оружия в настоящее время создалась совершенно новая ситуация для жизни на земле — все биосреды, т.е. воздух, почва, открытые водоемы, животный и растительный мир оказались зараженными новыми радиоактивными изотопами, ранее несодержавшимися в этих средах. Радиоактивная зараженность поверхности земли продуктами ядерных взрывов является весьма низкой и необходимы очень чувствительные методы для ее обнаружения. Тем не менее она реальна и ставит перед наукой новый вопрос — какое влияние на растительный, животный мир и человека оказывает и может оказать в дальнейшем создавшееся изменение условий жизни.

Внешнее облучение организма излучениями от новых радиоактивных изотопов, является незначительным по сравнению с действием излучения от природных радиоактивных элементов, содержащихся в почве, и излучения, приходящего из космического пространства. Гораздо сложнее обстоит

* [После 1957 г.] Из папки “Рукописи”. Машинопись с правкой автора. Автограф Б.В.Курчатова в конце текста. — Р.К.

вопрос с так называемым внутренним облучением, т.е. воздействием радиации от проникших внутрь организма новых радиоактивных веществ. Здесь приходится считаться с действием долгоживущих продуктов ядерных взрывов и, в первую очередь, стронция-90, цезия-137 и углерода-14. Вопрос о биологическом действии этих изотопов привлекает с каждым годом все большее внимание ученых и вырос в одну из актуальных проблем современности. Подавляющее большинство исследователей оценивает создавшееся положение с зараженностью биосферы этими радиоэлементами как вызывающее серьезную тревогу. Вопрос изучался ряд лет Радиационным Комитетом ООН, соединяющим ученых ряда стран. Он явится предметом обсуждения Генеральной Ассамблеи ООН.

Вся проблема имеет много сторон. Мы попытаемся осветить кратко один вопрос об уровне зараженности стронцием-90 различных биосред и о путях попадания его в организм человека.

Стронций-90 является одним из наиболее опасных продуктов ядерных взрывов. Он концентрируется в костях человека и благодаря большому периоду полураспада (28 лет) и большому периоду выведения из организма (около 11 лет) его излучение длительно воздействует на человека и, в первую очередь, на костный мозг, что может привести к тяжелым заболеваниям (лейкемия, саркома).

Мы будем основываться преимущественно на данных по зараженности стронцием-90, полученных в СССР. Ввиду малых различий в уровнях зараженности различных стран, полученные результаты характеризуют положение во всем северном полушарии (более зараженном, чем южное) и сделанные выводы могут иметь общий интерес.

Стронций-90 находится в воздухе в воднорастворимом состоянии в виде соединений, сорбированных на мельчайших частицах пыли размером меньше одного микрона. Фильтрацией достаточно больших объемов воздуха (порядка 100000 куб.метров) специальными аэрозольными фильтрами можно собрать радиоактивную пыль и определить в ней количество стронция-90. Такие анализы показывают, что концентрация стронция-90 в воздухе сильно колеблется.

Так, в Москве на уровне земли за период сентябрь-ноябрь 1957 года она менялась от $0,063 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ микромикрокури на один куб.метр воздуха (микромикрокури составляет 2,2 распада в минуту). Легко подсчитать, что через легкие в человека попадает в сутки не более 0,1 мкмккюри стронция-90. Это значительно меньше, чем количество его, попадающее с пищей. Например, с одним литром молока поступает в человека 6 мкмккюри стронция-90.

Основную опасность для человека представляет выпадение стронция-90 из воздуха. Мельчайшие частицы пыли с сорбированным на них стронцием-90 оседают на растительном покрове и на поверхности почвы. Существенную роль при этом играет выпадение дождя, очищающего нижние слои атмосферы от пыли и тем самым от стронция-90. При этом стронций-90 поглощается в верхних слоях почвы. В итоге почва оказывается своеобразной кладовой стронция-90, количество которого в ней непрерывно растет. Изучение почв в СССР, проведенное в 1956 году, показало, что в среднем в верхнем слое почвы на 1 кв.километр содержится 6 милликюри стронция-90 (одно милликюри — 2,2 миллиарда распадов в минуту). В южных районах количество стронция-90 в почве оказалось большим и составляло 9-11 милликюри на кв.км., что, вероятно, связано с большим количеством осадков. Так как главная масса продуктов взрыва забрасывается в стратосферу и затем медленно, в течение ряда лет, поступает в нижние слои атмосферы, то даже при прекращении испытаний ядерного оружия в 1958 году стронций-90 будет продолжать выпадать, и количество его в почве по осторожным оценкам достигнет в 1970 году 20 милликюри на кв. км. При продолжении испытаний (в масштабах 1956 года), ожидается наступление равновесия примерно к 2000 году с постоянной зараженностью почвы на уровне 200-300 милликюри стронция-90 на кв.км. Эти цифры близки к средним значениям зараженности земного шара, предсказываемым Комитетом ООН, по действию радиации.

Стронций-90 фиксируется в почве в усвояемой растениями форме. Следует подчеркнуть, что далеко не одна почва является источником заражения растений. Уже первые исследования в 1955 году зараженности травяного покрова под Москвой показали, что количество стронция-90 в растениях, взятых с определенной площади, составляет от 7 до 35% от количества его в почвенном слое на той же площади. Это показывает, что заражение растения может идти в значительной мере непосредственно через листья, путем усвоения выпадающего из воздуха стронция-90.

Из двух пищевых цепочек, растение — человек и растение -животное — человек, по которым стронций-90 попадает в человека, основное внимание в литературе отводится второй цепочке. При этом исходят из соображения, что стронций, в том числе и радиоактивный стронций-90, ввиду химической близости к кальцию, ведет себя аналогично кальцию в пищевых цепочках и при распределении в организме. Основным источником кальция, а тем самым и стронция, при питании человека смешанной пищей является молоко и молочные продукты. Поэтому основное внимание уделялось до сих пор концентрации стронция-90 в молоке. Для характеристики зараженности стронцием-90

принято относить его количество к кальцию и выражать зараженность в так называемых стронциевых единицах. Одна стронциевая единица (с.е.) равна одному мкмкюри стронция-90 на 1 грамм кальция. Установлено, что зараженность стронцием-90 молока в несколько раз меньше, чем зараженность растений, т.е. молоко и животная пища создают некоторый барьер для проникновения стронция-90 в человека. При питании растительной пищей этот барьер отсутствует и опасность заражения человека стронцием-90 значительно возрастает. Виды растительных продуктов питания крайне разнообразны и изучение их в отношении зараженности стронцием-90 носит еще очень отрывочный характер. Существенную роль в питании больших континентов населения земного шара играют злаки. Однако в литературе почти полностью отсутствуют данные о их зараженности радиоактивными веществами.

Тем больший интерес представляют исследования по зараженности пшеницы и ржи, проведенные в СССР.

Пробы зерна урожая 1956 года, взятые из самых различных мест от Западной Белоруссии до Восточной Сибири и от северных областей (Архангельская область) до южных районов СССР (Казахстан), оказались одного порядка зараженности. В среднем в 1 кг. зерна содержалось 26 мкмкюри стронция-90, что отвечает средней зараженности 69 стронциевых единиц.

По сравнению с молоком, в котором содержание Sr90 составляло по СССР в 1956-57 гг. в среднем 4,9 с.е., зараженность зерновых оказалась таким образом в 14 раз больше. Стронций-90 распределен в зерне неравномерно.

Промывкой слабой соляной кислотой можно было удалить с поверхности зерна около половины всей активности стронция-90. Это показывает на существенную роль заражения пшеницы и ржи непосредственно из воздуха.

Очевидно весьма важно сопоставить полученные данные с результатами, наблюдавшимися в других странах. К сожалению, имеются только данные для Японии, где обнаружены в 1957 году еще большие значения зараженности пшеницы – 153-170 с.е. Зараженность пшеничной муки выражалась значением 53 с.е. Можно ожидать, что еще большая зараженность пшеницы имеет место в США, где содержание стронция-90 в почве и годовое выпадение из воздуха этого изотопа выше, чем в СССР и Японии, и является максимальным во всем мире.

По данным японских ученых оказался сильно зараженным и другой вид злаков – рис. Содержание стронция-90 в очищенном рисе в 1956 году составляло 49 с.е., в неочищенном – 154 с.е. и достигало в отдельных пробах громадных значений 250 с.е.

Для оценки опасности для человека от стронция-90, вносимого с пищей, необходимо знать кроме зараженности пищи еще изменение отношения стронция-90 к кальцию при усвоении пищи человеком. Этот вопрос изучен еще очень мало. По-видимому, это отношение меняется для различных видов пищи. По данным американских исследователей при переходе стронция-90 и кальция из пищи в кости человека отношение стронция к кальцию уменьшается от 2 до 4-х раз. Исходя из этих цифр можно сделать расчет равновесной концентрации стронция-90 в костях человека. При этом мы будем исходить из двух основных источников стронция-90 в пище человека — молока и злаков. При оценке роли злаков возникает серьезная трудность, связанная с различной обработкой зерна. Помол с отделением оболочки зерна приведет к удалению значительной доли стронция-90 и полученная мука будет менее зараженной.

Мы примем зараженность хлеба равной зараженности зерна. Это отвечает массовым видам хлебных изделий из муки простого помола /без отделения отрубей/ и расчет будет отвечать максимальной опасности. Данные расчета приведены в таблице.

Равновесная концентрации стронция-90 в костях человека на конец 1956 — начало 1957 г.г. при различных диетах

Диета по кальцию	Равновесная концентрация стронция-90 в костях человека (расчет)
100% кальция поступает из молока	1,2-2,5 стр.единиц.
75% кальция из молока 25% кальция из хлеба	5,5-11 стр.един.
50% кальция из молока 50% кальция из хлеба	9,5-19 стр.един.

Таблица на примере приведенных условных диет наглядно демонстрирует растущую опасность стронция-90 для слоев населения, питающихся смешанной пищей с существенной долей злаков в кальциевом рационе. Такой же вывод сделан в докладе Комитета ООН по действию радиации в отношении “рисовой” диеты. Диета, в которой основным источником кальция является рис, приводит к 6 раз большему облучению костей радиацией стронция-90, чем диета, в которой большая часть кальция поступает с молоком.

Для сравнения с действительным положением дела необходимо иметь данные по содержанию стронция-90 в костях людей, пришедших в равновесие со средой. Этому условию до некоторой степени отвечают кости детей 0-5 летнего возраста. Небольшое количество анализов детских костей, проведенных в СССР для г.Москвы в конце 1957 года, дали величину средней зараженности 2,3 с.е. Эта величина близка к значению, полученному в Канаде (2,1 с.е.) и Англии (1,3-1,5 с.е.). Наблюденная зараженность детских костей отвечает достаточно хорошо молочной диете, что понятно для рассматриваемой возрастной категории.

В Японии наблюдается заметно большая зараженность костей мертворожденных детей – 4,6 с.е.. Это очевидно объясняется влиянием рисовой диеты матери.

Предельно допустимая концентрация Sr^{90} в человеческих костях не установлена. Она обычно принимается равной 100 стронциевых единиц. Таким образом, на первый взгляд человечество еще далеко от опасного уровня зараженности. Однако положение оказывается далеко не столь благополучным, если учесть ряд обстоятельств.

Предельно допустимая концентрация должна относиться не ко всему скелету, а к “критическому органу” в данном случае к позвоночнику. Поскольку концентрация стронция-90 в позвоночнике больше, чем средняя по скелету в 4 раза, то норма должна быть снижена до 25 с.е.. Далее, даже при условии прекращения испытания ядерного оружия, зараженность почвы и пищи будет расти и возрастет примерно в 3 раза к 1970 году за счет выпадения стронция-90, накопившегося в стратосфере. В то же время будет расти возраст детей, находящихся в равновесии со средой и начнет действовать различие в диете, что приведет к резкому росту зараженности больших групп населения. Если учесть далее повышенную зараженность продуктов питания в отдельных областях за счет неравномерного выпадения стронция-90 (районы с влажным климатом) или неблагоприятного состава почвы (на почвах бедных кальцием зараженность растительного покрова радиоактивным стронцием резко повышена), а также возможную повышенную восприимчивость стронция-90 у отдельных людей, то очевидно, что человечество уже подошло к допустимому пределу зараженности атмосферы. Продолжение испытаний ядерного оружия, даже в масштабах 1956 года, приведет к 2000 году примерно к тридцати кратному возрастанию зараженности и, следовательно, превышению допустимой нормы для большой категории людей.

Растущая опасность от стронция-90 привела к постановке, правда пока единичных, исследований изучающих вопрос предупреждения заражения человека этим радиоактивным изотопом. В частности, некоторыми американскими учеными предлагаются методы удаления кальция, а вместе с ним и стронция-90, из молока с добавкой в пищу кальция минерального происхождения. Из сказанного выше, очевидно, что такие меры несостоятельны и могут иметь лишь самое ограниченное значение. Единственно радикальным и достойным человечества XX века путем решения вопроса является повсеместное прекращение испытаний ядерного оружия и отказ от его применения, неоднократно и настойчиво предлагаемые Правительством Советского Союза.

ЗАМЕЧАНИЯ К ГЛАВЕ XI КНИГИ ТЕЛЛЕРА *

Б.В. Курчатова

Изложение основных вопросов заражения стронцием-90 среды и человека – тенденциозно и преуменьшает степень опасности в настоящем и будущем; в главе замалчивается также ряд существенных моментов.

1. ВЫПАДЕНИЕ СТРОНЦИЯ-90

Утверждение (стр.12 перевода), что в 1954 году выброшено в воздух больше продуктов деления, чем за все остальные годы и дальнейшее утверждение об уменьшении энергии деления взрывов (в опытах США) с каждым новым годом создадут у читателя неверное впечатление о спадании радиоактивной опасности. Наблюдение за заражением почвы и продуктов питания на самом деле показывают рост выпадения с каждым годом примерно по линейному закону. Особенно тревожны данные за 1957 год, показавшие резкое возрастание выпадения. Так, по наблюдениям в районе Ленинграда выпадения Sr-90 на 1 км выражалось следующими цифрами:

1954 – 1,08 мКюри/км²

1955 – 1,08 мКюри/км²

1956 – 2,6 – “ –

1957 – 4,6 – “ –

Такое возрастание выпадения Sr-90 есть результат накопления Sr-90 в стратосфере и увеличивающегося числа испытаний атомного оружия. Рост выпадения будет неизбежно продолжаться по мере увеличения числа стран, производящих испытание атомного оружия.

* Публикуется впервые. Написаны по просьбе И.В.Курчатова и Д.В.Ефремова к книге Э.Теллера и Леттера “Наше ядерное будущее”. Р.К.

Мероприятие по борьбе с заражением Sr-90 с помощью поглощения или осаждения Sr-90 в месте взрыва, упоминаемые Теллером, являются фантастическими.

2. ПОСТУПЛЕНИЕ Sr-90 В РАСТЕНИЯ И В ЧЕЛОВЕКА

Расчет Теллера равновесной концентрации Sr-90 в костях человека, исходящий из отношения стабильного стронция к стабильному кальцию в костях и в почве ошибочен, так как он предполагает полное изотопное смешение Sr-90 со стабильным стронцием в почве. В действительности же значительная часть (порядка 50%) Sr-90 поступает в растения непосредственно из воздуха. Эта доля Sr-90 не учитывается в подсчете. Поэтому защитный коэффициент (14) для перехода Sr-90 из почвы является завышенным и представляет верхний предел.

Другой способ подсчета с использованием опытных значений защитных коэффициентов для отдельных звеньев пищевой цепочки почва-растение-животное-человек рассматривает лишь оптимальный вариант, и полученный результирующий защитный множитель $1,4 \times 7 \times 2 = 20$ является также верхним пределом. В действительности он относится лишь к странам и слоям населения с преобладающим удельным весом молочных продуктов в пище в отношении поступления кальция.

Для очень большого числа жителей земного шара с резким преобладанием растительной пищи в диете множитель 7 выпадает, защитный же множитель для перехода Sr-90 из растения к человеку (оказывается незначительным) (около 3), т.е. в результате суммарный защитный множитель составит всего $1,4 \times 3 = 4,2$.

Таким образом, нарисованная Теллером картина отражает положение вопроса только для отдельных стран (США, Канада, Европейские страны) и только для материально обеспеченных слоев населения.

Угроза заражения человека Sr-90 для ряда других стран (Япония, Китай и др.) значительно больше, так как в их пищевом режиме основным источником кальция являются растительные продукты.

Следует отметить в связи с этим тревожное положение с зараженностью зерновых культур, играющих большую роль в пищевом режиме населения ряда стран. Зараженность Sr-90 пшеницы и ржи в 1956 г. по СССР выражалась в среднем величиной 70 стронциевых единиц, т.е. в 10 раз больше зараженности молока (5-6 стронциевых единиц). Также высокой оказывается зараженность риса, являющегося основным продуктом питания населения ряда стран. Этот результат подтверждает выше изложенные общие соображения.

Если учесть, что даже при условии прекращения испытаний в 1957 году уровень выпадения Sr-90 будет расти и достигнет максимального в 1970 году значения в 2,5 раза большего, чем величина 1957 года, то станет ясным серьезное положение, возникшее с этим видом продуктов питания. В действительности рост выпадения Sr-90 ожидается большим в виду продолжения испытаний атомного оружия. Поэтому уже сейчас возникает необходимость постановки работ по снижению уровня зараженности зерновых культур. Наиболее реальный путь, по-видимому, состоит в выведении новых сортов с малым содержанием стабильного стронция в зерне и структурной оболочки, защищающей от заражения зерна из воздуха. Следует отметить, что метод кальцинирования почвы, указываемый Теллером, как способ уменьшения перехода Sr-90 в растения, не оправдал себя на практике применения к разнообразным почвам и является бесперспективным.

ЗАМЕЧАНИЯ К ГЛАВЕ XII КНИГИ ТЕЛЛЕРА

Б.В. Курчатov

Нельзя согласиться с оценкой Теллера степени опасности для человека, создаваемой современным уровнем заражения среды стронцием-90. Способ рассмотрения Теллера, применяющий закон пропорциональности для действия самых слабых доз излучения, исходит из принципа повреждающего действия радиации, который признается большинством специалистов радиобиологов. Однако, количественная оценка Теллером занижена. Расчеты советских ученых (Лейпунский О.И. — Р.К.) дают более, чем 10 раз большие значения, так что для 50 мегатонн энергии деления, выделенной к настоящему времени в атмосфере, получается значения на 10.000, а 130.000 заболеваний раком крови за счет действия стронция-90 на костный мозг. Вероятно, и эта цифра занижена, так как автор исходил из данных американских ученых о содержании стронция-90 в детских костях — 0,5 стронциевых единицы. В действительности эта цифра, определяемая типом питания населения, не является характерной для населения земного шара.

Так, для Канады получено значение порядка 1 стронциевой единицы (для Англии — до 1,5 с.е.), а для СССР (Москва) около 2 стронциевых единиц. Последнее значение представляется более типичным. Использование этой величины приведет к значению порядка 0,5 миллиона дополнительных случаев заболевания лейкозом. При этом не рассматривается увеличение заболеваний другой болезнью — раком костей, которая унесет жизнь ещё сотен тысяч людей.

Указанная оценка исходит, как видим, из наблюдаемого низкого уровня заражения детских костей — 2 стр.единицы. Действительное положение для основных масс населения земного шара остается неизвестным в виду крайне ограниченного числа анализов.

Низкий защитный множитель для людей, питающихся растительной пищей, может привести к значительно большим содержаниям стронция-90 — 5-10 стр.единиц у больших групп детского населения земного шара. Эта цифра будет ещё неизбежно расти (не менее, чем в 2 раза) в связи с растущим выпадением стронция-90, накопившегося в стратосфере от уже проведенных ядерных взрывов.

Если учесть, что рост выпадения стронция-90 ожидается значительно большим, чем в 2 раза (в виду увеличения числа испытаний), то понятной становится тревога, которая охватила большое число передовых ученых земного шара.

В книге Теллера дается ещё сопоставление вредного действия различных факторов, приравнивающее действия радиоактивных продуктов проведенных ядерных взрывов к выкуриванию лишней папиросы раз в два месяца. Это сопоставление является логическим трюком, основанным на распределении вредности равномерно на каждого человека. Порочность такого рассуждения видна на крайнем примере влияния автомобильных катастроф, уносящих жизнь многих людей и не сказывающихся на жизни остальных.

В случае действия радиации от продуктов взрывов наряду со слабым действием на большинство населения земного шара, которое может проявиться только в следующих поколениях, взрывы приведут в силу неравномерного распределения активности и влияния других внешних и внутренних факторов не к сокращению жизни на 1-2 дня, а к реальной преждевременной смерти от рака миллиона людей.

1958

ВТОРИЧНЫЕ ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ВИСМУТЕ И СВИНЦЕ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ ПРОТОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ¹

Б.В. Курчатов²

Радиохимическим методом изучалось образование изотопов астатина ($Z=85$) при бомбардировке висмута ($Z=83$) и свинца ($Z=82$) протонами с энергией до 480 MeV. Сечение образования At^{211} и At^{210} из висмута найдено равным $6 \cdot 10^{-29} \text{ см}^2$ и $\sim 2 \cdot 10^{-29} \text{ см}^2$, соответственно. Установлено образование легких изотопов At^{205} и At^{203} . В свинце обнаружен At^{211} ($s \sim 10^{-31} \text{ см}^2$).

Дается объяснение наблюдавшегося явления, как результата осуществления вторичных реакций захвата продуктов расщеплений (α -частиц или ядер лития). Образование легких изотопов астатина объясняется реакциями захвата протонов высоких энергий с последующим испусканием p^- -мезонов и нескольких нейтронов. Из выхода астатина определено сечение ($5-6 \cdot 10^{-25} \text{ см}^2$) образования α -частиц с $E > 20 \text{ MeV}$ из висмута при облучении его протонами с энергией 480 MeV.

Одной из особенностей взаимодействия сложных ядер с быстрыми протонами является протекание реакций с увеличением заряда ядра мишени на 2 и 3 единицы. Эти реакции неоднократно описывались в литературе [1-3] и объясняются вторичными процессами захвата продуктов расщеплений (α -частиц или ядер лития). При больших энергиях протонов, помимо указанных так называемых вторичных реакций, возможен также захват протона с испусканием π^- -мезона и нейтронов, что также приводит к увеличению заряда на 2 единицы.

¹ Экспериментальная часть этой работы выполнена в 1951-1952 гг. (см. Сводный отчет ИЯП АН СССР, 1951 г.).

² Совместно с В.Н. Мехедовым, Л.В. Чистяковым, М.Я. Кузнецовой, Н.И. Борисовой, В.Г. Соловьевым

В настоящей статье излагаются результаты исследования указанных реакций на висмуте и свинце при облучении их быстрыми протонами с энергией до 480 MeV. Образование ядер с Z большим на 2 и 3 единицы четко обнаруживается при этом по появлению α -радиоактивных изотопов астатина. Изучение выхода различных изотопов астатина, с одной стороны, позволило выявить оба механизма увеличения заряда, с другой стороны, обследовать некоторые количественные характеристики явления, остающиеся до настоящего времени неизученными.

ОБРАЗОВАНИЕ АСТАТИНА ИЗ ВИСМУТА

Исходным материалом для опытов служил висмут высокой чистоты. Химический анализ показал, что примесь тория в нем составляет $< 0,001\%$, а примесь урана $< 0,01\%$. Для опытов брались пластинки металла размером $10 \times 15 \times 2$ мм, весом до 2 г. Пластинки, обернутые в алюминиевую фольгу толщиной 25 μ , облучались в пучке протонов при токе 0,2–0,4 mA. Использовались протоны различных энергий (от 180 до 480 MeV), что достигалось изменением радиуса установки мишени в ускорителе. Геометрия облучения выбиралась так, чтобы пучок проходил через пластину вдоль стороны 10 мм. При этом изменение энергии протонов составляло от 5 до 17% первоначальной энергии падающего пучка. Времена облучения менялись от 7 до 20 мин.

Алюминиевая фольга использовалась в качестве монитора тока. После облучения она растворялась и промерялось содержание активности Na^{24} с периодом $T = 14,8$ час. Сечение образования Na^{24} из Al^{27} принималось равным $1 \cdot 10^{-26}$ см² [3].

Химия выделения. Для выделения астатина использовано соосаждение астатина с теллуром и отгонка атомарного астатина из водного раствора [4,5]. В зависимости от требований, предъявляемых к чистоте и времени выделения астатина, извлечение его велось различными методами.

Количественное выделение астатина. Облученный образец растворялся в минимальном количестве концентрированной азотной кислоты. Раствор разбавлялся 10%-ной соляной кислотой и отбиралась аликвотная часть (примерно 1/10). К ней прибавлялась разведенная соляная кислота до объема 30–40 мл, вводились 50 мг теллура (0,25 мл 2%-го раствора; теллура в азотной кислоте) и производилось осаждение теллура 1 н-раствором хлористого олова. Осадок отделялся центрифугированием. Ввиду неполного выделения астатина на теллуре при однократном осаждении, операции проводились три раза. Осадки теллура объединялись и промывались четыре раза: 25–30 мл разбавленной

соляной кислоты. Указанная тщательная промывка является существенной для полного удаления висмута). При недостаточной промывке в последующих операциях при подщелачивании осаждается $\text{Bi}(\text{OH})_3$, захватывающий большую часть астатина. После промывки теллур растворялся в нескольких каплях концентрированной азотной кислоты, раствор разбавлялся водой до объема 10–15 мл, подщелачивался 20%-м раствором едкого натра, и осаждался теллур добавлением станнита олова в целях очистки раствора от полония. В этих условиях астатин, в согласии с литературными данными [4], количественно остается в растворе. Очистка от полония повторялась. Очищенный раствор подкислялся концентрированной соляной кислотой, добавлялось 2–3 мг теллура, и последний осаждался хлористым оловом. Осаждение повторялось еще два раза. Осадки: промывались водой, наносились со спиртом на пластинки из нержавеющей стали ($d = 2,5$ см), высушивались на водяной бане и просчитывались на содержание α -активности. Ход соосаждения астатина с теллуrom иллюстрируется приводимыми ниже цифрами, являющимися средними из семи опытов. При этом количество носителя перед первым и вторым осаждением было взято равным 2 мг, а перед третьим осаждением 3 мг. Первое осаждение извлекало 80%, второе осаждение – 17,6% и третье осаждение – 2,4% астатина.

Получение чистого астатина. Из раствора, оставшегося после отбора аликвотной части, астатин осаждался на теллуре аналогично предыдущему методу. Осадки объединялись, промывались, и теллур растворялся в 2 мл концентрированной серной кислоты с прибавлением двух капель концентрированной азотной кислоты. Раствор разбавлялся водой до 80–100 мл, добавлялось 2 г FeSO_4 , и производилась дистилляция астатина. Перегонка велась так, чтобы в перегонной колбе оставалось 10 мл раствора. Дистиллят принимался в сосуд с раствором едкого натра. К полученному раствору добавлялось 5 мг теллура, и последний осаждался добавлением: станнита олова для очистки от остатка полония и β , γ -излучателей. Для* определения количества отогнанного астатина отбиралась аликвотная часть щелочного раствора и производилось выделение астатина описанным выше методом. Из оставшегося раствора через 3–4 суток производилось выделение дочернего Po^{210} осаждением на теллуре станнитом олова в щелочной среде для определения выхода At^{210} .

Экспрессное выделение чистого астатина. Образец растворялся в концентрированной азотной кислоте, избыток кислоты нейтрализовался раствором едкого натра до кислотности, достаточной для удержания висмута в растворе в ходе опыта. Раствор разбавлялся горячей водой до объема 10 мл и кипятился в течение 5 мин. с улавливанием астатина щелочным раствором. При этом

отгонялось около 1/20 части всего астатина с примесью β - и γ -излучателей. В дистилляте добавкой теллура и раствора станнита производилось осаждение теллура. В очищенном таким путем растворе подкислением с добавкой теллура осаждался астатин и наносился на мишень, как указано выше. Вся операция выделения и приготовления мишени занимала 20–25 мин. Эта часть астатина предназначалась для обнаружения и промера короткоживущих α -активных изотопов и определения их относительных выходов.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Полученные мишени астатина измерялись по α -активности с помощью ионизационной камеры, соединенной с линейным усилителем. Часть мишени измерялась дополнительно на счетчике Гейгера для изучения изотопов астатина, распадающихся путем захвата орбитального электрона.

Во всех опытах наблюдается α -активность с периодом полураспада от 7,0 до 7,8 час, отвечающая At^{211} (α , K 60%), $T = 7,5$ час. Измерения на счетчике показали наличие восьмичасового периода, принадлежащего At^{210} (K), $T = 8,3$ час. Образование последнего изотопа подтверждено также по накоплению дочерней долгоживущей α -активности Po^{210} ($T = 140$ дн).

Использование экспрессной методики выделения чистого астатина позволило обнаружить более короткие периоды α -активности (25–30 мин и около 5 мин, отнесенных к At^{205} (α , K), $T = 25$ мин и At^{203} (α , K), $T = 7$ мин, соответственно [6]). Активности изотопов At^{209} (α , K 95%), $T = 5,5$ час и At^{207} (α , K 90%), $T = 2$ час не могли быть выделены на кривой распада ввиду близости периодов и малой доли α -излучения. Изотопы At^{204} (K), $T = 25$ мин, At^{206} (K), $T = 2,5$ час и At^{208} (K), $T = 6,3$ час, распадающиеся только путем захвата орбитального электрона, не изучались.

Активность At^{211} , отнесенная к 1 г висмута при бесконечном облучении, с учетом доли K -захвата, колебалась от $2,1 \cdot 10^7$ до $4,5 \cdot 10^7$ распад/мин. Точность определения выхода не могла быть высокой из-за наложения ряда методических погрешностей опыта. Кроме сорбционных потерь при химическом выделении были возможны ошибки из-за колебаний размеров образцов и геометрии облучения. Также не исключена возможность потери небольшой части астатина за счет улетучивания из висмута в связи с различным нагреванием образцов при облучении.

Результаты опытов при облучении протонами с энергией 480 и 180 MeV приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 *

Вес Bi, z	Вес Al, mz	A_{∞} , (At ²¹¹) на грамм- атом Bi, <i>распад/мин</i>	A_{∞} (Na ²⁴) на грамм-атом Al, <i>распад/мин</i>	σ (At ²¹¹), $см^2$	$\frac{\sigma (At^{210})}{\sigma (At^{211})}$
1,95	32,4	$4,3 \cdot 10^9$	$5,3 \cdot 10^{11}$	$7,4 \cdot 10^{-29}$	0,43
1,69	25,5	$2,9 \cdot 10^9$	$9,1 \cdot 10^{11}$	$5,4 \cdot 10^{-29}$	0,28
1,25	18,5	$9,3 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^{12}$	$5,8 \cdot 10^{-29}$	0,31
1,18	22,5	$8,7 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^{12}$	$5,8 \cdot 10^{-29}$	0,27
0,7	2,2	$1,4 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{12}$	$7,4 \cdot 10^{-29}$	
Среднее				$6,3 \cdot 10^{-29}$	0,32

* $E_p = 480 \text{ MeV}$.

Таблица 2 *

Вес Bi, z	Вес Al, mz	A_{∞} , (At ²¹¹) на грамм- атом Bi, <i>распад/мин</i>	A_{∞} (Na ²⁴) на грамм-атом Al, <i>распад/мин</i>	σ (At ²¹¹), $см^2$	$\frac{\sigma (At^{210})}{\sigma (At^{211})}$
1,9	21,8	$3,6 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^{12}$	$2,1 \cdot 10^{-29}$	0,33
1,64	26,8	$8,7 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^{11}$	$3,8 \cdot 10^{-29}$	0,34
1,16	21,5	$3,5 \cdot 10^9$	$9,7 \cdot 10^{11}$	$3,6 \cdot 10^{-29}$	0,28
Среднее				$6,3 \cdot 10^{-29}$	0,32

* $E_p = 180 \text{ MeV}$.

Сравнение средних значений показывает, что с переходом от протонов с энергией 480 MeV к 180 MeV выход At²¹¹ уменьшается почти в три раза, а отношение выходов At²¹⁰/At²¹¹ остается неизменным.

С уменьшением энергии протонов наблюдалось изменение относительных выходов At²⁰⁵/At²¹¹ и At²⁰³/At²¹¹, которое приведено в табл. 3.

Выходы изотопов At²⁰⁵ и At²⁰³ являются нижними пределами, так как для этих изотопов неизвестна доля К-захвата, конкурирующего с α -распадом. При бомбардировке протонами с энергией 275 MeV на кривой распада не обнаруживается пятиминутный период, а для $E_p = 180 \text{ MeV}$ исчезает период 25 мин. Однако нужно сказать, что приведенные в табл. 3 данные являются оценочными и требуют для уточнения использования более совершенной аппаратуры, в частности, многоканального анализатора энергии α -частиц.

Таблица 3

$E_p, \text{ MeV}$	$\sigma (\text{At}^{205}), / \sigma (\text{At}^{211})$	$\sigma (\text{At}^{205}), / \sigma (\text{At}^{211})$
480	0,035	~0,25
375	0,07	~0,5
275	0,12	—
180	<0,02	<0,2

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Получение тяжелого изотопа At^{211} не может быть объяснено расщеплением примесей урана и тория. Контрольные опыты по определению выхода At^{211} из этих элементов дали сечения $\sigma = 2,3 \cdot 10^{-26} \text{ см}^2$ для тория и $3,0 \cdot 10^{-28} \text{ см}^2$ для урана. Отсюда необходимое загрязнение для объяснения наблюдаемого эффекта должно составлять по торию ~0,3% и по урану ~10%, что значительно превосходит границу содержания примесей этих элементов.

Единственной реакцией, позволяющей понять как увеличение заряда, так и массы продуктов, является реакция захвата α -частиц с испусканием двух или трех нейтронов. Так как примесь α -частиц в пучке бомбардирующих протонов маловероятна, принимается вторичное происхождение α -частиц, получающихся за счет расщепления ядер мишени. Количественные расчеты позволяют увязать выходы изотопов At^{210} и At^{211} с наблюдаемым спектром α -частиц из висмута и получить правильный порядок сечения образования быстрых α -частиц при расщеплении. Результаты этих расчетов и подробное обсуждение всех возникших вопросов даны отдельно в следующем разделе.

Найденные сечения вторичной реакции захвата α -частиц на висмуте согласуются с величинами сечений аналогичных вторичных реакций, протекающих на меди [2]. Оставляя в стороне различие в энергии бомбардирующих частиц, можно считать, что вторичные реакции захвата α -частиц идут с сечением одного порядка ($\sim 5 \cdot 10^{-29} \text{ см}^2$) для различных элементов периодической системы.

Изложенный механизм образования тяжелых изотопов астатина не может быть распространен на легкие изотопы. Действительно, из литературных данных известно, что для образования At^{205} и At^{204} из висмута необходимы α -частицы с энергией 150 MeV, а At^{203} найден при облучении с энергией 275 MeV [6]. Не говоря о трудности объяснения вылета столь быстрых α -частиц со значительным выходом, заметное количество этих α -частиц привело бы к преобладанию At^{210} над At^{211} (из-за большого суммарного сечения реакции ($\alpha, 3n$), см. рис. 1) в разрез с экспериментальными данными. Поэтому образование легких изотопов с выходом того же порядка или на

порядок ниже, чем выход At^{211} , не может объясняться вторичными реакциями с α -частицами и требует привлечения механизма испускания π^- -мезонов. Соответствующая реакция образования At^{203} запишется следующим образом: $\text{Bi}^{209}(\alpha, \pi^- 7n)\text{At}^{203}$. Интегральное сечение испускания π^- -мезонов на тяжелых ядрах составляет $\sim 10^{-26} \text{ см}^2$ [7]. Сечение принимаемой частной реакции должно быть меньше на 2–3 порядка, т. е. не противоречит наблюдаемому выходу легких изотопов астатина. Упомянутая выше реакция требует обязательного захвата быстрого протона с отдачей всей энергии ядру.

Учитывая энергию, необходимую на образование π^- -мезона (170 MeV), и его кинетическую энергию (до 100–200 MeV), получаем энергию возбуждения ядра, остающуюся на испарение нуклонов, около 100–200 MeV.

Большая энергия возбуждения будет благоприятствовать вылету большого числа нуклонов (в нашем случае образования астатина из висмута это могут быть только нейтроны), т. е. должна благоприятствовать образованию наиболее легких изотопов. Возможно этим и объясняется наметившееся в наших опытах преобладание изотопа At^{203} над At^{211} и своеобразное увеличение выхода At^{205} с уменьшением энергии бомбардирующих протонов.

Расчет выхода. На рис. 1 приведены функции возбуждения для реакций ($\alpha 2n$) и ($\alpha 3n$) на висмуте [$I^{6,8}$]; пунктиром показана интерполяция, принятая нами, для недостающих участков кривых. Эти экспериментальные данные дают возможность, пока единственную, количественного анализа вторичной реакции с захватом α -частицы.

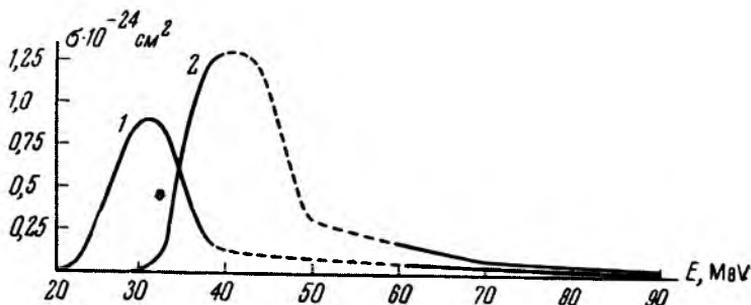


Рис. 1. Функции возбуждения для реакций ($\alpha 2n$) и ($\alpha 3n$) на висмуте.
1 — $\text{Bi}(\alpha 2n)\text{At}^{211}$, 2 — $\text{Bi}(\alpha 3n)\text{At}^{210}$

Схема расчета была следующей:

1. Принималось, что ответственным за образование тяжелых изотопов астатина является захват α -частиц энергией $20 < E < 60 \text{ MeV}$, испускаемых висмутом при облучении быстрыми протонами.

2. Ставилась задача подбора формы спектра α -частиц, удовлетворяющей наблюдаемому отношению выходов At^{210} и At^{211} . После опробования простейших функций, удовлетворяющих эксперименту (спад по линейному закону, крутой спад по зависимости типа E^{-n}), мы остановились на промежуточной форме спектра, даваемой теорией испарения [9], как имеющей физическое содержание:

$$P(E) = \frac{E - V}{\tau^2} \exp\{-(E - V)/\tau\}.$$

3. Испытывались различные значения параметров V и τ (в теории испарения это потенциальный барьер и температура ядра).

4. Для каждой пары значений V и τ графически определялась доля K_n α -частиц с $E > 20$ MeV для интервалов в 5 MeV, так что

$$\sum_{E=20}^{E=60} K_n = 1.$$

5. Для каждой группы α -частиц определялась вероятность захвата α -частицы с вылетом двух и соответственно трех нейтронов. Эта вероятность W_n получалась суммированием по всей эффективной длине пробега вероятностей ω для отдельных участков Δl пробега α -частицы. Вероятность ω вычислялась по формуле

$$\omega = \Delta l / \lambda = \Delta l n_0 \sigma_{At}$$

где n_0 — число атомов At в 1 см^3 , σ_{At} — сечение образования соответствующего изотопа астатина для данного интервала энергии. Величина Δl определялась по графику зависимости пробега α -частиц от энергии [10].

6. Суммирование произведений $K_n W_n$ в интервале от 20 до 60 MeV давало общую вероятность захвата α -частицы с образованием соответствующего изотопа.

7. Кроме отношения вероятностей образования изотопов астатина вычислялось также сечение образования α -частиц с энергией > 20 MeV при расщеплении висмута, исходя из уравнения

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma(At^{211})}{\sum W_n K_n}.$$

В табл. 4 даются результаты для различных значений выбранных нами параметров. Как видно из табл. 4, экспериментальному отношению выходов астатина (0,32–0,40) удовлетворяют значения τ от 4,5 до 5 MeV при низких значениях V (10–13 MeV). Эти значения несколько больше, чем величина 4 MeV, полученная Перфиловым и Остроумовым [11] из усредненного спектра α -частиц, вылетающих из Bi и W при облучении протонами с энергией 460 MeV. На рис. 2 дано сопоставление найденной ими гистограммы с вычисленными нами кривыми. Для сравнения кривые нормированы к одинаковой площади для суммы α -частиц с $E_\alpha > 20$ MeV. Как видим, гистограмма (смещенная вправо на 2 MeV, согласно исправлению авторов) укладывается между кривыми для $\tau = 4,5$ и $\tau = 5,0$ MeV при $V = 13$ MeV. На рис. 2 дана также кривая для $\tau = 4$ MeV при $V = 19$ MeV, тоже удовлетворяющая отношению выходов изотопов астатина. Смещение ее максимума по сравнению с экспериментом не может в настоящее время быть основанием для отказа от этой кривой, если учесть недостаток статистики для экспериментальных данных, полученных методом фотоэмульсий в этой области энергии α -частиц, и новые результаты [12], указывающие на существование в спектре α -частиц второго максимума в аналогичных условиях.

Если в вопросе о форме спектра α -частиц результаты по выходу астатина согласуются с другими данными, то для вычисленного количества α -частиц получается заметное расхождение с опытом. Из данных Перфилова и Остроумова [11] сечение образования α -частиц с $E_\alpha > 20$ MeV оценивается как $1,5 + 1,6 \cdot 10^{-25}$ см², тогда как наши расчеты из выхода At²¹¹ дают в 3–4 раза большую величину (табл. 4). Полученная нами величина сечения мало чувствительна к принятой форме спектра и нельзя ожидать уменьшения ее при более точном подборе параметров. Такое расхождение можно попытаться

Таблица 4

τ , MeV	V , MeV	$\frac{\sigma(\text{At}^{210})}{\sigma(\text{At}^{211})}$	$\sigma_\alpha(E_\alpha > 20 \text{ MeV}), \text{ см}^2$
4	13	0,26	$7,3 \cdot 10^{-25}$
4	16	0,27	$6,3 \cdot 10^{-25}$
4	19	0,33	$5,0 \cdot 10^{-25}$
4,5	13	0,34	$6,3 \cdot 10^{-25}$
5	10	0,37	$5,7 \cdot 10^{-25}$
5	13	0,41	$5,4 \cdot 10^{-25}$
5	16	0,43	$5,0 \cdot 10^{-25}$

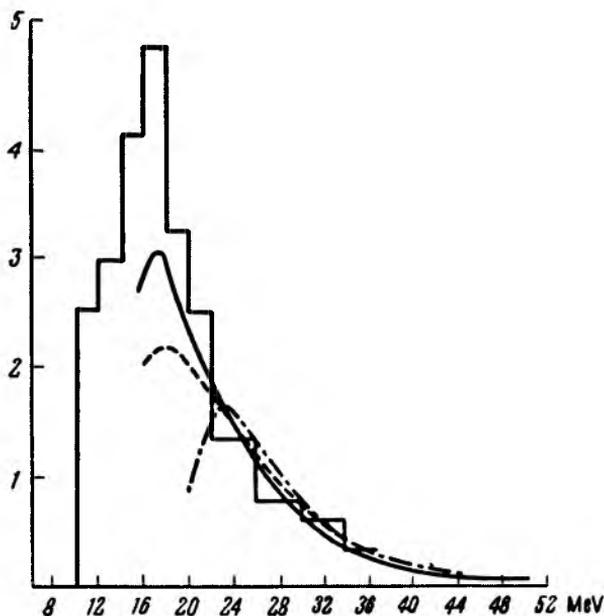


Рис. 2. Спектр быстрых α -частиц, рассчитанный из выхода At^{210} и At^{211} из висмута. Сплошная кривая – $\tau = 5$ MeV, $V = 13$ MeV; пунктир – $\tau = 4,5$ MeV, $V = 13$ MeV; штрих-пунктир – $\tau = 4$ MeV, $V = 19$ MeV

объяснить неточностью расчета и наложением экспериментальных ошибок в трех независимых исследованиях, используемых для сравнения. Однако указанное объяснение, очевидно, не является единственно возможным, и вопрос требует дальнейшего исследования.

Отношение выходов обоих тяжелых изотопов астатина, как видно из наших данных, не зависит существенно от энергии протонов. Этот результат (как и малая величина V барьера) указывает, по-видимому, что α -частицы с $E > 20$ MeV возникают на стадии возбуждения ядра, далекой от квазиравновесного состояния. Представление о чисто испарительном механизме происхождения α -частиц являлось бы чрезмерным упрощением. Нельзя, в частности, исключить в процессе образования астатина участие α -частиц, образующихся в каскадном процессе. Их участие, возможно, является одной из причин высокого значения параметра τ .

ОБРАЗОВАНИЕ АСТАТИНА ИЗ СВИНЦА

Материалом для облучения служил весьма чистый свинец. Спектральный анализ образца показал наличие примеси 0,01% висмута. Химическим анализом содержание урана оценено $< 0,005\%$, а тория — $< 0,001\%$. В контрольных опытах применялся свинец, полученный нами из уксуснокислого свинца марки “Кальбаум”. Этот препарат переводился в хлористый свинец, перекристаллизовывался, и свинец выделялся электролизом горячего водного раствора с применением чистейших графитовых электродов. После промывки свинец сплавлялся в атмосфере электролитического водорода. Спектральный анализ очищенного свинца показал наличие примеси висмута $-0,001\%$. Химический анализ не обнаружил присутствия урана и тория в пределах чувствительности опыта (содержание U $< 10^{-3}\%$, содержание Th $< 5 \cdot 10^{-4}\%$).

Методики облучения и выделения астатина были такими же, как и в опытах с висмутом, за исключением предварительной операции отделения свинца соляной кислотой и более длительного облучения образца (от 1 до 2 час). Во всех опытах была найдена α -активность с периодом 7–8 час, отвечающая At²¹¹. Более короткие периоды были на пределе обнаружения. Активность астатина на 1 г свинца оказалась значительно меньшей, чем в случае висмута, и составляла в лучшем случае $1,9 \cdot 10^4$ распад/мин·г с пересчетом на бесконечное облучение. Зависимости выхода астатина от чистоты исходного материала не было замечено.

Наблюдаемый эффект не мог быть обусловлен примесью висмута, так как для этого необходима примесь его $\sim 0,4\%$, т. е. значительно большая фактического загрязнения. Образование астатина за счет примеси урана также исключается, так как требует примеси последнего 0,7%. Сложнее обстоит вопрос с оценкой возможного влияния примеси тория. Подсчитанный эффект от примеси тория составляет не более одной четверти от наблюдаемой активности астатина из свинца. Однако мы склонны отнести выделенную активность астатина к реакции на ядрах свинца, поскольку истинное загрязнение торием не известно и может быть ниже приведенной цифры, а, с другой стороны, полученная активность At²¹¹ является нижней границей в связи с возможными потерями при химическом выделении.

Образование At²¹¹ из наиболее тяжелого изотопа РЬ²⁰⁸ возможно только механизмом захвата легких ядер, получающихся при расщеплении свинца. Рассматривая, в первую очередь, ядра лития, соответствующую реакцию можно записать в виде $\text{Pb}^{208}(\text{Li}, \text{kn})\text{At}^{211}$, хотя в такой реакции возможно участие ядер бериллия и других более тяжелых элементов. Сечение образования At²¹¹ для протонов с энергией 480 MeV оценивается в $0,4-0,8 \cdot 10^{-31}\text{см}^2$,

ПОИСКИ ДРУГИХ ВТОРИЧНЫХ РЕАКЦИЙ

С целью обнаружения эффекта захвата ядер углерода нами были поставлены поисковые опыты по исследованию образования астатина из золота, при облучении протонами с энергией 480 MeV, т. е. реакции увеличения заряда на 6 единиц. В результате работы была выделена небольшая α -активность (около 10 имп/мин при фоне 2 имп/мин), распадающаяся с периодом 7–8 час. Малый эффект, отвечающий сечению $\sim 10^{-33}$ см², не позволил решить вопрос о происхождении выделенной активности, так как примесь тория $5 \cdot 10^{-6}$ % может дать такую же активность. Несмотря на специальную очистку золота, загрязненность торием в указанных количествах не может быть исключена. Таким образом, искавшаяся реакция захвата ядер углерода; (в нашем случае C¹⁴ и более тяжелых) лежит на пределе обнаружения и не может быть надежно установлена при используемых энергиях бомбардирующих частиц.

Аналогичный результат был получен нами при исследовании образования иода из серебра (захват ядер углерода) под действием протонов с энергией 480 MeV. Также и в этом случае небольшой выход йода (найденна активность 16 имп/мин, отвечающая $\sigma \approx 5 \cdot 10^{-33}$) не позволил однозначно установить образование его за счет искомой реакции.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность проф. Б.М. Понтекорво, по предложению которого было поставлено настоящее исследование, а также проф. И. Я. Померанчуку за ценные указания и советы, полученные при выполнении и обсуждении результатов настоящей работы.

Поступила в редакцию 20 февраля 1958 г.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] L. Marquez, J. Perlman. Phys. Rev., 81, 953, 1951,
- [2] R. Batzel, D. Miller, G. Seaborg. Phys. Rev., 84, 671, 1951.
- [3] А.П. Виноградов, И.П. Алимарин, В.И. Баранов, А.К. Лаврухина, Т.В. Баранова, Ф.И. Павлоцкая. Труды сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, 1955.
- [4] D. Corson, K. Mac Kenzie, E. Segre. Phys. Rev., 58, 672, 1940.
- [5] G. Johnson, R. Leininger, E. Segre. Journ. Chem. Phys., 17, 1, 1949.
- [6] G. Barton, A. Ghiorso, J. Perlman. Phys. Rev., 82, 13, 1951.
- [7] C. Richmann, M. Weissbloch, H. Wilcox. Phys. Rev., 85, 161, 1952.
- [8] E. Kelly, E. Segre. Phys. Rev., 75, 999, 1949.
- [9] *Le Conteur. Proc. Phys. Soc.*, 63, (A), 259, 1950.
- [10] E. Segre. Experimental Nuclear Physics, 1, 222, 1953.
- [11] Н. А. Перфилов, В. А. Остроумов. ДАН СССР, 103, 227, 1955. [12] С. Zanger, J. RosseI, *Helv. Phys. Acta*, 28, 349, 1955.

1959

ИЗМЕРЕНИЕ БЕТА-АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ С АКТИВНОСТЬЮ $5 \cdot 10^{-13}$ кюри*

Б. В. Курчатова

АННОТАЦИЯ

Описан проточный малогабаритный 4π-счетчик, собственный фон которого в защите со счетчиками антисовпадений равен 1 имп/мин. Приведен расчет поправок на наклон плато и метод экспериментального определения эффективности для счета весомерных образцов.

ВВЕДЕНИЕ

Область применения установок с большой чувствительностью для счета β-частиц весьма обширна и не ограничивается рамками физики и радиохимии.

При помощи этих установок можно изучать естественную радиоактивность материалов, почвы, растений, животных тканей, воздуха, воды и пищи, т.е. всех объектов, собственная радиоактивность которых чрезвычайно мала.

На этих установках можно исследовать законы радиоактивного распада новых элементов, получаемых в малых количествах.

Наконец, использование таких установок в технике меченых атомов, при изучении химии деления, при активационном анализе и других работах, связанных с применением и изучением искусственной радиоактивности, позволяют значительно уменьшить радиационную опасность для работающих путем уменьшения количеств радиоактивного вещества, необходимых для проведения этих работ.

* Совместно с Барановым С.А., Полевым Р.М., Пчелиным В.А., Кириным А.В. Архив РНЦ "КИ". Ф.1, Оп. 1нд, Ед. хр. №1298.

Повышение чувствительности любой установки идет двумя путями: за счет максимального использования телесного угла и за счет предельного снижения собственного фона установки.

Вопросы снижения собственного фона исследованы довольно подробно в работах по измерению активности C^{14} [1] [2]. Проточный 2π -счетчик с малым фоном был описан в работе [3]. В целях дальнейшего усовершенствования метода нами был разработан малогабаритный проточный счетчик с телесным углом 4π , работающий в пропорциональной области и в области ограниченной пропорциональности на техническом метане с чистотой 96–98%.

Будучи помещен в объем, защищенный свинцом и ковром счетчиков антисовпадений, счетчик обладает фоном 1 шт/мин. При условии достоверного измерения активности, равной фону, такая установка позволяет измерять препараты общей активностью $5 \cdot 10^{-13}$ кюри, т.е. является в 50 раз более чувствительной, чем обычные установки с торцевыми счетчиками Гейгера-Мюллера.

Мы сочли целесообразным подробно разобрать механизм образования плато в системах с пороговым детектором, поскольку этот вопрос слабо освещен в литературе, а критерий истинности счета, основанный на анализе кривой отсечек (см. напр., [4]), не всегда имеет место.

§ 1. Абсолютный счет в пропорциональной области

Для того, чтобы осуществить абсолютный счет числа распадов даже в геометрии 4π [4–9] необходимо, чтобы каждый распад сопровождался вылетом хотя бы одной заряженной частицы в чувствительный объем счетчика.

Таким свойством обладают радиоактивные ядра, распадающиеся путем бета- или альфа-распада.

Наиболее жесткие требования к аппаратуре предъявляются в случае измерения бета-активных препаратов. Справедливость этого замечания будет ясна из дальнейшего изложения. Именно этот случай мы и рассмотрим для объяснения механизма работы 4π -счетчика в пропорциональной области.

Как известно, форма β -спектра различна для разных изотопов и зависит от граничной энергии β -спектра, заряда ядра и знака излучаемой частицы. Пусть $dN/dE = f(E)$. Для позитронных спектров $f(0)=0$, для электронных спектров $f(0)\neq 0$. Кроме того на непрерывный спектр может накладываться дискретный спектр вторичных электронов (Оже-электронов и электронов конверсии).

Рассмотрим процесс абсолютного счета частиц, имеющих непрерывный спектр по энергии с $f(0) \neq 0$.

При этом предположим, что коэффициент газового усиления K_r достаточно велик, т.е. хорошо описывается формулой

$$K_r = A e^{\alpha v}, \quad (1)$$

где постоянные A и α зависят от геометрии и наполнения счетчика, а v – напряжение на счетчике, отсчитываемое от начала пропорциональной области.

Пусть U_n – амплитудный порог срабатывания регистрирующего устройства. Амплитуда импульса, идущего со счетчика, зависит от напряжения на счетчике, как

$$u = i B e^{\alpha v} \quad (2)$$

где i – число пар ионов, образованных частицей, вызвавшей импульс. Напишем распределение импульсов по числу пар ионов $\frac{dN}{di} = f(i)$, где N приведенная величина, т.е.

$$\int_0^{\infty} \left(\frac{dN}{di} \right) di = 1. \quad (3)$$

Тогда доля импульсов “ η ”, зарегистрированных пороговым устройством при напряжении V , будет равна

$$\eta = \int_{u_n / B e^{\alpha v}}^{i_{\max}} f(i) di, \quad (4)$$

где $u_n / B e^{\alpha v} = i_{\min}$ – минимальному числу пар ионов, вызывающему срабатывание регистратора при данном значении V .

Так как $\int_0^{i_{\max}} f(i) di = 1$, то доля незарегистрированных импульсов Δ дается выражением⁰

$$\Delta = 1 - \eta = \int_0^{u_n / B e^{\alpha v}} f(i) di = f(i_{cp}) \frac{u_n}{B e^{\alpha v}}. \quad (5)$$

Поскольку $f(0) < \infty$, то, увеличивая V и понижая тем самым верхний предел интегрирования, можно сделать величину Δ сколь угодно малой. Критерием малости Δ может служить величина наклона плато.

Действительно, величина наклона плато $\frac{d\eta}{dV}$ получается дифференцированием интеграла “ η ” по нижнему пределу

$$\frac{d\eta}{dV} = f\left(\frac{u_n}{B e^{\alpha v}}\right) \frac{u_n \cdot \alpha}{B e^{\alpha v}} \quad (6)$$

Полагая, что $\left. \frac{df}{di} \right|_0 < \infty$, что в реальных случаях всегда соблюдается, имеем при больших значениях V :

$$f(i_{cp}) \approx f\left(\frac{u_n}{Be^{\alpha V}}\right) \quad (7)$$

Отсюда

$$\Delta = \frac{d\eta}{dV} \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (8)$$

т.е. при малом наклоне плато относительная ошибка в счете, обусловленная наличием порогового устройства*, численно не превышает величины $\frac{d\eta}{dV} \cdot \frac{1}{\alpha}$, где $d\eta/dV$ – наклон плато в точке счета и α – коэффициент в показателе степени в формуле (1).

Обе эти величины легко определяются экспериментально из кривой $\eta(V)$.

Осуществление абсолютного счета частиц, имеющих непрерывный энергетический спектр, накладывает определенные требования на радиотехнику в смысле амплитудных перегрузок.

Действительно, для наиболее неблагоприятного случая – $f(0)=f_{max}$, величина i_{max}/i_n должна быть не менее 200, для того, чтобы регистрировать 99% всех электронов. Таким образом, $K_n = 200$ – это минимальная величина коэффициента амплитудной перегрузки. В действительности эта цифра увеличивается примерно втрое за счет разброса КГУ вдоль нити при данном напряжении. Кроме того, чтобы получить плато протяженностью $V_{max}-V$ вольт, эта величина должна быть увеличена в $e^{\alpha(V_{max}-V)}$ раз. Для большинства таких систем α выбирается 0,01, т.е. для получения плато около 200 вольт необходимо увеличить K_n еще в восемь раз.

Таким образом, мы приходим к требованию: $K_n \geq 5000$ при длине плато 200 в., $\alpha = 0,01$ и $\eta = 0,99$. Очевидно, что для $\eta = 0,995$ $K_n \geq 10^4$.

Выход на плато должен осуществляться по формуле $1-Ce^{-\alpha V}$, откуда и определяется величина α . Поскольку наклон плато не превышает 1% на 100 вольт в точке счета, то α может определяться довольно грубо.

* Расчет справедлив также и для сцинтилляционного детектора, т.к. $u_{cu} = Ce^{\alpha V}$, где C и α – постоянные, V – напряжение на ФЭУ.

§ 2. Конструкция счетчика и защиты

Счетчик состоит из двух половинок, между которыми зажимается плоский источник. Каждая половинка представляет собой торцовый петлевой проточный счетчик с открытым торцом, работающий в режиме ограниченной пропорциональности. Катодом счетчика служит стальной цилиндр диаметром 20 мм и высотой 17 мм и алюминиевая фольга, покрывающая источник. Анодом – петля из вольфрамовой проволоки, толщиной 30 микрон. Петля имеет диаметр 6 мм и крепится в объеме счетчика на тефлоновой пробке при помощи латунного контакта таким образом, чтобы минимальное расстояние петли от стенок цилиндра и от фольги источника было одинаковым и равнялось 7 мм.

Оба счетчика на торцах имеют фланцы для сочленения друг с другом и крепления источника. Источник центрируется при помощи трех штифтов, расположенных по окружности фланца одного из счетчиков. Эти же штифты служат для центровки и фиксации обеих половинок счетчика относительно друг друга. Один из фланцев имеет резьбу, другой снабжен накидной гайкой, при помощи которой обе половинки надежно прижимаются друг к другу, плотно зажимая источник.

Для протока рабочего газа тефлоновые пробки снабжены патрубками, а в держателе источника сделаны отверстия.

Для устранения ложных отсчетов, обусловленных утечками заряда по поверхности изолятора, на торцах пробок проточены прямоугольные кольцевые канавки. Для этой же цели все детали, находящиеся под напряжением, полируются, острые кромки и заусеницы устраняются. Разрез счетчика представлен на рис. 1.

В качестве рабочего газа применяется технический метан, содержащий не более 5% примесей.

Для усиления и формирования импульсов со счетчика служит усилитель УПИ-1 [7], импульсы с выхода усилителя подаются на схему антисовпадений.

Счетная характеристика устройства, полученная с этим усилителем при расходе метана около 20 см³/мин., приведена на рис.2. Как видно из рисунка, длина плато не менее 200 вольт. Величина “ α ”, найденная по форме счетной характеристики, равна 0,0115 вольт⁻¹.

Защита (см. рис. 3) представляет собой цилиндрический свинцовый экран с крышками с толщиной стенок 50 мм, внутри которого смонтирован ковер антисовпадений из счетчиков МС-6, катодный повторитель и экраны-поглотители, которыми защищенный объем экранируется от излучения радиоактивных загрязнений свинца защиты и стекла счетчиков ковра антисовпадений.

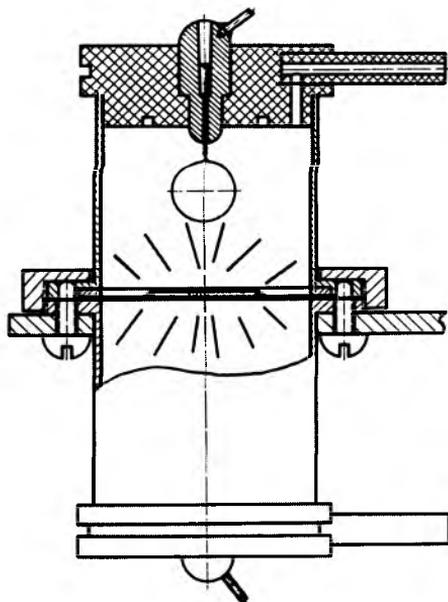


Рис. 1.

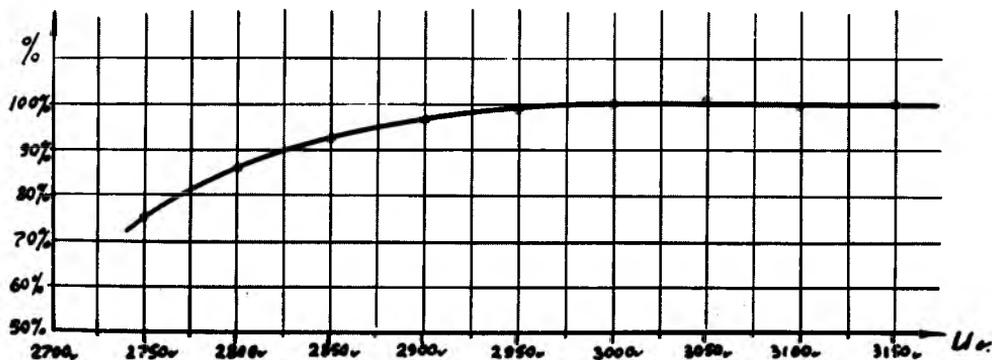


Рис. 2.

Взаимное расположение деталей показано на рис. 3. Внутренний экран сделан из оргстекла толщиной 10 мм и предназначен для поглощения электронов, выбитых γ -лучами из латунного экрана, а также для поглощения β -частиц, обусловленных радиоактивными загрязнениями в латуни [10].

Включение схемы антисовпадений приводит к уменьшению фона детектора при прочих равных условиях с 5 имп./мин. до 1 имп./мин.

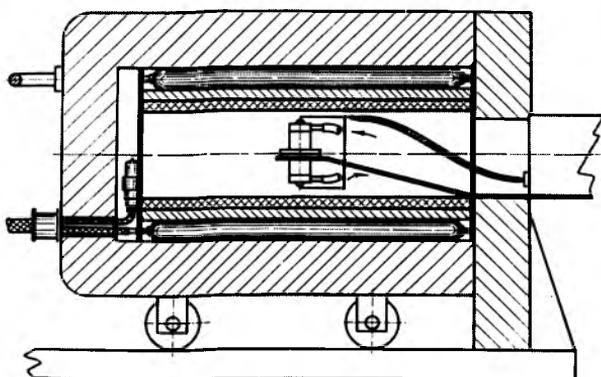


Рис. 3.

§ 3. Эффективность счета

Определение эффективности счета в зависимости от веса препарата проводилось для изотопов Y^{90} , Ag^{111} и смеси $Cd^{115} + In^{115m}$, искусственно введенных в весовые количества неактивного носителя. Приготовление препаратов проводилось следующим образом.

Изотопы Y^{90} и Ag^{111} выделялись из смеси осколков деления. Изотоп Cd^{115} получался облучением природного кадмия в котле по реакции $Cd^{114}(n,\gamma)Cd^{115}$. Активный титр азотно кислых растворов Y , Ag и Cd определялся при помощи счетчика 4л [7].

В качестве подложек источников для 4л-счетчика использовались тонкие пленки из перхлорвиниловой смолы, полученные методом нанесения капли раствора смолы в толуоле на чистую водную поверхность. Опыт трехлетней работы с этими пленками показал их преимущество по сравнению с пленками из цапон-лака, нейлона и капрона, ввиду большой механической прочности пленок из перхлорвиниловой смолы и их инертности к соляной, серной и азотной кислотам высокой концентрации.

Для определения активного титра раствор с высокой концентрацией активности засасывался в весовую пипетку, из которой затем наносился в виде капель с известным весом (от 10 до 30 миллиграмм) в центр подложки.

Для получения равномерного слоя активного вещества на подложку предварительно наносилась капля препарата инсулина, составленного из пяти частей (по объему) коммерческого раствора инсулина на 20 частей двунормального раствора HNO_3 и 100 частей дистиллированной воды. Такая обработка

устраняет локальную кристаллизацию при высушивании препарата, что позволяет при общем весе осадка 30-40 микрограмм пренебречь самопоглощением для бета-излучения названных изотопов.

Одновременно с приготовлением источников определенная часть исходного раствора из той же пипетки вносилась в известное количество раствора азотнокислой соли неактивного носителя (вторичного раствора). Одновременное приготовление источников и зараженного раствора неактивного носителя позволяет избежать ошибок, связанных с повышением концентрации в капилляре микропипетки, обусловленным испарением раствора с конца капилляра.

Кислотность исходного раствора должна быть достаточно высокой, чтобы исключить сорбцию активности на стекле весовой пипетки.

При соблюдении этих предосторожностей активный титр исходного раствора определяется с точностью 1-2% по измерению 5-7 “невесомых” источников на счетчике 4л.

Высокая температура раствора (90°C), высокая кислотность (3-8 N по HNO_3) и длительное нагревание (около 1 часа) обеспечивали полный изотопный обмен между внесенным изотопом и неактивным носителем.

После проведения этой операции проводилось осаждение нерастворимых соединений исследуемых элементов $\text{Y}(\text{OH})_3$, AgCl и $\text{CdNH}_4 \cdot \text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ соответственно.

$\text{Y}(\text{OH})_3$ высушивался и прокаливался до Y_2O_3 .

Из полученных осадков фильтрованием через взвешенные беззольные фильтры изготавливались мишени в виде диска диаметром 10 мм и весом от 3 до 25 мг. Осадки промывались спиртом и сушились при 110°C до постоянного веса. После взвешивания готовые источники заклеивались с двух сторон алюминиевой фольгой толщиной 5 микрон, смазанной тонким слоем клея БФ, приклеивались на металлическое кольцо держателя источника и поступали на измерение на 4л – “бесфоновом” счетчике.

Результаты градуировки приведены на графике рис. 4. Для удобства пользования на оси ординат отложена величина “К”, обратная величине эф-

фективности $K = \frac{N_{4л \text{ "невесомый"}}}{N_{4л \text{ "бесфоновый"}}$. Как видно из графика, существует отклонение отдельных точек градуировки от среднего значения, видимо, обусловленное неучитываемыми колебаниями в толщине подложки, алюминиевого покрытия источника и неоднородностью образца.

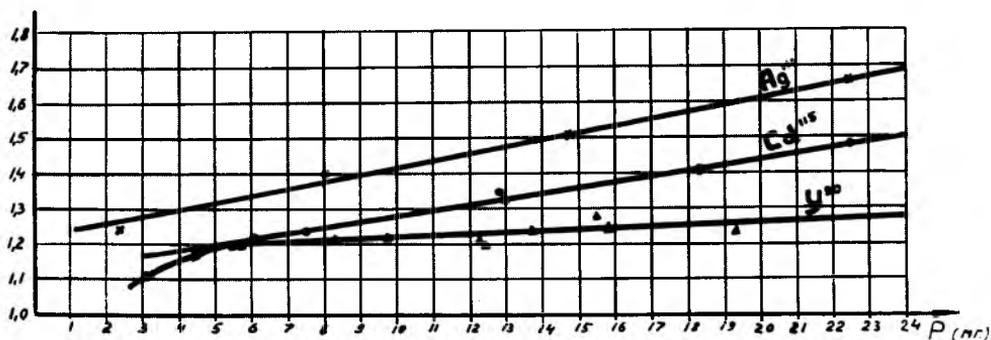


Рис. 4.

Однако эти отклонения не превышают 3% в худшем случае.

На основании полученных данных можно утверждать, что предлагаемая методика позволяет осуществить радиометрию препаратов с полной активностью $5 \cdot 10^{-13}$ кюри с точностью $3\% + \delta$, где δ — статистическая ошибка данного измерения.

ЛИТЕРАТУРА

к статье “Измерение β -активных препаратов с активностью $5 \cdot 10^{-13}$ кюри”

1. Houtermaus F.Y., Oeschger H., Helv. Phys. Acta 1958, v91, №2, p. 117.
2. Fergusson Y.J., Nucleonics 1955, v13, №1, p. 18.
3. Sotkey S.D., Nather R.E., Nucleonics 1957, v15, №5, p. 90.
4. Seliger H., Cavallo I., J.Res.NBS. 1957, v47, p. 41.
5. Houtermaus F.Y. and a J.F.Phys. 1932. 134 sl
6. Pate B.D., Yaffe I Can.J.of Chemistry 33 p.15 /1955/ 33 p.610 33 p.929 33 p.1656 34 p.265/1956/
7. Баранов С.А., Полевой Р.М. ПТЭ 1957 №3, стр. 32-36.
8. Engeneering 1953, 175, № 4550 p. 449-453.
9. Cohen R. C.R. 1949, v 229, p.356
10. Yrummit W.E. a. all, Can. J. of Chemistry. V34, p.206 /1956/

1961

ВЫПАДЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СССР В 1959 – 1960 гг. *

Б.В. Курчатова

В связи с прекращением испытаний ядерного оружия данные по радиоактивным выпадениям за 1959–1960 гг. можно целиком отнести за счет поступления искусственных радиоактивных изотопов из стратосферы.

Продукты от испытаний ядерного оружия в Сахаре не могут существенно повлиять на результаты ввиду локализации выпадений от них в южных широтах.

Таким образом, изучение выпадений за истекшие два года позволяет осветить ряд существенных вопросов, таких как скорость перехода осколков из стратосферы в тропосферу, широтные распределения выпадений и другие закономерности выпадения, а также состав накопленных в стратосфере продуктов деления.

В предыдущем сообщении [1] был изложен метод определения выпадения Sr^{90} на поверхность территории СССР, основанный на радиохимическом анализе золы планшетных проб, систематически собираемых в ряде пунктов наблюдения.

В настоящей работе излагаются результаты по выпадению продуктов деления в 1959 г. и данные за первые три квартала 1960 г., полученные этим методом.

В опубликованных ранее исследованиях [1,2] объединение проб производилось по всей территории Союза ежемесячно для изучения распределения выпадений по времени. В настоящее время сезонный характер выпадений установлен достаточно определенно. Поэтому в данном исследовании объединение проб проводилось, чтобы получить картину выпадений по отдельным областям Союза.

* Совместно с В.М.Шубко

Кроме определения Sr^{90} , пробы анализировались также на Ce^{144} и измерялась общая β -активность объединенных проб. В последнем случае применялась стандартная проба весом 60 мг золы (диаметр таблетки 1,5 см), закрытая с обеих сторон алюминиевой фольгой толщиной 10 мк. Измерения проводились на проточном метановом счетчике с геометрией счета 4л, окруженном ковром счетчиков, включенных по схеме антисовпадений. Фон установки не превышал 1,5 имп/мин.

Эффективность счета для β -излучения Sr^{90} составляла 0,8. Этот коэффициент применялся и для перехода к абсолютной суммарной β -активности. Очевидно, что полученная таким путем суммарная β -активность не отвечает полной β -активности пробы, так как при указанной методике измерения эффективность счета для мягких β -излучателей (Ce^{144} , Ru^{106} , Pm^{147} и др.) значительно меньше.

Результаты анализов приведены в табл. 1–4. Для удобства сравнения области расположены по возможности в порядке уменьшения широты. Относительно небольшое различие в величине среднемесячного выпадения Sr^{90} по различным районам территории СССР позволяет довольно уверенно вывести среднее значение месячного выпадения Sr^{90} по Союзу. То же самое можно сказать о суммарной β -активности и о выпадении Ce^{144} . Суммарная β -активность всех проб для удобства сравнения измерялась в конце 1960 г.

Отношение $e\beta/Sr^{90}$, как видно из таблиц, оказалось довольно постоянным. Среднее значение его составляет 16,0 для выпадений 1959 г. и первого квартала 1960 г., измеренных на 1 сентября 1960 г. Оно уменьшилось до 13,0 для выпадений третьего квартала 1960 г., измеренных 20 ноября 1960 г., что связано с распадом суммарной β -активности за истекшие три месяца.

Постоянная доля активности Sr^{90} в общей β -активности для изучаемого периода позволила определить расчетные выпадения Sr^{90} в 1960 г. Значения их для каждого квартала хорошо согласуются со значениями, полученными методом радиохимического анализа.

Из табл. 2–4 видно, что выпадение общей β -активности Sr^{90} и Ce^{144} во втором квартале 1960 г. заметно превышает выпадение в первом квартале того же года. Данные для третьего квартала несколько ниже, чем для второго. Таким образом, известный весенне-летний максимум выпадений проявился и в 1960 г., однако спад к осени выражен менее резко.

Для определения годового хода выпадения Sr^{90} из полученных данных рассчитано выпадение за первые три квартала 1959 и 1960 гг.

Ниже дается среднее выпадение Sr^{90} на территории СССР по годам, мкюри/км²

1957	2,2
1958	3,8
1959 (за первые три квартала)	5,3
1960 (за первые три квартала)	1,9

Как видим, в 1959 г. достигнут четкий максимум. В 1960 г. наблюдался существенный спад выпадения Sr^{90} (в 2,8 раза). Этот результат не противоречит данным работы [3] по изменению концентрации Sr^{90} в стратосфере.

Из табл. 1–4 видно также, что имеется заметный широтный ход выпадения. Выпадения в полосе 37–45° с.ш. превышают в 1,5–2 раза среднее значение по Союзу. В северных широтах* (60–70° с.ш.) выпадения, как правило, ниже среднего. На указанную зависимость накладывается влияние количества выпадающих атмосферных осадков.

Симбатность выпадения активности и выпадения осадков хорошо объясняет отдельные случаи отклонений выпадений от средних значений и от закономерности широтного распределения.

Отношение активности Ce^{144} к Sr^{90} колеблется незначительно, т.е. явно широтной зависимости этого отношения не обнаружено. Этот результат вместе с постоянством отношения суммарной β -активности к активности Sr^{90} позволяет сделать вывод об одном составе выпадающей активности по всей территории Союза.

Уменьшение отношения $\text{Ce}^{144}/\text{Sr}^{90}$, наблюдаемое в течение трех кварталов 1969 г. (см. табл. 2,3,4), согласуется с периодом полураспада Ce^{144} . Это указывает на единый источник выпадения постоянного состава в 1960 г.

Из величина отношения $\text{Ce}^{144}/\text{Sr}^{90}$ можно заключить также, что выпадающая активность относительно позднего происхождения и обусловлена испытаниями 1958 г.

Полученные результаты по соотношению отдельных продуктов деления собираемой активности позволяют сделать некоторые выводы по оценке принятого нами метода исследования.

В основе метода лежит сбор активности с помощью двухслойного марлевого планшета. Планшетный метод не является строгим, так как связан с неточностью в определении эффективности сбора активности марлей, а также возможностью избирательного осаждения на планшете одних продуктов деления по сравнению с другими.

Таблица 1

Среднемесячное выпадение продуктов деления в 1959 г. (и в конце 1958 г.) по отдельным районам СССР, мкюри/км².

Район	Интервал сбора	Общая β-активность на 1.9. 60 г.	Sr ⁹⁰	Ce ¹⁴⁴ на 1.9. 60г.	Ce ¹⁴⁴ /Sr ⁹⁰	εβ/Sr ⁹⁰
1	2	3	4	5	6	7
Архангельская обл.	1.12.58–1.1.60	4,3	0,47	–	–	9,2
Ленинградская обл.	1.9.58–1.9.59	7,5	0,51	3,6	7,0	14,7
Магаданская обл.	1.1.59–1.12.59	4,9	0,51	2,8	5,4	9,6
Латвийская ССР	17.9.58–1.9.59	4,9	0,32	3,2	9,9	15,3
Московская обл.	1.1.59–1.12.59	9,7	0,56	–	–	17,3
Свердловская обл.	1.10.58–1.10.59	6,2	0,49	3,0	6,2	12,7
Красноярский край	1.11.58–1.1.60	6,1	0,33	2,6	8,0	18,5
Новосибирская обл.	1.11.58–1.7.59	11,3	0,83	6,1	7,4	13,6
Минская обл.	1.9.58–1.9.59	6,6	0,59	4,4	7,4	11,2
Куйбышевская обл.	16.11.58–1.11.59	7,9	–	–	–	–
Камчатка	1.9.58–1.8.59	6,0	0,40	3,3	9,5	15,0
Харьковская обл.	1.7.59–1.1.60	6,5	0,33	–	–	19,7
Киевская обл.	15.9.58–1.10.59	5,4	0,38	3,3	8,7	14,2
Ростовская обл.	1.11.58 – 1.10.59	4,7	0,41	2,9	7,0	11,5
Юж. Сахалин	1.11.58–1.9.59	9,2	0,52	2,1	4,1	17,7
Грузинская ССР	15.9.58–1.9.59	17	–	–	–	–
Приморский край	1.11.58–1.11.59	10,8	0,56	6,0	10,7	19,3
Ташкентская обл.	1.10.58–1.10.59	9,6	0,65	–	–	14,8
Армянская ССР	1.9.58–1.10.59	14	0,89	5,9	6,5	15,8
Азербайджанская ССР	15.10.58–1.10.59	9,2	0,61	4,0	6,6	15,0
Среднее:		8,1	0,51	3,9	7,5± 1,4	15,04± 2,3
IV квартал 1959 г.						
Ленинградская обл.	1.9.59–1.1.60	2,6	0,13	–	–	20
Латвийская ССР	1.9.59–1.1.60	1,6	0,10	–	–	16
Минская обл.	1.9.59–1.1.60	2,5	0,13	–	–	19
Камчатка	1.9.59– 1.1.60	1,8	0,13	–	–	14
Юж. Сахалин	1.11.59–1.1.60	2,5	0,18	–	–	14
Азербайджанская ССР	1.10.59–1.1.60	6,9	0,52	–	–	13
Среднее		3,0	0,19	–	–	16±0,3

Таблица 2

Среднемесячное выпадение продуктов деления в первом квартале 1960 г. мкюри/км²

Район	Общая β-активность на 1.9. 60 г.	Sr ⁹⁰		Ce ¹⁴⁴ на 15.2. 60 г.	Ce ¹⁴⁴ Sr ⁹⁰	εβ Sr ⁹⁰
		Экспери- менталь- ный	Расчет- ный			
1	2	3	4	5	6	7
Мурманская обл.	2,2	–	0,13	–	–	–
Архангельская обл.	1,6	0,10	0,10	0,59	5,9	16
Ленинградская обл.	2,3	0,14	0,14	0,94	6,7	16,5
Эстонская ССР	1,0	0,05	0,06	0,62	12,4	20
Магаданская обл.	2,8	–	0,17	–	–	–
Латвийская ССР	–	–	–	–	–	–
Московская обл.	1,7	–	0,10	–	–	–
Свердловская обл.	2,4	0,15	0,15	0,97	6,5	16
Красноярский край	1,4	0,08	0,08	0,49	6,0	17,5
Литовская ССР	2,0	–	0,12	–	–	–
Минская обл.	1,8	–	0,11	–	–	–
Куйбышевская обл.	2,3	–	0,14	–	–	–
Камчатка	1,9	–	0,12	–	–	–
Киевская обл.	2,5	0,11	0,15	1,44	13	22,7
Львовская обл.	3,5	–	0,21	–	–	–
Карагандинская обл.	2,3	–	0,14	–	–	–
Сталинградская обл.	–	–	–	–	–	–
Сталинская обл.	3,1	0,18	0,19	–	–	–
Хабаровский край	1,3	–	0,08	–	–	–
Одесская обл.	2,7	0,14	0,16	1,25	9,0	19,3
Юж. Сахалин	1,3	0,10	0,08	0,75	7,5	13
Крым	3,2	–	0,20	–	–	–
Грузинская ССР	4,2	–	0,26	–	–	–
Приморский край	–	–	–	–	–	–
Ташкентская обл.	3,2	0,25	0,20	2,0	8,0	13
Фрунзенская обл.	–	–	–	–	–	–
Алма-Атинская обл.	2,7	–	0,17	–	–	–
Армянская ССР	3,1	–	0,19	–	–	–
Азербайджанская ССР.	2,5	0,22	0,15	2,2	10,0	11,3
Сталинабадская обл.	5,7	0,42	0,35	3,8	9,2	13,5
Новосибирская обл.	1,1	–	0,07	–	–	–
Среднее:	2,4	0,16	0,15	1,3	8,6±2,0	16,4±2,5

Таблица 3

Среднемесячное выпадение продуктов деления во втором квартале 1960 г., мюри/км²

Район	Общая β-активность на 1.10.60 г.	Sr ⁹⁰		Ce ¹⁴⁴ на 15.5.60 г.	Ce ¹⁴⁴ /Sr ⁹⁰	eβ/Sr ⁹⁰
		Экспериментальный	Расчетный			
1	2	3	4	5	6	7
Мурманская обл.	3,3	—	0,22	—	—	—
Архангельская обл.	2,3	0,22	0,16	1,45	6,6	10,5
Ленинградская обл.	4,0	0,23	0,27	1,64	7,1	17,5
Эстонская ССР	2,3	0,16	0,16	1,60	10	14,4
Магаданская обл.	—	—	—	—	—	—
Латвийская ССР	2,6	0,14	0,17	1,32	9,4	18,5
Московская обл.	2,8	0,22	0,19	1,45	6,6	12,7
Свердловская обл.	3,1	0,21	0,21	1,6	7,6	14,7
Красноярский край	2,8	0,23	0,19	1,3	5,6	12,2
Литовская ССР	3,2	—	0,22	—	—	—
Новосибирская обл.	2,0	—	0,13	—	—	—
Минская обл.	3,2	—	0,22	—	—	—
Куйбышевская обл.	4,0	0,22	0,27	—	—	18,0
Камчатка	2,3	—	0,16	—	—	—
Киевская обл.	—	—	—	—	—	—
Львовская обл.	5,3	—	0,36	—	—	—
Карагандинская обл.	4,7	—	0,33	—	—	—
Сталинградская обл.	3,5	—	0,24	—	—	—
Сталинская обл.	3,7	0,26	0,25	2,0	7,9	14,3
Хабаровский край	1,8	—	0,12	—	—	—
Одесская обл.	2,9	0,24	0,20	2,4	10	12
Юж. Сахалин	3,2	0,20	0,22	1,8	9,1	16
Крым	5,5	—	0,37	—	—	—
Грузинская ССР	4,5	—	0,31	—	—	—
Приморский край	7,6	0,46	0,52	2,8	6,1	16,5
Ташкентская обл.	30,0	0,31	0,26	1,4	4,5	12,3
Фрунзенская обл.	—	—	—	—	—	—
Алма-Атинская обл.	5,2	—	0,35	—	—	—
Армянская ССР	4,8	—	0,33	—	—	—
Азербайджанская ССР	4,4	0,41	0,30	2,7	6,6	10,7
Сталинабадская обл.	7,1	0,48	0,48	3,2	6,7	14,8
Среднее	3,7	0,26	0,25	1,8	7,5±1,4	14,7±2

Таблица 4

Среднемесячное выпадение продуктов деления в третьем квартале 1960 г., мкюри/км²

Район	Общая β-активность на 20.11.60 г.	Sr ⁹⁰		Ce ¹⁴⁴ на 15.8.60 г.	Ce ¹⁴⁴ /Sr ⁹⁰	εβ/Sr ⁹⁰
		Экспериментальный	Расчетный			
1	2	3	4	5	6	7
Мурманская обл.	2,6	—	0,20	—	—	—
Архангельская обл.	2,3	0,15	0,18	0,94	6,7	15,3
Ленинградская обл.	2,6	0,20	0,20	1,24	6,2	13,0
Эстонская ССР	—	—	—	—	—	—
Магаданская обл.	—	—	—	—	—	—
Латвийская ССР	2,3	—	0,20	—	—	—
Московская обл.	2,3	0,20	0,20	1,06	5,3	11,5
Свердловская обл.	3,4	0,21	0,24	—	—	14,7
Красноярский край	5,4	0,43	0,39	2,3	5,3	12,0
Литовская ССР	3,4	—	0,26	—	—	—
Новосибирская обл.	—	—	—	—	—	—
Минская обл.	2,5	—	0,19	—	—	—
Куйбышевская обл.	—	—	—	—	—	—
Камчатка	3,0	—	0,23	—	—	—
Киевская обл.	3,4	—	0,24	—	—	—
Львовская обл.	3,6	0,28	0,28	1,67	6,0	13,0
Карагандинская обл.	2,8	—	0,21	—	—	—
Сталинградская обл.	2,7	—	0,21	—	—	—
Сталинская обл.	—	—	—	—	—	—
Хабаровский край	—	—	—	—	—	—
Одесская обл.	3,0	0,26	0,23	1,53	5,9	11,6
Юж. Сахалин	2,8	0,22	0,22	1,16	5,3	12,7
Крым	3,7	—	0,28	—	—	—
Грузинская ССР	—	—	—	—	—	—
Приморский край	3,8	0,29	0,29	1,50	5,1	13,0
Ташкентская обл.	3,4	0,24	0,24	—	—	13,0
Фрунзенская обл.	—	—	—	—	—	—
Алма-Атинская обл.	3,5	—	0,27	—	—	—
Армянская ССР	—	—	—	—	—	—
Азербайджанская ССР	3,3	—	0,25	—	—	—
Сталинабадская обл.	2,7	—	0,21	—	—	—
Среднее	3,0	0,25	0,23	1,45	5,8±0,5	13±0,8

В частности, для Sr^{90} , являющегося водно-растворимым продуктом, имеется опасность выбивания его атмосферными осадками с планшета. Поэтому можно ожидать резких колебаний в отношении Ce^{144} к Sr^{90} в зависимости от метеорологических условий.

Удовлетворительное постоянство отношений активности Ce^{144} к Sr^{90} и суммарной β -активности к Sr^{90} , полученное нами для самых различных районов СССР, показывает, что эти эффекты не сказались при принятом нами методе обработки проб. Очевидно, что объединение большого числа суточных планшетных проб в одну квартальную пробу устраняет или ослабляет влияние отдельных проб искаженного состава.

Используемые нами для анализа средние пробы оказываются, таким образом, достаточно представительными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шубко В.М. Выпадение Sr^{90} на поверхность территории СССР (Доклад для Комитета ОСИ).
2. Содержание радиоактивного стронция в атмосфере, почве, продуктах питания и костях человека в СССР (Доклад для комитета ООН А/АС8/№199)
3. Strontium-90 content of the stratosphere. H.Seely.Science,131, 3401 (1960)

ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПРЕПАРАТОВ Ci^{36} И Br^{82} МЕТОДОМ ЯДЕР ОТДАЧИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ В НЕЙТРОННЫХ ПОЛЯХ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ*

Б. В. Курчатова

Классический метод получения концентрированных радиоактивных препаратов Сциларда-Чалмерса обычно рассматривается как мало эффективный при использовании больших интегральных потоков нейтронов из-за значительного разложения облучаемого соединения под действием радиации.

Авторами найдены соединения брома и хлора с углеродом, позволяющие получать существенное обогащение радиоактивными изотопами хлора и брома методом ядер отдачи при облучении в нейтронных потоках порядка 10^{13} нейтр./сек·см².

Эти соединения отвечают формуле C_nX , где X — Cl или Br, $N = 10 + 20$ для соединения хлора и $25 + 70$ — для соединений брома. Они достаточно устойчивы термически и химически. Соединение состава $C_{30}Br$ выдерживает нагревание до $300^\circ C$ в атмосфере аргона без отщепления брома; оно разлагается полностью при температуре $600^\circ C$. Указанное соединение брома с углеродом практически устойчиво к воздействию водных растворов умеренных восстановителей.

Соединения хлора с углем по устойчивости близки к соединениям брома с углем. Только сильные восстановители (сернокислый раствор $CrSO_4$) медленно отщепляют хлор при комнатной температуре из соединений хлора с активированным углем.

* Совместно с Л. Н. Курчатовой

Обогащение брома изотопом Br^{82} при использовании указанных соединений брома с углем достигает $50 + 500$ -кратного при интегральных потоках порядка $5 \cdot 10^{17}$ нейтр./см². Удельная активность концентрата колеблется от 6 до 35 мкюри/мг брома и, вероятно, может быть повышена при дальнейшей отработке метода. Структура соединения обеспечивает хорошее извлечение радиоактивного брома (до 75%) при простейших технологических операциях.

Для получения концентрата хлора-36 наиболее эффективной оказалась система углерод + хлорное железо + хлор. На этой системе получен коэффициент обогащения от 6 до 20-кратного при удельной активности концентрата 230–55 микрокюри/г хлора.

Эффект концентрирования при облучении нейтронами указанных соединений хлора и брома является результатом наложения целого ряда процессов: образования радиоактивных атомов хлора, радиолитического отщепления галоида, диффузии полученных продуктов в решетке углерода, сорбции их на поверхности и рекомбинации на различных центрах. Многочисленные факторы — ультрамикроскопическая структура, природа новых соединений, относящихся к типу поверхностных соединений, наличие на поверхности угля центров с непрерывным спектром энергии сорбции, вероятное образование при облучении угля различных неподвижных центров рекомбинации и др., — обуславливают чрезвычайное разнообразие условий образования и взаимодействия продуктов облучения с углеродным скелетом и его поверхностью. Поэтому использованные системы представляют возможность широкой вариации опытов для подбора оптимальных условий обогащения.

В поисках путей получения препаратов Cl^{36} с максимальной удельной активностью нами был найден новый метод концентрирования радиоактивных изотопов хлора и брома, основанный на эффекте отдачи при реакции (n, γ) в ультрапористой системе. Последняя представляла собой активированный уголь с химически сорбированным хлором или бромом. Структура угля и особенности поведения свободного галоида в решётке угля и на его поверхности обеспечивают возможность легкого отделения образованных радиоактивных изотопов: Cl^{36} , Cl^{38} , Br^{82} одной операцией смыва. Проведенное исследование нового метода позволило сделать некоторые заключения о механизме концентрирования в полученных своеобразных системах и корреляции его с классическим методом Сциларда-Чалмерса, успешно применяющимися для получения концентрата Br^{82} [1, 2].

Ниже излагаются основы разработанного метода и результаты применения его.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ ХЛОРИРОВАННОГО И БРОМИРОВАННОГО УГЛЯ

Для работы использовался активированный уголь плотностью $0,6^2/\text{см}^3$, дробившийся до размеров зерна 0,2 мм. Зольность угля составляла 2,2%.

Препараты с максимальным содержанием связанного галоида получают нагревом активированного угля до $250\text{--}300^\circ\text{C}$ в атмосфере паров хлора или брома в течение 2–3 часов. Адсорбированный галоид удаляется затем длительной обработкой, включающей следующие операции: отмывка водным раствором SO_2 на холоду (1–2 суток), затем при нагревании на водяной бане около 10 часов с частой сменой раствора, промывка горячей дистиллированной водой, заключительная длительная промывка водой (около 7 суток) в колонке при комнатной температуре. После указанной обработки в активном угле остается только прочно фиксированный хемосорбированный галоид. Содержание последнего определялось сжиганием препарата в кварцевой трубке на воздухе с поглощением освободившегося галоида водным раствором щелочи. Оно доходило до соотношений $10\text{C} : 1\text{Cl}$ и $30\text{C} : 1\text{Br}$. Концентрация прочно фиксированного галоида зависит от сорта угля и его обработки. Если исключить нагрев при галоидировании и ограничиться суточным выдерживанием угля в атмосфере галоида, то результирующий продукт, после всех операций удаления сорбированного галоида, содержит значительно меньше галоида, особенно хлора. Для применявшегося сорта активного угля получался продукт с отношениями $260\text{C} : 1\text{Cl}$ и $76\text{C} : 1\text{Br}$.

В задачу работы на данном этапе не входило подробное исследование свойств полученных препаратов. Мы приводим ниже лишь отдельные их характеристики.

Состав использованных препаратов варьировался, отвечая содержанию одного атома хлора на 10–20 атомов углерода и одного атома брома на 30–80 атомов углерода. Эти препараты, которые для краткости далее называются хлорированным или бромированным углем, достаточно устойчивы термически и химически. Препарат состава $30\text{C} \cdot 1\text{Br}$ выдерживает нагревание до 300°C 6 часов в токе чистого аргона без заметного отщепления брома. Часовой нагрев при 700° приводит почти к полному отщеплению брома. Под воздействием водного раствора SO_2 или горячей воды происходит медленное отщепление брома. Так, при перемешивании с водой в течение часа при 85°C отщепляется около 0,05% брома. При комнатной температуре суточная промывка водой приводит к смыву 0,01–0,02% брома. Последние результаты

трудно объяснить диффузией брома. Вероятно, в основе их лежит гидролитическое расщепление.

Препараты хлорированного угля близки по устойчивости к препаратам бромированного угля. опыты отщепления хлора прогревом препарата состава $10,2 \text{ C} \cdot 1 \text{ Cl}$ в токе воздуха выявили неодинаковую прочность связи. Скорость отщепления хлора при нагреве от 150° C до 250° C отвечает энергии активации ~ 10 ккал/моль, а для интервала $250^\circ\text{--}300^\circ \text{ C}$ — ~ 20 ккал/моль.

Сильный восстановитель, серноокислый раствор CrSO_4 , отщепляет за четверо суток 17% хлора из препарата состава $16 \text{ C} \cdot 1 \text{ Cl}$. Совокупность свойств бромированного и хлорированного угля легко объясняется активированной сорбцией галоидов на угле и энергетической неравноценностью атомов углерода, расположенных на его поверхности. Эта энергетическая трактовка не исключает возможности образования на угле ряда поверхностных соединений галоида с углеродом, отличающихся друг от друга прочностью связи. Такие соединения представляются нам аналогами поверхностных окислов углерода, образующихся на активированном угле при прогреве в кислороде до $300\text{--}500^\circ \text{ C}$ [3, 4]. В пользу представления о поверхностных соединениях галоидов на угле указывает большая прочность связи и большое содержание галоида в наших препаратах. Наблюдаемые концентрации (1–6 мп галоида на грамм угля) принято рассматривать в случае системы кислород — уголь как результат хемосорбции с образованием поверхностных соединений [4]. Новые доводы в пользу химической природы связи галоида с углем дают результаты по радиационному разрушению препаратов, полученные в настоящей работе.

Бромированный уголь близок к «остаточным соединениям» (residue compounds) брома с графитом, обнаруженным Хеннигом [5], которые рассматриваются им как результат фиксации брома в узлах нарушенных решетки.

ЭФФЕКТ ОТДАЧИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ НЕЙТРОНАМИ БРОМИРОВАННОГО ИЛИ ХЛОРИРОВАННОГО УГЛЯ

Для исследования препарат запаивался в кварцевую ампулу и облучался, в большинстве случаев, в вертикальных каналах водо-водяного реактора ИРТ в потоке $10^{12}\text{--}10^{13}$ нейтр./см² сек. Продолжительность облучения составляла, как правило, 10 часов для бромированного угля и несколько суток для хлорированного угля.

БРoM-82

Облученный препарат бромированного угля промывался небольшим количеством бидистиллированной воды, что удобно осуществлялось в колонке. Определение активности последовательно собираемых проб промывной воды показало, что порция воды в 4 мл достаточна для смыва за 0,5-2 часа 50-70% всего брома-82, содержащегося в 20 мг бромированного угля. Следующая порция воды смывает значительно меньшее количество брома-82, порядка нескольких процентов. Дальнейшая, даже длительная промывка водой, добавляет меньше 2% брома-82. Остаток радиоактивного Br^{82} в угле определялся одновременно с общим содержанием неактивного брома путем сжигания препаратов в кварцевой трубке с улавливанием брома раствором щелочи. Этот бром оказывался обедненным изотопом Br^{82} , концентрация которого составляла 0,1-0,3 средней концентрации Br^{82} в облученном препарате. Во всех водных фракциях кроме активности Br^{82} , определялось содержание бром-иона путем потенциометрического титрования 0,001 н раствором AgNO_3 . Чистота препарата Br^{82} проверялась по периоду полураспада на протяжении не менее семи периодов. Измерение активности выполнялось на торцовом счетчике, эталонированном по счетчику с геометрией 4 П. Как правило, измерение начиналось на третий день после облучения, чтобы исключить влияние изотопа Br^{80} . Полученный раствор концентрата Br^{82} может быть сгущен упариванием без потери активности. Для характеристики обогащения использованы 3 коэффициента:

1. коэффициент обогащения рассчитывался как отношение удельной активности концентрата к удельной активности исходного препарата;
2. коэффициент извлечения представляет собой отношение (в %) количества радиоактивного изотопа, перешедшего в раствор, к общему количеству радиоактивного изотопа в препарате;
3. коэффициент разложения (в %) выражает отношение свободного галоида, извлеченного раствором, к общему содержанию галоида в препарате.

Из таблицы I видим, что облучение бромированного угля, смоченного водой, приводило к пониженной удельной активности концентрата. Поэтому в остальных опытах для облучения применялся бромированный уголь, высушенный в вакууме над P_2O_5 .

Удельная активность полученных концентратов Br^{82} , рассчитанная к концу облучения, колебалась от 14 до 45 милликюри на 1 мг. (В одном случае было достигнуто значение 121 милликюри на 1 мг Br). Удельная активность концентрата Br^{82} , полученного методом Сциларда-Чалмерса на твердом KBrO_3 в работе [2], составляла от 6,4 до 20 милликюри на 1 мг Br .

Использование пара-дибромбензола в реакции Сциларда-Чалмерса [2] позволяет получать стандартные препараты Br^{82} с удельной активностью 4 милликюри на 1 мг без примеси Br^{80} . Эта величина также примерно в два раза меньше средней удельной активности наших препаратов, составляющей 10 милликюри на 1 мг Br спустя 48 часов после облучения (10 периодов полураспада Br^{80}).

По коэффициенту извлечения (70%) новый метод находится на одном уровне с броматным способом и значительно превосходит метод с дибромбензолом, при котором извлечение составляет около 20%.

Для сравнения в таблице 1 приведены единичные опыты с пара-дибромбензолом. Удельная активность концентрата, полученного по методике [2], оказалась ниже в 10 и более раз, чем при использовании бромированного угля. Таким образом, пара-дибромбензол оказался мало пригодным в жестких условиях облучения, применявшихся в нашей работе.

ХЛОР-36

Смыв концентрата Cl^{36} производился во всех случаях водным раствором SO_2 . Восстановитель удалялся кипячением с продувкой воздуха. Хлор определялся потенциометрически. Для определения содержания Cl^{36} добавлялся носитель хлор-ион, а также сульфат- и фосфат-ионы и проводилось окисление перманганатом радиоактивных примесей — S^{35} и P^{32} . Хлор-ион осаждался в виде хлористого серебра и переосаждался несколько раз в тех же условиях до получения постоянной активности. Проводилась также контрольная очистка путем отгонки HCl . Такая отгонка может служить способом очистки концентрата хлора-36 без добавки носителя. Измерение активности проводилось спустя три-четыре недели после облучения, чтобы обеспечить распад примеси Br^{82} . Измерения выполнялись на торцовом счетчике. Для перехода к абсолютной активности использовались градуировочные кривые эффективности счета других излучателей с близкой максимальной энергией β -спектра, установленные с помощью счетчика 4л. Для контроля чистоты Cl^{36} определялась максимальная энергия β -излучения по поглощению в алюминии.

Результаты некоторых опытов даны в таблице 1.

Коэффициент обогащения падает с увеличением интегрального потока, но, даже при максимальном потоке $2,8 \cdot 10^{19}$, наблюдался четкий эффект обогащения в 5,3 раза. Удельная активность концентрата составила 230 микрокюри на грамм хлора, что отвечает содержанию приблизительно одного атома Cl^{36} на 80 неактивных атомов хлора. Следует отметить, что применявшиеся методы подготовки препарата и смыва Cl^{36} , а также условия облучения, очевидно, не являются оптимальными.

Таблица 1

Состав облученного препарата	Поток нейтронов, $n \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$	Время облучения, часы	Удельная активность концентрата	Коэффициент обогащения	Коэффициент извлечения, %	Коэффициент разложения, %	
Обогащение Br^{82}							
В присутствии H_2O	76 C·l Br	$8,0 \cdot 10^{11}$	8,5	3,9 мкюри/мг	42	77	1,8
	35 C·l Br	$0,88 \cdot 10^{12}$	10	3,9 мкюри/мг	63	58	0,97
	76 C·l Br	$1,5 \cdot 10^{12}$	10	3,6 мкюри/мг	41	77	1,86
	35 C·l Br	$1,2 \cdot 10^{12}$	12,5	18 мкюри/мг	200	68	0,35
	35 C·l Br	$2,2 \cdot 10^{12}$	11,8+12**	26 мкюри/мг	112	72	0,75
	35 C·l Br	$2,4 \cdot 10^{12}$	11,4	14 мкюри/мг	84	68	0,66
	35 C·l Br	$3,4 \cdot 10^{12}$	11	45 мкюри/мг	183	73	0,41
	35 C·l Br	$4,2 \cdot 10^{12}$	8,2	121 мкюри/мг	530	78	0,15
	76 C·l Br	$7,3 \cdot 10^{12}$	12	33 мкюри/мг	50	78	1,37
	35 C·l Br	$1,3 \cdot 10^{13}$	11,3+12**	27 мкюри/мг	21	64	3,2
	35 C·l Br	$1,9 \cdot 10^{13}$	12+13+11+10***	23 мкюри/мг	8,2	51	6,8
	35 C·l Br	$1,6 \cdot 10^{13}$	7,8	22 мкюри/мг	27,5	48	1,9
p - $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2$	$1,2 \cdot 10^{12}$	12,5	0,42 мкюри/мг	~6	15	2,8	
p - $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2$	$7,3 \cdot 10^{12}$	12	2,7 мкюри/мг	~3	6	1,7	
Обогащение Cl^{36}							
18 C·l Cl	$3,2 \cdot 10^{12}$	30	0,016 мкюри/г	27	48	1,7	
16 C·l Cl*	$5,0 \cdot 10^{12}$	120	0,07 мкюри/г	20	48,5	2,1	
15,5 C·l Cl	$1,5 \cdot 10^{13}$	73	0,034 мкюри/г	5,5	28,4	5,2	
13,4 C·l Cl*	$3,0 \cdot 10^{13}$	240	0,23 мкюри/г	5,3	50	9,3	

Примечание: Препараты отмеченные, значком*, содержали также железо.

** Перерыв облучения 36 часов.

*** Три перерыва облучения по 12 часов.

Обсуждение результатов

Особенности смыва водой брома с облученного бромированного угля позволяют довольно уверенно говорить о радиолитическом отщеплении брома при облучении. Этот вывод подтверждается данными рисунка 1, где представлена зависимость коэффициента разложения бромированного угля (кривая II) от интегрального потока нейтронов. До потока $5 \cdot 10^{17}$ она отвечает, в первом приближении, прямой пропорциональности. Разложение составляет 0,4% для интегрального потока 10^{17} нейтр./см². В области малых потоков получается большой разброс точек, что связано, вероятно, с наложением эффекта гидролиза бромированного угля и влиянием невыясненных факторов. На том же рисунке нанесены данные (1) для разложения KBrO_3 при облучении нейтронами (кривая I). Как видим, не только характер зависимости от потока, но и абсолютное значение процента разложения оказываются весьма близкими. Точнее, разложение KBrO_3 оказывается в 1,5 раза больше, если учесть различие в величине сечения образования Br^{82} , полученной в работе [1] (2,8 барна) и принятой в нашей работе (3,6 барна). Линейная зависимость формально позволяет считать, что по-видимому, отсутствует обратная реакция рекомбинации отщепленного брома. Рекомбинация начинает проявляться, судя по намечающемуся загибу кривой, при интегральном потоке 10^{18} нейтр./см².

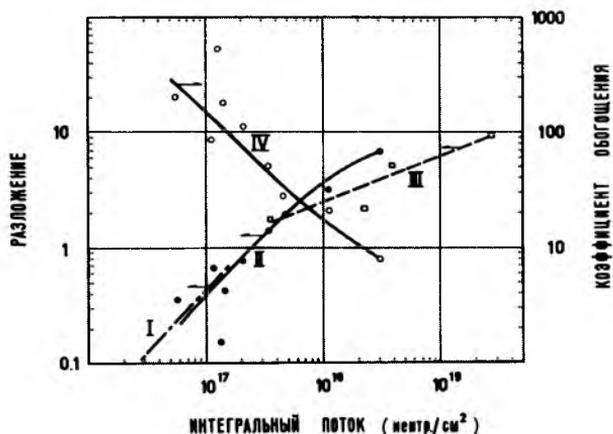


Рис. 1

Кривая I — Разложение KBrO_3 по данным [1].

Кривая II — Разложение бромированного угля (черные кружки).

Кривая III — Разложение хлорированного угля (открытые квадраты).

Кривая IV — Коэффициент обогащения для бромированного угля (открытые кружки).

Явление радиолиза, четко проявившееся при облучении бромированного угля, позволяет сделать довольно уверенно заключение о химическом типе связи брома с углеродом.

Удельная активность концентрата Br^{82} оказалась довольно постоянной. Это означает, что рекомбинация радиоактивных ядер Br^{82} с решеткой угля, если и имеет место, то идет в той же доле, как и для атомов радиолизного брома.

На рисунке 1 дан также ход коэффициента обогащения (кривая IV) для концентрата Br^{82} . Его спад с ростом потока качественно отвечает нормальному ходу коэффициента обогащения при эффекте Сциларда-Чалмерса. Разброс точек не позволяет пока сделать сравнения с теоретическим наклоном прямой (135°). В итоге можно констатировать, что бромированный уголь по поведению в нейтронном поле качественно не отличается от бромата калия.

Полученные результаты для бромированного угля могут быть интерпретированы следующим модельным представлением о механизме концентрирования. Ядра отдачи Br^{82} после торможения до тепловых скоростей диффундируют в решетке угля, пока не будут сорбированы на свободных участках поверхности угля. Отщепленный радиолитически бром также диффундирует в решетке и сорбируется на поверхности угля. Ввиду того, что участки с высокой энергией связи и малой энергией активации уже заняты бромом, при изготовлении препарата сорбция происходит в точках со слабой энергией связи, что объясняет возможность легкого смыва обоих продуктов облучения. Поскольку можно ожидать отличных химических состояний для Br^{82} и радиолизного брома, нами ставился ряд попыток разделения этих продуктов при смыве с целью получить на этом этапе дополнительное концентрирование Br^{82} . Добавка носителей Br и BrO_3^- к смыву водой или щелочным раствором и последующее осаждение Br в виде AgBr показали, что весь смытый радиоактивный бром находится в растворе в виде Br^- -иона. Таким образом, не обнаружено ожидавшихся (2) окисленных состояний радиоактивного брома.

Смыв Br^{82} с угля легко осуществляется также абсолютным этиловым спиртом. Удельная активность концентрата оказалась в пределах точности метода равной удельной активности при смыве водой. Тот же результат получен при смыве *n*-бутиловым спиртом, разбавленным толуолом. Следует отметить, что скорость смыва в последнем случае меньше, хотя и применялось нагревание на водяной бане. При этом удалось достичь только 15% извлечения Br^{82} . Промывка облученного бромированного угля диоксаном или бензолом не давала практически извлечения как Br^{82} , так и радиолизного брома.

Из приведенных опытов следует, что Br^{82} и радиолизный бром, по всей вероятности, находятся в угле в одинаковом состоянии в виде относительно слабо связанного брома. Гидролиз или алкоголиз этой связи проходит легко. Основная доля активности отмывается водой за несколько минут и скорость отмывки определяется, по-видимому, целиком скоростью диффузии в порах угля. Некоторую оценку прочности связи Br^{82} в угле позволяют дать опыты прогрева облученного препарата бромированного угля в запаянных ампулах.

Результаты приведены в таблице II.

Таблица II

Условия обработки	Коэффициент извлечения Br^{82} водой	Удельная активность концентрата	Количество отмывого брома на 1 мг угля
Исходный материал без прогрева	60%	5,2 мкюри/мг	$4,6 \cdot 10^{-3}$ мг
Прогрев 5 часов при 110°C	43%	3,9 мкюри/мг	$4,0 \cdot 10^{-3}$ мг
Прогрев 5 часов при 210°C	10%	0,6 мкюри/мг	$5,8 \cdot 10^{-3}$ мг

Из таблицы видно, что энергия связи Br^{82} на поверхности угля невелика (оценка дает около 1 ккал/моль), уже при 110° начинается переход на свободные места с высокой энергией связи, то есть рекомбинация. Наблюдаемое падение удельной активности концентрата, вероятно, объясняется вторичным эффектом — воздействием кислорода или сорбированной воды на бромированный уголь с выделением свободного брома, что маскирует рекомбинацию радиолизного брома. Полученный результат следует учитывать при подборе условий облучения в реакторе.

Препараты хлорированного угля, как видим из таблицы I, испытывают радиолитическое разложение, достигавшее при значении интегрального потока $2,8 \cdot 10^{19}$ величины 9,3%. Наметившаяся зависимость разложения от интегрального потока представлена кривой III на рис. 1. Ход кривой явно отражает существенное влияние рекомбинации.

Интересно отметить, что в области наименьшего значения потока, примененного в работе ($3,5 \cdot 10^{17}$), величина разложения оказалась равной разложению бромированного угля. По ходу исследования ставились опыты с системой углерод + хлорное железо, описанной в литературе [6]. Эта система

представляется весьма перспективной, ввиду ожидаемого малого радиолиза хлорного железа, включенного в решетку. Однако синтез такого препарата на основе активного угля встретил связанные с химической фиксацией хлора затруднения, еще полностью не преодоленные.

Основным результатом опытов с хлорированным углем является наметившийся рост удельной активности концентрата при увеличении интегрального потока. Этот необычный ход указывает на существенное различие рекомбинации атомов Cl^{36} и атомов радиолизного хлора и заслуживает дальнейшего изучения.

Необходимо отметить, что в основе разработанного метода концентрирования лежит свободная диффузия образующихся радиоактивных изотопов хлора и брома в решетке угля. Можно думать, что перечисленными элементами не ограничиваются возможности метода. Так, по нашим наблюдениям за поведением изотопов P^{32} и S^{35} , образующихся наряду с Cl^{36} в хлорированном угле при облучении нейтронами, P^{32} смывался водным раствором SO_2 на 92%, тогда как S^{35} — только на 17%. Извлечение основного количества серы-35 достигалось только сжиганием угля, что указывает на объемное распределение этого изотопа в решетке, в отличие от поверхностного распределения галоидов и фосфора-32.

ВЫВОДЫ

Разработан метод концентрирования радиоактивных изотопов хлора и брома, основанный на облучении нейтронами хлорированного или бромированного активированного угля. Максимальная удельная активность концентрата Br^{82} по этому методу достигается при интегральном потоке около $1,5 \cdot 10^{16}$ нейтр./см² и составляет 15 милликюри на 1 мг брома, спустя 48 часов после облучения. Средняя удельная активность составляет около 10 милликюри на 1 мг при коэффициенте извлечения 70%. При концентрировании Cl^{36} достигнута удельная активность 0,23 милликюри/г при 5-кратном обогащении и 50%-ном извлечении.

Основными особенностями нового метода концентрирования является исключительная простота способа получения концентрата и возможность работы при высоких интегральных потоках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] BOYD, G. E., COBBLE, J. W. and WEXLER, S., *J. Am. Chem. Soc.*, **74** (1952) 237.
- [2] HENRY, R., AUBERTIN, C. et VALADE, I., *Journ. de Phys. et du Radium*, **19** (1958) 548.
- [3] ШИЛОВ, Н., ШАТУНОВСКАЯ, Н. и ЧМУТОВ, К., *Z. Phys. Chem.*, A, **149** (1930) 211; **150** (1930) 31.
- [4] ДУБИНИН, М. М., Поверхностные окислы и адсорбционные свойства активных углей. Статья в сборнике «Поверхностные химические соединения и их роль в явлениях адсорбции». Изд. Московск. унив., 1957.
- [5] HENNIG, G., *J. chem. Phys.*, **20** (1952) 1438–1443.
- [6] RUDORF und SCHULZ, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, **245** (1940) 121.

1967

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ГРАФИТА МАРКИ 11-03 ДЛЯ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО РЕАКТОРА ИГР*

Краткое содержание работы.

Настоящая работа является законченным этапом плановой темы, относящейся к проблеме изготовления урансодержащих графитовых блоков высокой степени равномерности для новых импульсных реакторов ИГР и РИНГ.

Этот этап работы был включен в план в октябре 1966 г. в связи с реконструкцией первого импульсного реактора ИГР-РВД. Предусматривалась более равномерная пропитка графита ураном, чем в старых блоках из графита марки АРВ-2.

Сущность работы заключалась прежде всего в выборе нового сорта графита, удовлетворяющего всем требованиям реконструированного реактора ИГР. Затем опробывалась и уточнялась ранее разработанная методика пропитывания на образцах нового сорта графита марки 11-03, как в лабораторных, так и в цеховых условиях. После этого, метод был внедрен в производство для изготовления большой партии урансодержащих графитовых изделий, общим весом в 3 тонны, с тщательным контролем готовой продукции согласно ТУ на общее содержание металла в изделиях и равномерность распределения внутри каждого изделия.

Работа выполнена в сжатые сроки.

Общее содержание металла в блоках определялось на специальной установке в тепловой колонне реактора Ф-1. Анализу были подвергнуты все изделия,

* Из папки "Черновики", сохранившейся в личном архиве. Работа, выполнена в 1967 г. в секторе № 3 ОЯФ под руководством Б.В. Курчатова П.М. Чулковым и Л.Н. Морозовым и была представлена на конкурс работ за 1968г. Об этой работе вспоминает Талызин В.М. в гл. III. — Р.К.

изготовленные для активной зоны реконструированного реактора. Это составило 1900 блоков, около 800 втулок и несколько сотен стержней. Кроме того, на той же установке проводилось определение ядерной чистоты графита различных марок. Эта часть работы выполнена целиком и полностью ОЯР.

Равномерность распределения урана внутри изделий проверялась с помощью сцинтилляционного γ -спектрометра путем измерения γ -излучения в порошковых пробах весом до 1г., высверленных из блока от 30 до 40 навесок.

Такой анализ с частичным разрушением блока (до 1,2%) проводился выборочно — один блок из 8-ми одновременно пропитанных. Всего было анализировано 60 блоков, что составило около 2000 весовых порошковых проб. Точность измерений $\pm 1\%$. Скорость анализа 2 часа на один блок.

Особенно трудоемкой частью работы оказался выбор нового сорта графита с наилучшей равномерностью распределения открытых пор. Были подвергнуты тщательному лабораторному исследованию все сорта графита, изготавливаемые в Советском Союзе. Проведены тысячи измерений плотности и открытой пористости в образцах размером $10 \times 10 \times 10$ мм³. На основании анализа полученных данных различных сортов графита были разработаны технические условия изготовления опытной партии графита марки 11-03 и изделий, предназначенных для пропитки ураном.

Введен радиометрический контроль разноплотности графита в заготовках опытной партии непосредственно в цехе графитового завода.

Типичная картина распределения урана в графите нового сорта (марки 11-03), характерная для всей партии изготовленных блоков, показана на отдельных рисунках. (Здесь не приводятся. — Р.К.) Для сравнения были показаны и графики распределения урана в блоках из графита АРВ-2, пропитанных в 1959 г. для 1-го импульсного реактора ИГР. (Также — не приводятся. — Р.К.)

Подробный отчет о проделанной работе оформляется совместно с заводами.

В итоге проведенной работы было обеспечено в срок изготовление большой партии уран-графитовых блоков для реконструированного реактора ИГР на основе нового сорта графита с повышенным качеством ТВЭЛов.

Работа выполнена совместно с сектором 7 ОВТУ** и монтажными мастерскими ОРР, ОЯР на институтских ТВЭЛах.

** Совместно с ОВТУ (отделом высокотемпературных установок) — В.М.Талызиным, А.И.Смирновым, А.А.Дроздовым и монтажными мастерскими — В.В.Хмызовым, С.С.Русановым, В.И.Дедюлиным, В.И.Бурмистровым, В.Г.Мартыниковым, В.М.Ивановым, М.А.Чесаловым, Е.А.Воскресенским, А.М.Волковым, . . Мигалевой, И.И.Володиным, И.Х.Королевым. — Р.К.

1967

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ОДНОРОДНЫХ УРАН-ГРАФИТОВЫХ БЛОКОВ*

Проблема создания уран-графитовых ТВЭЛов высокой степени однородности возникла 12 лет назад в связи с проектированием и строительством 1-го в Советском Союзе импульсного реактора ИГ-1 (РДВ).

Лучшим сортом графита для пропитки ураном тогда был признан графит марки АРВ-2. Равномерность распределения металла в изделиях из этого сорта графита достигала уровня $\pm 25-30\%$ от среднего значения анализированных проб размером в один кубический сантиметр.

Попытка улучшить этот результат удавалась в случае использования графита более равнопористого, чем графит марки АРВ-2.

После тщательного лабораторного анализа многочисленных образцов графита неизвестных нам ранее промышленных марок и опытных партий, изготовленных специально по техническим условиям для реактора ИГ-1 (РДВ) в связи с его реконструкцией, наилучшим сортом по равномерности распределения плотности и открытых пор оказался графит марки 11-03.

Уровень равномерности распределения металла в изделиях этого сорта графита составлял $15-20\%$ от среднего значения анализированных проб того же размера.

Дальнейшая работа по улучшению качества пропитки графита ураном проводилась в связи с проектированием нового импульсного реактора ИГ-2, в котором предусматривалось использование уран-графитовых ТВЭЛов высокой степени однородности. По техническим условиям неравномерность в ТВЭЛлах не должна превышать $\pm 10\%$.

* Из папки "Черновики", сохраняется в личном архиве. Выполнено совместно с П.М.Чулковым, Л.Н.Морозовым, В.Ф.Гусевым, Т.В.Солдатовой в [1967г.] Об этой работе вспоминает Талызин В.М. в гл. III. – Р.К.

Изучение неравномерности плотности и открытой пористости графита разных марок – АРВ-1, 11-03 и ГМР-7, а также сравнительная оценка неоднородности распределения металла после заполнения пор ураном до концентрации, заданной в ТВЭЛах реактора ИГ-2, позволило выявить влияние адсорбционной способности графита на качество вакуумной пропитки.

Работа проводилась на образцах иммитаторов ТВЭЛов шестигранной формы с шагом 170 мм (вместо 265 мм) и отверстием диаметром 10 мм (вместо 100 мм). Толщина образцов-иммитаторов изменялась от 30 до 70 мм.

Было установлено, что графит марки 11-03 по требованиям к однородности плотности и открытой пористости для целей изготовления ТВЭЛов реактора ИГ-2 методом пропитывания остается наилучшим сортом. Однако характер распределения металла в образцах этого сорта после вакуумной пропитки до норм урана на 1 г. графита, определенных проектным заданием, оказался специфически неровным. В середине по толщине образцов в 30 мм содержание металла на 1 г. графита занижалось на 15-20% от заданной нормы. Эффект занижения урана по толщине пропитанных изделий имеет место и для графита марки ГМР-7, но проявляется он несколько меньше и почти мало заметен в образцах графита марки АРВ-1. Это различие в специфической неоднородности распределения металла объясняется различием в размерах пор графита разных марок.

Изучалось влияние на адсорбционную способность графитов с различной капиллярной структурой температуры пропитки, кислотности раствора заданной концентрации металла на 1 г. графита.

В методической части работы экспериментально проверялись некоторые варианты упрощения технологии пропитки, техники контроля качества пропитки.

АСИММЕТРИЯ ФОТОДЕЛЕНИЯ U^{238} ВБЛИЗИ ПОРОГА*

Б. В. Курчатова

ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ АКАДЕМИИ НАУК СССР
(Поступила в редакцию 25 июля 1967 г.)

Сообщаются результаты измерений выходов осколков $Cd^{115, 117}$, Ag^{111} , Mo^{99} и $Ba^{139, 140}$ при фотоделении U^{238} в подбарьерной области в диапазоне граничных энергий тормозного спектра $E_{max} = 4,5+6,5$ Мэв. Показано, что относительная вероятность симметричного деления немонотонно зависит от энергии возбуждения: при $E_{\gamma} = 6,0$ Мэв наблюдается максимум, а затем с уменьшением E_{γ} она падает в 30+40 раз и снова возрастает, испытывая «излом» при $E_{\gamma} \approx 5,3$ Мэв. Вопрос об интерпретации экспериментальных данных остается открытым.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы были проведены многочисленные исследования деления ядер вблизи порога. Интерес к этой области возбуждений определяется прежде всего успехами каналового описания процесса деления. Влияние индивидуальных каналов особенно четко проявляется в угловом распределении осколков при делении γ -лучами.

Результаты экспериментов по фотоделению четно-четных ядер U^{238} , Pu^{240} и др. [1] находятся в хорошем согласии с предложенной О. Бором [2] моделью «холодного» ядра в седловой точке. В то же время вопрос о влиянии каналовой структуры на массовое распределение осколков, также выдвинутый О. Бором [2], остается открытым. Для понимания механизма, определяющего распределение масс при делении, интересно узнать, как это распределение зависит от характеристик квантового состояния делящегося ядра (канала деления).

* Совместно с В.И.Новгородцевой, В.А.Пчелиным, Г.Н.Смиренкиным, Ю.М.Ципенюком и В.М.Шубко

В экспериментах по фотоделению при низких энергиях Шмитт и Даффилд [3] обнаружили эффект, который может быть связан с влиянием уровней точки перевала на распределение масс. Они нашли, что выход ядра Cd^{117} при делении естественного урана обладает острым пиком при энергии 6 Мэв. Однако более поздние измерения Кивикаса и Форкмана [4] не подтвердили этих результатов.

Детальное исследование уровней ядра U^{238} в седловой точке, проведенное ранее на микротроне [1,5], дает возможность сопоставить измерение массового распределения осколков при фотоделении с характером зависимости углового распределения от энергии. Поэтому мы решили повторить измерения массового распределения осколков при фотоделении U^{238} вблизи порога.

Краткое сообщение о некоторых результатах этих экспериментов опубликовано в работе [6].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперименты проводились на микротроне ИФП АН СССР с 17 орбитами [7]. Средний ток ускоренных электронов составлял около 50 мка. Размеры электронного пучка — $2 \times 4 \text{ мм}^2$. Положение пучка на мишени контролировалось во время эксперимента с помощью телевизионной установки. Средний ток ускоренных электронов на мишени непрерывно измерялся и записывался на самописце. Таким образом можно было вводить поправку в результаты измерений на изменение тока во времени. Энергия ускоренных электронов в микротроне определялась номером орбиты и величиной постоянного магнитного поля, которое стабилизировано с точностью до 0,1%. Энергетический разброс определялся размерами области фазовой устойчивости и составлял $\pm(30+40) \text{ кэв}$. Измерение величины магнитного поля производилось дистанционно непосредственно при работе ускорителя методом ядерного магнитного резонанса.

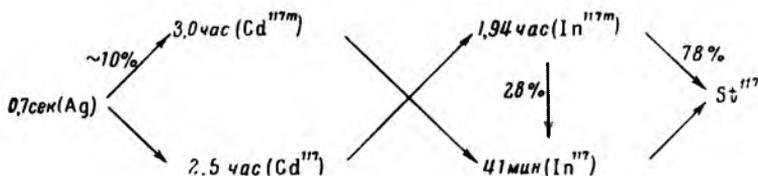


Рис. 1. Схема распада массы-117 [10]. St^{117} — стабильный изотоп с массой 117

В данной работе в качестве мишеней использовались блочки металлического естественного урана; как и в работе [3], металлический уран является одновременно и радиатором тормозного излучения. Урановая мишень представляла собой усеченный конус с углом 5° , диаметрами оснований 5 и 7,5 мм и длиной 16 мм. Вес уранового блочка составлял около 10 г. Такая геометрия мишеней обеспечивала практически полное поглощение γ -квантов в образцах, так что не надо было вводить поправки на небольшие отличия в их весе.

Облучение урана производилось непосредственно в вакуумной камере ускорителя. Для охлаждения урана исследуемый образец помещался в медную охлаждаемую оправку, имеющую ту же конусность.

Измерение выхода ядер-осколков Ba^{139} , Ba^{140} , Mo^{99} , Cd^{115} , Cd^{117} , Ag^{111} производилось радиохимическими методами. Облученный металлический уран растворялся в концентрированной азотной кислоте, содержащей носители Ba , Mo , Ag и Cd . Полученный раствор упаривался до 10–15 мл, разбавлялся вдвое дистиллированной водой и осаждались сульфат Ba и хлористое Ag . Оставшийся азотнокислый раствор разбавлялся до 300–400 мл водой, кислотность доводилась до 0,5 N и осаждались сульфиды Cd и Mo . Сульфид Cd растворялся в 6 N соляной кислоте. Дальнейшая очистка элементов производилась по стандартным схемам [8]. Измерение β -активности образцов проводилось на проточном метановом счетчике с 4л-геометрией и фоном 1 *имп/мин* [9]. Первые измерения активностей проводились через 5–6 час после конца облучения. Радиохимическая чистота выделенных препаратов контролировалась по периоду полураспада.

При определении относительного выхода массы-117 мы исходили из схемы распада, предложенной Геррманом [10] (рис. 1).

При расчетах мы ограничились лишь основной цепочкой распада, т. е. не учитывали 10%-ного ответвления. Определенный таким образом выход массы-117 по Cd^{117} отличается от истинного выхода на постоянную во всех экспериментах долю, составляющую несколько процентов (с учетом жесткости излучений).

Точность определения выхода Cd^{117} в интервале энергий 5,0–5,2 Мэв определяется в основном статистикой отсчетов и составляет 20–30%. Для более высоких энергий электронов и для вершинных осколков точность радиохимических методов составляет около 5%. При определении абсолютных величин выходов дополнительная ошибка вносится из-за неточности установки образцов относительно электронного пучка.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Результаты измерений сведены в таблицу. В ней указаны активности изучавшихся изотопов (число распадов в минуту), приведенные к бесконечному времени облучения при среднем токе электронного пучка 50 мка. Для большинства энергий было проведено несколько серий облучений (особенно в диапазоне энергий 5,0–5,2 Мэв). Приведенные в таблице значения выходов соответствуют средним по всем сериям.

Результаты измерений абсолютных выходов асимметричных осколков $\bar{Y}_{\text{асимм}} = (Y_{139} + Y_{140} + Y_{99})/3$ (индексы соответствуют массе осколков) показаны на рис. 2, а; симметричного осколка – ядра Cd^{117} – на рис. 2, б.

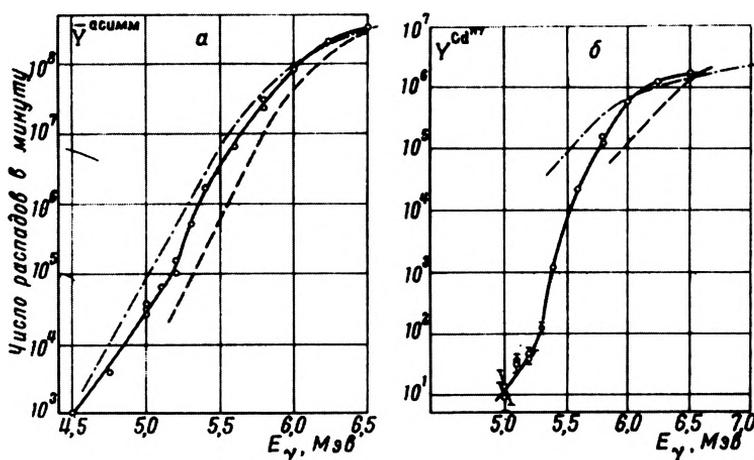


Рис. 2. Абсолютный выход: а – асимметричных осколков, усредненный по ядрам Ba^{139} , Ba^{140} и Mo^{99} , б – Cd^{117} в зависимости от граничной энергии тормозного спектра. Точки – наши данные, пунктирные кривые – данные работы [4] (Ba^{139}) и штрих-пунктирная – работы [3] (Ba^{139}). Нормировка произведена при $E_{\gamma} = 6,5 \text{ Мэв}$

Следует подчеркнуть, что хотя в тормозном спектре присутствуют γ -кванты с энергией от 0 до E_{max} (энергия электронов), реальный спектр γ -квантов, производящих деление, вследствие резкого уменьшения вероятности деления вблизи порога имеет форму достаточно узкой линии с полушириной $\sim 250 \text{ кэв}$.

Интересующая нас характеристика асимметрии деления – отношение выходов симметричного (Cd^{115} , Cd^{117} и Ag^{111}) к среднему асимметричному выводу – дана на рис. 3.

$E_{\text{макс}}$, МэВ	Средние по сериям выходы осколков, отнесенные к току 50 мкА при бесконечном времени облучения					
	Число распадов в минуту ($\times 10^{-6}$)			Число распадов в минуту ($\times 10^{-3}$)		
	Ba ¹³⁹	Ba ¹⁴⁰	Mo ⁹⁹	Cd ¹¹⁷	Cd ¹¹⁵	Ag ¹¹¹
6,5	320	310	348	1700	1400	1800
6,25	215	212	217	1400	1200	1600
6,0	79	83	89	640	610	—
5,8	25	25	24	145	130	165
5,6	6	6	7,1	22	18	24
5,4	1,5	1,5	1,75	1,2	1,2	2,3
5,3	0,55	0,44	0,55	0,11	0,11	0,40
5,2	0,13	0,13	0,13	0,04	0,05	—
5,1	0,06	0,064	0,066	0,03	0,02	—
5,0	0,029	0,035	0,027	0,011	0,02	—
4,75	0,004	—	0,004	—	—	—
4,5	0,001	—	0,001	—	—	—

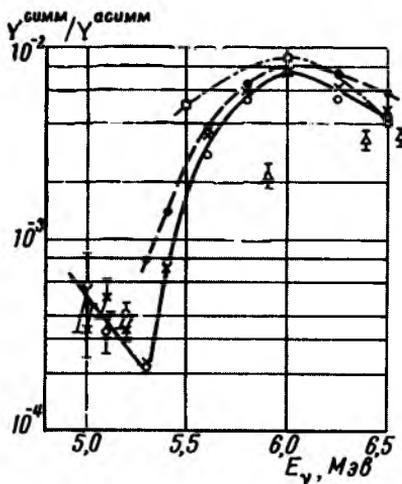


Рис. 3. Отношение выходов симметричных и асимметричных осколков.

Точки: \circ – выход Cd^{115} , \times – Cd^{117} , \bullet – Ag^{111} ; Δ – результаты работы [4]; \square – работы [3].

Для сравнения на рис. 2, 3 приведены результаты работ Шмитта и Даффилда [3] и Кивикаса и Форкмана [4]. Настоящий эксперимент полностью подтверждает наличие максимума в выходе симметричного деления при энергии $E_{\gamma} = 6$ МэВ. Этот максимум наблюдается для всех трех исследованных симметричных осколков и, по-видимому, характеризует поведение симметричной области в целом. Расхождение результатов работ [3] и [4] нельзя объяснить

различием в способах облучения образцов. Проведенные нами контрольные опыты с промежуточной вольфрамовой мишенью, как это было сделано в работе Кивикаса и Форкмана, совпадают с измерениями при облучении уранового образца электронами. Вклад делений под действием электронов (см. [11]) несуществен, о чем свидетельствуют контрольные измерения выхода осколков в передней части уранового образца, равной пробегу электронов.

Зависимость абсолютных выходов симметричного и асимметричного осколков от граничной энергии тормозного излучения, полученная в данной работе, подобна результатам работ [3, 4]. Высокая интенсивность пучка γ -квантов в микротроне позволила уточнить значения абсолютных выводов, полученных Шмиттом и Даффилдом, и, кроме того, измерить указанные величины в существенно подбарьерной области.

На результаты измерений в глубоко подбарьерной области существенным образом может влиять наличие в естественном уране 0,7 % примеси U^{235} . Поэтому нами было проведено два контрольных опыта.

При энергиях E_{max} , равных 4,8; 5,0; 5,2; 5,4; 6,0 Мэв, нами проводились измерения угловых распределений осколков с мишенями из естественного урана и с десятикратным обеднением. Облучение обеих мишеней производилось одновременно, причем оба слоя находились в идентичных условиях (см. [5]). Наличие U^{235} сказалось только в появлении изотропной составляющей в угловом распределении осколков при $E_{max} < 5,5$ Мэв. Отношение числа делений в экспериментах с мишенью из естественного урана к мишени с десятикратным обеднением составляет 1,5 при $E_{max} = 4,8$ Мэв, 1,22 при $E_{max} = 5,0$ Мэв и 1,08 при $E_{max} = 5,2$ Мэв. На основании этих контрольных опытов в величины выходов асимметричных осколков вводилась соответствующая поправка.

Другой контрольный опыт состоял в выяснении вклада U^{235} в выход симметричных осколков. С этой целью при энергиях электронов 5,0 и 5,1 Мэв нами были проведены облучения образцов урана с 2%-ным содержанием U^{235} . Результаты измерений показали, что влияние U^{235} несущественно. Отсюда, по-видимому, можно заключить, что в этой области E_{γ} вклад симметричных делений при фотоделении U^{235} заметно меньше, чем при фотоделении U^{238} .

Итак, в исследованной нами подбарьерной области наблюдаются следующие характерные особенности фотоделения.

1. В районе $E_{\gamma} = 6$ Мэв имеется максимум выхода симметричных осколков.
2. При уменьшении энергии γ -квантов ниже 6 Мэв относительный выход симметричного деления резко снижается, уменьшаясь в 30 раз в интервале 5,3+5,8 Мэв. Отношение выходов в пике и впадине достигает 5000.

3. При дальнейшем уменьшении энергии γ -квантов падение выхода симметричных осколков прекращается, причем наблюдается вполне заметная тенденция к увеличению вероятности симметричного деления.

4. В области энергий $5,3 \text{ Мэв}$, где происходит отмеченная выше особенность в поведении отношения $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$, наблюдается излом в ходе вероятности как симметричного, так и асимметричного деления.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как уже указывалось, данная работа была предпринята с целью экспериментальной проверки предсказания О. Бора [2] относительно зависимости вероятности симметричного деления четно-четного ядра от спина и четности канала реакции. Согласно его концепции деление вблизи порога происходит через небольшое число каналов. В случае фотоделения четно-четного ядра в этой области энергий в основном образуются и делятся состояния 1^- в случае дипольного поглощения γ -квантов и 2^+ в случае квадрупольного поглощения. О. Бор высказал предположение о возможном подавлении симметричной деформации при делении через канал отрицательной четности, так как волновая функция этого состояния антисимметрична в координатах, описывающих степень асимметрии формы ядра.

В соответствии с этим предсказанием следует ожидать увеличения выхода симметричных осколков с ростом относительной вероятности квадрупольного деления. Такая корреляция обнаруживается в области $E_\gamma = 5,3 \text{ Мэв}$ при сравнении данных на рис. 3 с зависимостью относительного вклада квадрупольного деления от энергии (рис. 4). Величина c/b , определяющая вклад каналов 2^+ и 1^- ($K=0$) в дифференциальное сечение фотоделения $W(\theta) = a + b\sin^2\theta + c\sin^22\theta$, с точностью до коэффициента $5/4$ равна отношению интегральных сечений деления квадрупольными и дипольными γ -квантами.

С позиции обсуждаемой гипотезы нельзя, однако, понять резкое возрастание отношения $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ при $E_\gamma > 5,3 \text{ Мэв}$, где величина c/b становится очень малой. На основании данных о делении одного ядра трудно сказать, в какой мере корреляция относительного выхода симметричного деления в области $E_\gamma < 5,3 \text{ Мэв}$ с ростом c/b может служить аргументом в пользу гипотезы О. Бора. Ясно только, что поведение отношения $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ в области $E_\gamma > 5,3 \text{ Мэв}$ определяется другими физическими причинами. Объяснить такие резкие изменения отношения $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$, которое возрастает здесь в e раз на интервале энергий около $0,1 \text{ Мэв}$, с помощью статистической модели деления нельзя. Она пригодна для описания в области достаточно больших

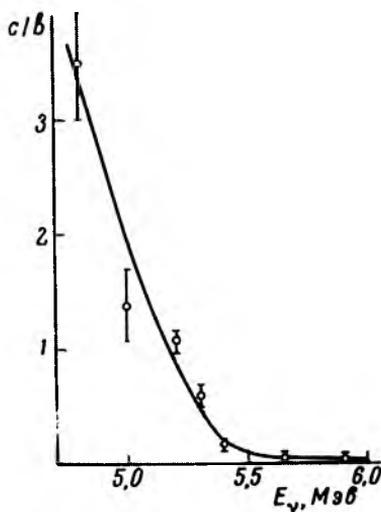


Рис. 4. Зависимость относительной вероятности квадрупольного деления от энергии E_γ

энергий возбуждения, где рост $\Upsilon_{\text{симм}}/\Upsilon_{\text{асимм}}$ в десятки раз слабее, чем в настоящем эксперименте (см., например, [12]). Такие быстрые скорости изменения характеристик ядерных процессов с энергией свойственны туннельным эффектам.

Действительно, обсуждаемое поведение $\Upsilon_{\text{симм}}/\Upsilon_{\text{асимм}}$ наблюдается достаточно глубоко под порогом дипольного деления, которое при этих энергиях является доминирующим. Согласно оценке, приведенной в работе [1], порог канала 1^- ($K = 0$) составляет $6,2 \text{ МэВ}$. Поэтому быстрое уменьшение отношения $\Upsilon_{\text{симм}}/\Upsilon_{\text{асимм}}$ при снижении E_γ под барьер можно связать с разницей в величине приведенной массы μ для симметричного и асимметричного способов деления (проницаемость барьера экспоненциально зависит от $\sqrt{\mu}$). Роль этого эффекта впервые обсуждалась Френкелем [13] более 20 лет назад в связи с проблемой асимметрии деления вообще. Оценки, однако, показывают, что разница в величинах μ составляет около 4%, что намного меньше той величины, которая необходима для объяснения данных в предположении, что всем способам деления соответствует один барьер.

Кроме того, если уменьшение $\Upsilon_{\text{симм}}/\Upsilon_{\text{асимм}}$ связывать с разницей в энергетической зависимости проницаемости барьера, то возникает естественный вопрос: почему эта разница практически отсутствует в широкой области отношений масс осколков при асимметричном делении? Результаты работ [14, 15]

показывают, что «горбы» в распределении масс осколков при спонтанном и вынужденном делении почти совпадают, тогда как, согласно нашим результатам, при снижении E_γ под порог на 0,5 Мэв величина отношения $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ уменьшается в 30–40 раз.

Можно, конечно, в духе гипотезы двух способов деления допустить, что барьер для симметричного деления выше, чем для асимметричного. Таким образом удастся воспроизвести характерные особенности результатов эксперимента для отношения $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$, но тогда мы приходим к противоречию с результатами работы [16]. В этой работе было показано, что вблизи порога деления Np^{237} нейтронами величина $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ существенно не меняется. Трудно, правда, сказать, противоположны ли эти две группы экспериментальных данных, поскольку в работе [16] исследованная подпороговая область заметно уже. Для выяснения этого вопроса желательно продолжить исследования подпорогового деления как нейтронами, так и фотонами. Следует, однако, отметить, что при фотоделении Th^{232} [3] величина $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ падает также чрезвычайно быстро при уменьшении энергии фотонов.

В проведенном выше анализе мы не затрагивали вопроса о наличии максимума в выходе $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ в районе 6 Мэв, который был обнаружен ранее Шмиттом и Даффилдом [3] и обсуждался Уилером [17]. Как уже было указано в нашем предварительном сообщении [6], соображения Уилера о преимущественной конкуренции вылета нейтронов с симметричным делением выше энергии 6 Мэв трудно применить в конкретном случае ядра U^{238} . Едва ли имеет смысл пытаться объяснить этот максимум, пока не получено удовлетворительное объяснение более сильных эффектов, разыгрывающихся глубоко под барьером.

Последнее замечание отчасти верно и по отношению к поведению зависимости $Y_{\text{симм}}/Y_{\text{асимм}}$ в целом. Трудно рассчитывать на ее истолкование, если не существует теории асимметрии деления. Основной результат работы мы видим в том, что проведенный эксперимент определенно указывает на наличие значительных изменений распределения масс осколков в подбарьерной области возбуждений. Какие факторы формируют разную зависимость проницаемости от энергии для симметричного и асимметричного делений — этот вопрос остается открытым.

Авторы выражают глубокую признательность П.Л.Капице и С.П.Капице за поддержку исследований, Б.Т.Гейликману, Н.С.Работнову, В.С.Ставинскому и В.М.Струтинскому за полезные обсуждения результатов работы, а также А.С.Солдатову за участие в подготовке эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н.С.Работнов, Г.Н.Смиренкин, А.С.Солдатов и др. Phys. and Chem. of Fission, 1, IAEA, Vienna, 1965, p. 135.
- [2] О. Бор. Материалы Междунар. конф. по мирн. использ. атомн. энергии, Женева, 1965, 2, Физматгиз, 1958, стр. 175.
- [3] R.A.Shmitt, R.V.Duffield. Phys. Rev., 105, 1277, 1957.
- [4] T.Kivikas, V.Forkman. Nucl. Phys., 64, 420, 1965.
- [5] И.Е.Бочарова, В.Г.Золотухин, С.П.Капица и др. ЖЭТФ, 49, 476, 1965.
- [6] С.П.Капица, В.И.Новгородцева, В.А.Пчелнн и др. Письма ЖЭТФ, 6, 495, 1967.
- [7] С.П.Капица, В.П.Быков, В.Н.Мелехин. ЖЭТФ, 41, 368, 1961.
- [8] Radiochemical studies the fission products, Book 3, Charles D. Coryell, Nathan Sugarman, New York, 1957.
- [9] Р.М.Полевой, В.А.Пчелин. ПТЭ, 1, 177, 1963.
- [10] W.Herman. Radiochemical Acta, 3, 169, 1967.
- [11] Ю.Н.Ранюк, П.В.Сорокин, ЯФ, 5, 531, 1967.
- [12] Н.И.Борисова, С.М. Дубровина, В.И.Новгородцева и др. ЯФ, 6, 454, 1967.
- [13] Я.И.Френкель. Изв. АН СССР, серия физ., 10, 415, 1946.
- [14] A.V.Smith, P.R.Fields, A.M.Friedman. Phys. Rev., 106, 779, 1957.
- [15] Т.А.Мостовая. В кн. Ядерная физика (докл. сов. ученых на II Женевск. конф.), Изд. ГУ по использ. атомн. энергии при СМ СССР, М., 1959, стр. 374.
- [16] Н.И.Борисова, В.И.Новгородцева, В.А.Пчелин, В.А.Шигин. ЯФ, 2, 243, 1965.
- [17] Дж. Уилер. Атомная энергия, 1, № 5, 71, 1956.

1970

ИЗУЧЕНИЕ МАССОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСКОЛКОВ (РАДИОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ) ПРИ ДЕЛЕНИИ Cf^{249} МЕДЛЕННЫМИ НЕЙТРОНАМИ*

Б. В. Курчатов

Исследование представляет особый интерес, как случай вынужденного деления наиболее тяжелого ядра. В частности, интересно определение глубины провала на кривой массового выхода, для которого можно ожидать аномальное уменьшение с увеличением энергии возбуждения (по расчетам В.А.Шигина для Cf^{252}). Поставленная задача рассчитана на выполнение за 1969-1970 гг.

В 1969 г. производилась работа по выделению и очистке Cf^{249} и отработке методических вопросов, связанных с изготовлением мишени Cf^{249} и развитием метода сбора продуктов деления и их анализа.

Проведение радиохимических анализов для определения кривой массового выхода является задачей 1970 г.

Выделение, очистка и изготовление мишени из Cf^{249} .

Препарат Cf^{249} не должен был содержать примеси других делящихся ядер, а также стабильных элементов, способных образовывать при активации нейтронами радиоактивные изотопы, идентичные исследуемым продуктам деления.

Кроме того для многократного использования Cf^{249} без повторной радиохимической переработки его после каждого цикла облучения необходимо было нанести Cf^{249} на подложку достаточно тонким слоем, исключающем поглощение осколков деления в слое облучаемого вещества.

* Совместно с В.И.Новгородцевой, Л.Н.Морозовым, В.А.Пчелиным, А.В.Чистяковым, В.М.Шубко.

На радиохимическую очистку поступила смесь 1 мкг Cf²⁴⁹ с 1,8 мкг Вк²⁴⁹, загрязненная миллиграммовыми количествами минеральных солей. Отделение калифорния от берклия и его последующая очистка от солевых примесей осуществлялась хроматографическими методами разделения и очистки элементов. Радиохимически чистый препарат Cf²⁴⁹ был получен за 3 последовательных хроматографических цикла:

1. Калифорний был отделен от берклия на колонке с катионитом дауэкс – 50Wx12 с помощью α -оксиизомаляновой кислоты.
2. Очистка калифорния от основного количества минеральных примесей на колонке с анионитом дауэкс – 1x10 с помощью смеси 10% бн.ННО₃ с 90% метанола.
3. Дополнительная очистка Cf²⁴⁹ от минеральных солей на небольшой колонке, содержащей равные количества катионита и анионита с помощью растворов соляной кислоты различной концентрации.

В результате проведенной очистки было выделено 1,05 мкг Cf²⁴⁹. Примесь Вк²⁴⁹ в полученном образце Cf²⁴⁹ не превышала (по оценкам) 0,1%, а примесь Cf²⁵² была ≤ 1 сп.дел. на $5,0 \cdot 10^5$ α -расп Cf²⁴⁹. Из препарата Cf²⁴⁹ была изготовлена мишень весом 0,7 мкг с диаметром слоя 6 мм. Слой Cf²⁴⁹ был нанесен на платиновую подложку толщиной 0,05 мм методом электролитического осаждения.

1971

МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ Cf^{249} МЕДЛЕННЫМИ НЕЙТРОНАМИ*

Б. В. Курчатова

ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ им. И. В. КУРЧАТОВА
(Поступила в редакцию 13 апреля 1971 г.)

Радиохимическим методом определены выходы 35 изотопов, образующихся при делении Cf^{249} медленными нейтронами. Массовое распределение асимметрично с максимумами выхода для масс 106 и 139,5. Отношение провала к пику равно или немного меньше 1/50. По кривой выхода масс установлено, что $\bar{\nu} = 4,0 \pm 0,5$.

ВВЕДЕНИЕ

Ядро Cf^{249} — одно из наиболее тяжелых, делящихся медленными нейтронами. Сечение деления на тепловых нейтронах достаточно велико — 1755 бн [1], что позволяет определить радиохимическим путем выходы радиоактивных осколков на микрограммовых количествах вещества.

Определение кривой массового выхода осколков при делении Cf^{249} медленными нейтронами представляет значительный интерес, позволяя проследить, в какой степени сохраняются установленные ранее закономерности деления актинидов для этого экстремального случая. В частности, нас интересовал вопрос о форме пика тяжелых осколков. Накопившийся экспериментальный материал показывает, что этот пик имеет свою индивидуальную форму для разных делящихся ядер и своеобразную зависимость положения локального максимума выхода от заряда и массы делящегося ядра [2].

* Ядерная физика. Journal of nuclear physics, т. 14, вып. 5, 1971.

** Совместно с Л. Н. Морозовым, В. И. Новгородцевой, В. А. Пчелиным, Л. В. Чистяковым и В. М. Шубко

Локальный максимум от крайнего правого положения $A=144$ (для Th^{229}) сдвигается влево до $A=134$ (для Pu^{240}) и затем обратно до $A=140$ (для Cf^{252}). Получение новых данных существенно для подтверждения и уточнения наметившейся зависимости.

Особое внимание было уделено нами исследованию области симметричного деления. Расчеты [3] показали, что для столь тяжелого ядра, как калифорний, можно ожидать появления качественно новых особенностей симметричного деления.

Предварительное исследование деления Cf^{248} тепловыми нейтронами уже опубликовано [4]. Рассмотрение полученных данных целесообразно провести параллельно с данными настоящей работы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исходным материалом служил препарат Bk^{249} , тщательно очищенный от лантанидов и Cf^{252} . После накопления в нем $0,6$ мкг дочернего Cf^{249} были проведены хроматографическое отделение его от берклия с помощью α -оксиизомаляевой кислоты и очистки от неактивных примесей. Препарат Cf^{249} , нанесенный электролизом на платиновый диск в виде пятна диаметром 4 мм, почти не обнаруживал актов спонтанного деления (~ 1 распад/мин). Слой калифорния покрывался тунговым лаком толщиной $0,05$ мг/см², мишень закладывалась в графитовую капсулу, плотно прижималась по краю диска графитовым кольцом высотой $0,5$ мм, предотвращавшим прямой контакт коллектора с делящимся материалом. Коллектор накладывался на кольцо и прижимался графитовой крышкой. Облучение контейнера с мишенью проводилось в канале бериллиевого отражателя реактора ИРТ-4000 в потоке нейтронов $3\text{--}5 \cdot 10^{12}$ нейтрон/см²сек. Продолжительность облучения колебалась от нескольких часов до 10 дней. В качестве коллектора осколков использовались полистирольные пленки ($8\text{--}10$ мг/см²) высокой чистоты.

В нескольких экспериментах для сбора галлоидных осколков применялась фольга ($10\text{--}12$ мг/см²) из алюминия АВ-00000.

Радиохимические процедуры. Полистирольный коллектор после облучения растворялся в смеси концентрированной серной кислоты и пергидроля при нагревании с добавкой требуемых носителей. После полного растворения пленки и дополнительного прогрева раствора в течение 15 мин раствор разбавлялся водой, и после добавления 5%-ного раствора перманганата калия производилась отгонка четырехоксида рутения. Из оставшегося раствора производилась отгонка хлоридов и бромидов сурьмы и олова. Затем осажда-

лись серноокислые соли бария и стронция, хлористое серебро, гидроокиси лантана, церия, циркония и сульфиды молибдена и кадмия. В заключение выделялся цезий. Галлоиды определялись в алюминиевом коллекторе по стандартной методике [5].

Очистка выделенных радиоактивных изотопов производилась в основном стандартными методами [6]. В отдельных случаях (Cd^{117}) разрабатывались экспрессные методы. Редкоземельные элементы (кроме церия) соосаждались с лантаном в виде фторидов и после оксалатной очистки разделялись хроматографически на смоле дауэкс-50X12 при $80^\circ C$ с помощью α -оксизомасляной кислоты, концентрация которой повышается от 0,3 до 0,5 М при $pH=4,5$.

Изготовление образцов для измерений β -активности, измерительная аппаратура, переход к абсолютному счету и способ обработки данных описаны в работе [2].

При определении изотопов йода для каждого измерения изготовлялся свежий образец путем выпаривания аликвотной части раствора выделенного йода с последующим просчетом на $4\pi\beta$ -счетчике. Такой прием позволил избежать влияния накопления дочерних продуктов (радиоактивных изотопов ксенона).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определены выходы 35 изотопов – продуктов деления. Результаты даны в табл. 1 и на рис. 1. Для сравнения приведены данные работ [4, 6]. В таблице даны также статистические ошибки измерений. В ряде определений погрешность была весьма малой. Это представляется до некоторой степени случайным. Суммарная ошибка, обусловленная погрешностями измерений, определения химического выхода и градуировки абсолютного счета, оценивается не менее 5%.

Данные работы [4] довольно хорошо согласуются с нашими результатами. Выпадающие в [4] точки Cs^{137} и Ba^{140} все же в пределах ошибок лежат на нашей кривой. Имеются расхождения для Pd^{112} , Ag^{113} , Cd^{115} , лежащие за пределами ошибок измерения.

Суммы выходов, определенных нами и интерполированных по кривой, составили соответственно 99,76 и 100% для пиков легкого и тяжелого осколков.

Полученная в наших опытах глубина провала, если судить по выходам Sn^{121} и Sn^{125} , соответственно в 1,43 и 1,75 раза больше, чем в работе [4].

Это расхождение, возможно, объясняется различием в условиях облучения. В работе [4] облучение велось в центре реактора «Сафир», где кроме тепловых нейтронов можно ожидать значительный поток быстрых нейтро-

Таблица 1

Выход продуктов деления Cf^{249} медленными нейтронами

Определяемый изотоп	Число определений	Выход, %	Выход, % [4]	Определяемый изотоп	Число определений	Выход, %	Выход, % [4]
Br^{82}	2	$(1,5 \pm 0,12) \cdot 10^{-3}$		Sn^{125}	4	$0,107 \pm 0,011$	$0,24 \pm 0,06$
Br^{83}	3	$0,13 \pm 0,003$		Sb^{127}	4	$1,07 \pm 0,05$	$1,23 \pm 0,29$
Sr^{89}	2	$0,32 \pm 0,013$		Sb^{129}	4	$1,23 \pm 0,05$	
Y^{91}	1	0,805		Te^{129m}			$2,19 \pm 0,33$
Y^{92}	1	1,02		J^{131}	3	$2,20 \pm 0,16$	$3,01 \pm 0,45$
Sr^{92}			$1,17 \pm 0,02$	Te^{132}			$3,95 \pm 0,28$
Y^{93}	1	1,18		J^{133}	3	$4,77 \pm 0,27$	$5,09 \pm 0,51$
Zr^{95}	3	$1,3 \pm 0,02$	$1,72 \pm 0,26$	Cs^{136}	2	$0,42 \pm 0,016$	
Zr^{97}	3	$1,88 \pm 0,05$	$2,35 \pm 0,46$	Cs^{137}	4	$5,57 \pm 0,21$	$6,9 \pm 1,03$
Mo^{99}	2	$3,01 \pm 0,3$	$3,42 \pm 0,24$	Ba^{139}	4	$5,68 \pm 0,16$	
Ru^{103}	3	$5,53 \pm 0,27$	$5,27 \pm 0,62$	Ba^{140}	9	5,36	$4,84 \pm 1,21$
Ru^{105}			$5,49 \pm 0,66$	Ce^{141}	6	$5,15 \pm 0,16$	$6,34 \pm 0,38$
Ru^{106}	3	$5,64 \pm 0,4$	$5,09 \pm 1,01$	Ce^{143}	3	$5,25 \pm 0,27$	$4,90 \pm 0,28$
Pd^{109}			$4,92 \pm 1,23$	Ce^{144}	6	$4,18 \pm 0,27$	$4,62 \pm 0,28$
Ag^{111}	3	$5,48 \pm 0,16$	$5,16 \pm 0,56$	Nd^{147}	3	$3,27 \pm 0,16$	$2,62 \pm 0,39$
Pd^{112}			$3,48 \pm 0,56$	Pm^{149}	3	$2,36 \pm 0,16$	
Ag^{113}			$2,92 \pm 0,32$	Pm^{151}	1	1,88	
Cd^{115}	3	$2,68 \pm 0,13$	$2,46 \pm 0,49$	Sm^{153}	3	$1,26 \pm 0,01$	
Cd^{115m}	3	$0,27 \pm 0,003$		Eu^{156}	2	$0,64 \pm 0,05$	
$\Sigma \text{Cd}^{115+115m}$		$2,95 \pm 0,15$		Eu^{157}	1	0,52	
Cd^{117}	2	$1,88 \pm 0,16$		Gd^{159}	1	0,34	
Sn^{121}	4	$0,204 \pm 0,004$	$0,34 \pm 0,09$	Tb^{161}	1	0,21	

нов. В наших опытах облучение велось вне активной зоны реактора, внутри бериллиевого отражателя, и спектр нейтронов должен быть существенно мягче, чем в работе [4]. Деление Cf^{249} на нейтронах с энергией от 0,16 до 1,6 Мэв изучено в работе [7]. Полученные сечения деления, соответственно от 3,4 до 2,0 бн, не позволяют объяснить повышенный выход симметричного деления в работе [4] вкладом делений от нейтронов указанной части спектра.

Общий ход массового выхода осколков представляется плавной двугорбой кривой, на которой не обнаруживается явной тонкой структуры. Максимумы пиков легкого и тяжелого осколков, отвечающие суммарному 50%-ному выходу, приходится на массы 106 и 139,5. Геометрические (локальные) максимумы каждого пика совпадают с приведенными выше расчетными значениями.

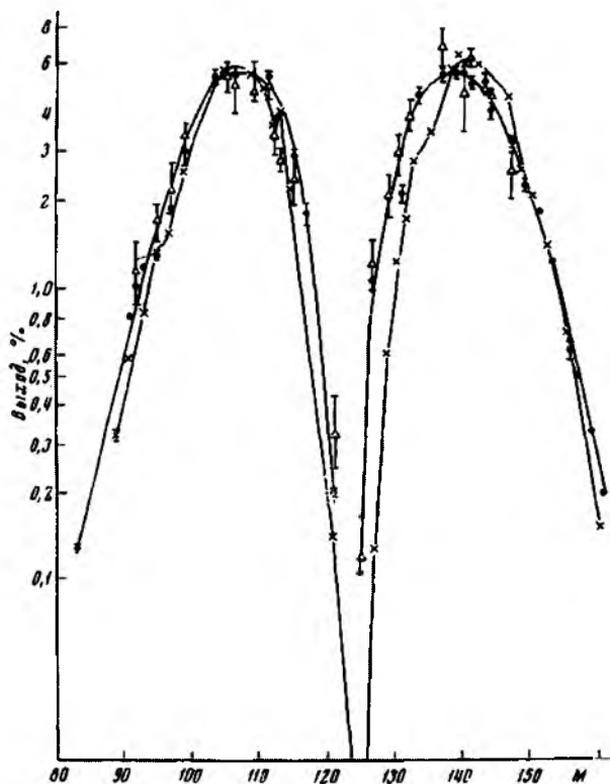


Рис. 1. Деление Cf^{249} медленными нейтронами. Точки: Δ — данные работы [4], O — настоящая работа, X — деление Cf^{252} [6]

Из различных закономерностей, предложенных для зависимости этих максимумов (или их разностей) от A или Z^2/A , наиболее однозначную зависимость дает отношение \bar{A}_d / \bar{A}_m как функция A , представленное на рис. 2. Однако вместо линейной зависимости, утверждавшейся ранее [10], учет экстремальных делящихся ядер приводит к кривой, идущей более полого в области Sm^{242} — Cf^{252} и более круто спадающей в остальной области.

Ширина пиков на $1/10$ и $1/2$ высоты составляет для деления Cf^{249} соответственно 29 и 16 массовых единиц, что несколько больше, чем при спонтанном делении Cf^{252} , где это значение равно 27,5 и 14,5 [6].

Ось симметрии кривой проходит близко к массе 123, выход которой не был определен. Поэтому о величине провала можно судить лишь приближенно. Отношение провала к пику равно или немного меньше $1/50$.

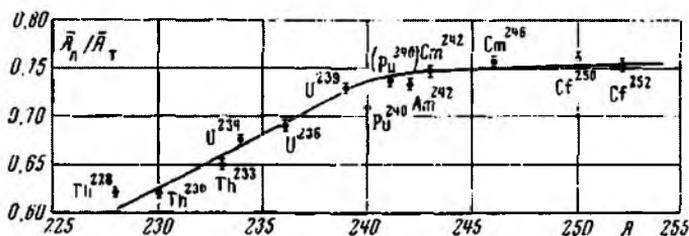


Рис. 2. Зависимость асимметрии деления от массы ядра:
 $\text{Th}^{227, 229, 232}$, $\text{U}^{233, 235, 238}$, Pu^{239} , Am^{241} , Cm^{245} – деление нейтронами [2, 8, 9]; Pu^{240} , Cm^{242} ,
 Cf^{252} – спонтанное деление [6, 9]

Была сделана попытка определения на основе кривой массового выхода осколков среднего числа $\bar{\nu}$ нейтронов, испускаемых на акт деления Cf^{249} . Расчет велся по формуле [11]

$$\bar{\nu} = \frac{\sum_m a_m \nu_m}{\sum_m a_m}$$

где ν_m – парциальное значение ν , определяемое как разность между массой составного ядра и суммой масс пары осколков, дополняющих друг друга; a_m – выход пары осколков при делении ($A_T/A_n = m$).

При подсчете использовались точки кривой выхода масс, взятые через интервал, равный 0,1%. Полученное значение $\bar{\nu}$ составило $4,0 \pm 0,5$. Это заметно меньше значения $\bar{\nu} = 6,0 \pm 1,5$, полученного также из радиохимических данных в работе [4], и близко к величине $4,6 \pm 0,02$, определенной в последнее время [12] физическим методом. Интересно отметить, что имеется некоторый ход для ν_m . От максимальной величины 4,8, наблюдаемой в области пиков выхода, ν_m уменьшается до 3,0 в области выходов 0,6–3,0%. Этот ход обратен ходу парциального значения ν_m для деления Cf^{252} [6, 13]. Указанное различие заслуживает внимания и дальнейшего изучения.

Распределение заряда. Найденные выходы Br^{82} и Cs^{136} относятся к независимым выходам, так как каждый из указанных изотопов защищен стабильным изотопом, предшествующим в цепочке β -распада. После графической экстраполяции полного выхода соответствующей массы частные выходы по цепочке определяются для Br^{82} $1,27 \cdot 10^{-2}$ и для Cs^{136} $7,9 \cdot 10^{-2}$. Эти величины использованы нами для проверки применимости различных принципов распределения заряда при делении Cf^{249} нейтронами.

Таблица 2

Значения Z_p , рассчитанные различными методами

Метод расчета	Формула расчета	Масса осколка		Z_p	Масса осколка		Z_p	Ссылка на работу
		начальная	конечная		начальная	конечная		
Из независимого выхода и распределения Гаусса	См. текст, (1)	82,4	82,0	33,26	137,4	136,0	53,5 53,7	[⁴] Настоящая работа
Из принципа равного смещения зарядов	$Z_p = Z_A - \frac{1}{2}(Z_A + Z_{A^*} - Z_F)$	82,4	82,0	33,40	137,4	136,0	53,15	[¹⁵]
Из принципа минимума потенциальной энергии		82,4	82,0	33,55	137,4	136,0	13,45	[¹⁷]
Эмпирическая формула Апалина и др.	$Z_{p(n)} = Z_T \frac{A_L}{A_T} + 5,9 \left[1 - \frac{2A_L}{A_L + A_T} \right]$	82,4	82,0	33,60	137,4	136,0	13,50	[¹⁷]
Эмпирическая формула Мухерджи	$Z_p = \frac{A_T}{2,587 \pm 0,005}$	82,4	82,0	-	137,4	136,0	53,50	[¹⁸]
Эмпирическая формула Вольфсберга	$Z_p = A \frac{Z_F}{A_F} \pm 0,6$	82,4	82,0	33,5	137,4	136,0	~53,50	[¹⁹]

Мы определили для обоих случаев величину наиболее вероятного заряда Z_p осколка, исходя из общепринятого распределения [14, 15] независимого выхода j как функции отклонения заряда Z осколка от Z_p по кривой Гаусса:

$$j = \left(\frac{1}{2c\pi} \right)^{-1/2} \exp \left[- (Z - Z_p)^2 / c \right] \quad (1)$$

Параметр c колеблется обычно в пределах 0,8–1,0 [14]. Мы выбрали для него значение $0,86 \pm 0,15$, принятое в работе [15] при анализе данных по делению Cf^{252} .

Полученное значение Z_p сравнивается в табл. 2 с другими значениями этой величины. Наблюдается хорошее согласие всех значений Z_p для массы 82. Для массы 136 величины Z_p расходятся сильнее, чем можно ожидать из оценки точности ($\pm 0,15$). Возможно, здесь сказывается близость числа нейтронов ($N=81$) к магическому значению.

В итоге можно сказать, что деление Cf^{249} медленными нейтронами проявляет все особенности деления более легких актинидов, за исключением тонкой структуры кривой выхода.

В последнее время появились указания [3] на важность исследований кривых массового выхода при спонтанном делении изотопа Cf^{252} и делении этого же ядра в возбужденном состоянии. Эти исследования позволяют сделать выбор между двумя возможными механизмами деления – адиабатическим и квазистатическим. В последнем случае из зависимости фактора плотности уровней возбужденного ядра от массы тяжелого осколка следует, что с увеличением энергии возбуждения массовое распределение для тяжелого осколка суживается и выход осколков вблизи области симметричного деления существенно падает.

Настоящая работа – первая попытка такого сопоставления, хотя сравнение проводится на разных ядрах. Вместо возбужденного ядра Cf^{252} взято ядро Cf^{250} с энергией возбуждения ~ 6 Мэв. Как видим, горбы тяжелых и легких осколков для возбужденного ядра Cf^{250} оказались уже, чем для спонтанно делящегося ядра Cf^{252} . Глубина провала также не подтвердила ожидания работы [3].

Полученные данные отвечают тривиальному результату, наблюдавшемуся для более легких делящихся ядер, – уширению горбов кривой и уменьшению глубины провала с ростом энергии возбуждения.

Исследование по строгой экспериментальной проверке положений работы [3] в настоящее время подготавливается.*

* Головин И.Н. в своих воспоминаниях приводит слова И.В.Курчатова о тематике работ Института на будущее. Решенные задачи И.В. планировал передавать в другие КБ и институты, а у себя оставить только проблемные, передовые задачи.

К числу таковых проблем И.В. относил физику деления, физику атомных ядер. «Пусть украшают наш Институт и мыслители. В.В.Грошев, М.И.Певзнер, П.Е.Спивак, мой брат Борис сделают ценный вклад в физику классического атомного ядра».

Б.В. с самого начала своей творческой деятельности проявил большой интерес к физике ядра. Его первая большая работа в этом направлении была выполнена в 1935г. – открытие ядерной изомерии, совместно с И.В.К., Мысовским Л.В. и Русиновым Л.И.

Тонкие радиохимические методы Б.В. использовал для решения многих физических задач. Им был выполнен цикл работ по расщеплению ядер Ag и W частицами высоких энергий, изучены массовые выходы осколков при делении U^{235} нейтронами 14 Мэв, Th^{229} , Cm^{249} , Am^{242} , Cm^{245} – тепловыми нейтронами, спонтанного деления Sr^{252} и выходы осколков при делении Sr^{252} с энергией возбуждения 18, 23 и 28 Мэв., изучена ассиметрия фотоделения U^{238} вблизи порога. Работы всегда были направлены на получение новых данных по физике деления, применению той или иной теории к процессу деления и определению \bar{D}/\bar{V} в области симметричного деления.

Был обнаружен третий пик и определено \bar{V} (в области симметричного деления), показано наличие тонкой структуры пика тяжелых осколков (^{229}Th).

В работе по массовому распределению продуктов деления медленными нейтронами сделана первая попытка выбора между двумя возможными механизмами деления – адиабатическим и квазистатическим. Работа «Ассиметрия фотоделения ^{238}U вблизи порога» была предпринята с целью экспериментальной проверки предсказания О.Бора относительно зависимости вероятности симметричного деления четно-четного ядра от спина и четности канала реакции.

К сожалению, из соображений секретности только часть работ по делению тяжелых ядер была опубликована в открытой печати. Отчеты же рассылались «заинтересованным организациям» - Арзамас, Ленинград, Димитровград, Обнинск.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] C.M.Lederer, I.M.Hollander, I. Perlman. Table of Isotopes, Sixth Edition, 1967.
- [2] И.И.Борисова, Р.А.Зенкова, Б.В.Курчатov и др. ЯФ, 8, 695, 1968.
- [3] В.А.Шигин. ЯФ, 7, 832, 1968.
- [4] K.F.Flynn, H.R.Gunten. Helv. Chim. Acta, 52, 2216, 1969.
- [5] C.D.Coryell, N.Sugarman. Radiochim. Studies: the Fission Products, book 3, 1951.
- [6] W.E.Nervik. Phys. Rev., 119, 1685, 1950.
- [7] P.E.Vorotnikov. Nucl. Phys., A150, 56, 1970.
- [8] K.F.Flynn, H.R.Gunten. Proc. of the Simp. on Phys. And Chem. of Fission. 2, IAEA, Vienna, 1969, p. 737.
- [9] H.R.Gunten, K.F.Flynn, L.E.Glendenin. Phys. Rev., 161, 1192, 1967.
- [10] Ю.А.Зысин, А.А.Лбов, Л.И.Сельченков. Выходы продуктов деления и их распределение по массам. Атомиздат, 1963, стр. 15.
- [11] Ю.А.Зысин, А.А.Лбов, Л.И.Сельченков. Атомная энергия, 8, 409, 1960.
- [12] Ю.А.Замятин и др. Proc. Sec. Int. Conf. on Nucl. Data, Helsinki, 1970, IAEA, Vienna. v. II, p. 183.
- [13] H.R.Bowmann, I.Milton, S.G.Thompson, W.I.Swiatecki. Phys. Rev., 129, 2133, 1963.
- [14] A.C.Wahl, R.L.Fergusson, D.R.Nethaway et al. Phys. Rev., 126, 1112, 1962.
- [15] Е.Р.Стейнберг, Л.Е.Гленденин, Тр. I Междунар. конф. По мирному использованию атомной энергии, Женева, 7, II, 1955.
- [16] H.R.Gunten, K.F.Flynn, L.E.Glendenin. J. Ind. Nucl. Chem., 31, 3357. 1969.
- [17] J.Milton. UCRL 9883, 1962.
- [18] S.Mukherji. Nucl. Phys., A129, 297, 1969.
- [19] K.Wolfsberg. Phys. Rev., 137, 297, 1969.

*ИЗ ИСТОРИИ ИНСТИТУТА. ПЕРВЫЙ ПЛУТОНИЙ В СССР**

Б. В. Курчатов

В середине 1943 г. я был вызван из Казани в Москву для работы во вновь созданной Лаборатории № 2 Академии Наук. С первых дней директор Лаборатории Игорь Васильевич Курчатов предложил мне изучить литературу по элементу № 93, а после оформления меня сотрудником Лаборатории, занявшего всего несколько дней, объяснил, что задачей Лаборатории № 2 является развитие работ по цепной реакции в уране.

Мне непосредственно была поручена задача получения и изучения химии элементов № 93 и 94. К тому времени был известен в литературе только элемент № 93. Он был достоверно идентифицирован Мак Милланом и Абельсоном в 1940 г. Они показали, что этот элемент является бета-излучателем, распадающимся с периодом полураспада 2,3 дня. Из него должен был образовываться элемент № 94, предположительно альфа-излучатель. Однако обнаружить его американским ученым в 1940 г. не удалось, несмотря на использование мишени элемента № 93 с большой исходной активностью (11 милликюри). Сделан был вывод, что элемент 94 является альфа-излучателем с очень большим периодом полураспада (больше миллиона лет). Впервые этими авторами были точно охарактеризованы химические свойства элемента № 93. Этот новый элемент в окисленном состоянии близок к урану

* Воспроизведено по рукописи, сохранившейся в домашнем собрании Б. В. Частично опубликована в г.г. “Советский Физик” в 1968 г. и “Курчатовец” №12-13 в 1996 г., ж.ж. “Радиохимия и Техника – молодежи” в 1968 г., 1996 г. Совместно с Вдовенко В. П. и Неменовым Н. М. (Радиохимия, 2003, т.45.№5.С.479-780). Подлинник. Машинопись с правкой автора – Р. К.

и соосаждается с ураном при осаждении последнего в виде натрийуранилацетата. В восстановленном состоянии элемент № 93 оказался близок к редким землям. Он осаждался с церием плавиковой кислотой в виде фторида. Уже тогда было сделано высказывание, что начиная с урана начинается новая группа элементов, аналогичная редкоземельной группе. Несколько позже в 1942г. была опубликована другая и последняя работа по химии элемента № 93. Авторы ее Хан и Штрассман опубликовали в журнале “Натурвиссеншафтен”, полученный нами через нейтральную страну, ряд результатов, подтверждающих выводы американских ученых. Однако в отношении свойств элемента № 93 в восстановленном состоянии был получен странный результат. Элемент № 93 не соосаждался с церием при осаждении церия серноокислым калием в виде двойной серноокислой соли калия и церия. Последний результат означал бы, что элемент № 93 в восстановленном состоянии ближе по свойствам к элементам конца редкоземельного ряда (т.е. к иттриевой подгруппе), чем к элементам начала редкоземельного ряда (цериевой подгруппе).

Других публикаций в открытой литературе больше не было, что указывало с большой вероятностью на засекречивание всех работ по трансуранидам (элементов с зарядом больше 92) за рубежом.

Я начал работу с элементом № 93 совместно с Варварой Павловной Константиновой – физиком, обеспечивавшим измерения бета-активности. Опыты по химии элемента № 93 были сочленены также с физическими задачами. Облучения велись с помощью радий-бериллиевого источника нейтронов, содержавшего около 200 мк радия.

Условия работы в первые месяцы на Пыжевском переулке были трудными. Здание Сейсмологического института, в котором расположилась Лаборатория № 2, совсем не было приспособлено для экспериментальных работ, тем более химических. Физическая аппаратура для измерения бета-активности, в основном вывезена из Ленинграда и Казани. Из-за старых деталей схема часто капризничала. Часами Варвара Павловна билась над ее отладкой, отыскивая детали и причины сбоев. Приходилось ловить счастливые моменты, когда пересчет входил в устойчивый режим работы.

Для химической работы был приспособлен стол, приставленный к окну. На столе укреплялась кабина с застекленным передком. Тяга обеспечивалась вентилятором, установленным в форточке окна, нечего и говорить о нехватке реактивов и посуды. Их почти совсем не было. Для химических операций и, в частности, для выпаривания приходилось использовать фарфоровые ступки, запас которых был найден в Академнабе. Беда только в том, что каждая ступка служила один раз и после выпаривания и прокаливания остатка она

при охлаждении лопалась точно пополам. Это происходило с неотвратимостью закона природы.

В первых опытах для счета № 93 использовался счетчик, обычно принятый в лаборатории Игоря Васильевича в Ленинграде. Он выполнялся в виде латунного перфорированного цилиндра с эбонитовыми пробками, через которые протягивалась нить. Поверхность цилиндра закрывалась тонкой медной фольгой и все швы уплотнялись пицеином. Счетчик стеклянной трубкой соединялся со стеклянной литровой колбой, служившей буферной емкостью. Имелся также ртутный манометр и кран, позволявший откачивать систему и наполнять ее воздухом с парами спирта до нужного давления. Пицеиновое уплотнение было, конечно, непрочным и служило от 1 суток до 2-х недель. В бытность в Ленинграде Игорь любил сам собирать счетчики и очень гордился случаями, когда счетчик не протекал больше месяца.

Чтобы обеспечить лучший счет мягкого бета-излучения элемента № 93 мы сконструировали другой счетчик, в котором фольга была заменена латунной сеткой и счетчик вместе с образцом помещался в вакуумную систему, всю заполняемую рабочим газом. Мишень, выполненная в виде трубки, могла быть надвинута магнитом на счетчик или снята с него.

Уже в первых наших опытах по выделению элемента № 93 выяснилась возможность соосаждения его в восстановленном состоянии вместе с церием насыщением раствора серноокислым калием. Выпадающий осадок двойного сульфата калия и церия захватывал практически полностью элемент № 93. Этот результат опровергал данные Хана и Штрассмана и подтвердил сходство свойств элемента № 93 в низшей валентности с цериевой группой редких земель. Он позволил разработать нам, так называемый, “сульфатный метод” очистки элемента № 93, простой и надежный в отличие от “классической” схемы фторидного осаждения, несколько капризного и требовавшего применения плавиковой кислоты высокой чистоты.

Для начального этапа, когда надо было выделить № 93 из довольно больших количеств облученного урана, был отработан купферонный метод выделения № 93 с IV валентным ураном, добавлявшимся в небольшом количестве к основному раствору шестивалентного урана. Метод основан на ожидавшейся аналогии низших валентностей урана и № 93, которая подтвердилась при проверке. Восстановленный № 93 количественно соосаждался с ураном (IV) из серноокислого раствора купфероном. Найденный метод выделения и очистки № 93 был использован для определения сечений захвата быстрых нейтронов по количеству накопившегося элемента № 93. Работа была закончена

вскоре по переезде с Пыжевского переулка в нынешнее Главное здание Лаборатории № 2 и доложена на семинаре Лаборатории.

Дальнейшая работа была сконцентрирована на задаче получения элемента № 94. Для его накопления была подготовлена смесь урана и воды. Предварительные подсчеты, проведенные Исаем Исидоровичем Гуревичем, показали, что для выбранного объема смеси оптимальное отношение числа атомов урана и водорода составляет около 1:50. Такая смесь была получена распределением 2,5 кг закиси-окиси урана в студенистом осадке гидрата перекиси урана, осажденного из 3,8 кг уранил-нитрата, и доведенный водой до объема 7,5 литров. Колба со смесью помещалась в бочку с водой, в центре колбы устанавливался радий-бериллиевый источник нейтронов, содержащий 1,8 кюри радия.

Вся установка помещалась в специально вырытом погребе недалеко от палатки И.С.Панасюка. Это позволило обеспечить охрану обоих объектов одним человеком. Погреб накрывался дверью, сбитой из тяжелых досок. От частого перекидывания двери из положения “закрыто” в положение “открыто” и обратно, дверь постепенно стала рассыпаться, часть поперечных досок отпала, оставив свободно торчащие внутрь большие гвозди. Это чуть не привело к трагедии. При одном из посещений погреба вместе с лаборантом-химиком Зоей Порфирьевной Калгановой я захлопнул дверь, рассчитывая, что Зоя Порфирьевна уже вышла. На самом деле она только начала вылезать. Дверь обрушалась ей на голову, к счастью гвозди оказались в стороне. Зоя Порфирьевна отделалась, как говорится, легким испугом и небольшим сотрясением мозга.

Накопление элемента № 94 велось 83 дня и закончилось 17 октября 1944 г.

По средней пробе была определена скорость накопления 93-го элемента и, следовательно, и 94-го. Она составляла $5 \cdot 10^6$ атомов/минуту. Полное количество накопленного № 94 таким образом выразалось величиной $3,3 \cdot 10^{12}$ атомов. Попыты по выделению 94-го элемента велись на 5-ти отдельных порциях. В них использовались количества от 0,5 до 2 кг урана. Схема переработки несколько варьировалась. В основном отрабатывалась схема: перевод урана в серноокислый раствор, добавка небольшого количества носителя (1 гр. четырехвалентного урана), осаждение урана (IV) и № 94 купфером, очистка осажденного урана и окисленного № 94 ацетатом натрия, выделение и очистка № 94 на лантане сульфатным методом путем окислительно-восстановительных циклов. В окислительном цикле достигалось осаждение из раствора с двойным сульфатом калия-лантана альфа-активных примесей с постоянной валентностью (иония, актиния, радия), при этом уран и № 94 оставались

в растворе. В восстановительном цикле отделялся уран, оставшийся в растворе, элемент № 94 осаждался с лантаном.

Опыты осложнялись недостаточной чистотой исходной закись-окиси урана. Это приводило к “нерастворимым” остаткам по ходу всего процесса выделения № 94 и требовало многочисленных операций сплавления нерастворимых осадков и переработки получаемых дополнительных растворов с возвратом ожидаемого № 94 в основной цикл.

В конечном счете после переработки первой порции облученного урана (180 г) получился осадок калий-лантан сульфата с альфа-активностью около одного импульса в минуту (по измерениям Николая Николаевича Флерова). Это был обнадеживающий результат, но и только. Он позволял продолжить работу. Следующие три опыта с большими количествами урана (300-400 г) дали почти те же значения альфа-активности конечного продукта: от 0,3 до 1,0 имп/мин.

Только 4-ый опыт по выделению № 94 из 700 г. облученного урана привел к успеху. Получен препарат с альфа-активностью 6,6 имп/мин, т.е. существенно большей, чем фон. Оставалось применить подобранную схему переработки к оставшейся порции урана (около 2 кг). Опыт был проведен в апреле 1945 г. Успех был полным. Выделен препарат с активностью 21 имп/мин. Необходимо было убедиться еще раз в химической природе нового альфа-излучателя. Препарат растворен и после окисления раствора осажден двойной сульфат калия-лантана. Активность осадка 0,3 имп/мин. Проведено восстановление раствора и добавкой лантана осажден снова двойной сульфат. Активность осадка 21,9 имп/мин. Переменная валентность и аналогия с цериевой группой редких земель подтверждена! Вместе с Сергеем Александровичем Барановым, проводившим измерения альфа-активности, делается оценка периода полураспада № 94. Она дала 31000 лет. На ближайшем семинаре Лаборатории № 2 Петр Ефимович Спивак (в секторе которого работал С.А.Баранов), сделал краткое сообщение об альфа-активности элемента № 94 и поздравил химиков с успехом.

Появившиеся с конца 1945г. публикации в США (начиная с книги Смита) сняли постепенно завесу секретности с первых трансурановых элементов (№№ 93 и 94), названных нептунием и плутонием еще в 1941 г. Период полураспада плутония, непосредственно измеренный американскими учеными оказался равным 24300 лет. Таким образом, найденная нами цифра, неизбежно очень приближенная, оказалась очень близкой к истинной.

На одном из заседаний Научно-технического совета по атомной проблеме, когда рассматривались химические вопросы, я сделал сообщение о своих

результатах. Присутствовавший Виталий Григорьевич Хлопин отнесся к сульфатному способу выделения плутония настороженно (“Вот у Хана и Штрассмана, знаете, не получилось”). Однако наши результаты при проверке в Радиевом институте подтвердились и сульфатный метод получил со стороны Виталия Григорьевича высокую оценку. Он вошел как в практику Радиевского института, так и на стенде, построенном для проверки технологической схемы РИАН переработки облученного урана. Сульфатный способ использовался как основной аналитический прием контроля.

Вскоре вступил в эксплуатацию первый циклотрон Лаборатории №2. Он давал потоки нейтронов на порядки больше, чем использованная ампула. Выделение плутония из облученного на циклотроне урана по разработанной схеме стало уже рутинной задачей и выполнялась лаборантами.

Встали новые задачи – изучение химии плутония и осколков деления. Сектор пополнился новыми сотрудниками. Появились И.С.Морозов, Г.Н. Яковлев, Я.К.Финкельштейн. Работали много и с увлечением. Опробовали ряд новых схем с большим или меньшим успехом. Оглядываясь назад, можно теперь сказать, что не все было доведено до конца, но в итоге можно быть довольными результатами своей работы.

С пуском первого реактора в 1946г. стало реальным получение первых видимых, хотя и под микроскопом, количеств плутония. Эта задача была решена в апреле 1947г. Из облученных на первом реакторе килограммовых количеств окислов урана были выделены по новым схемам два концентрата – осадки двойных сульфатов, содержащие 6,1 мкг и 17,3 мкг плутония. Г.Н.Яковлев провел на них 5 окислительно-восстановительных циклов лантансульфатного метода, сокращая в каждом цикле в 10 раз количество лантана. В итоге плутоний был сконцентрирован в объеме 0,0006 мл. Добавлением 0,0002 мл пергидроля осаждена перекись плутония в виде темно-зеленого осадка. Из перекиси были последовательно получены другие соединения плутония и определены их растворимости. Работа велась под микроскопом методами ультрамикрoхимии Григорием Николаевичем Яковлевым, показавшим в этой работе высокий уровень экспериментального мастерства и изобретательности.

Часть 2

Документальные материалы научно-организационной деятельности

СПИСОК* диссертантов, подготовленных Б.В.Курчатовым

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Место защиты	Год защиты
1.	Мехедов Владимир Николаевич	Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), г.Дубна, Московская обл.	1954
2.	Воробьев Александр Михайлович	ГЕОХИ АН СССР	1959
3.	Горбенко-Германов Дмитрий Сергеевич	ВНИИНМ, г.Москва	1960
4.	Косяков Валентин Николаевич	ИАЭ им. И.В.Курчатова, г.Москва	1961
5.	Чистяков Леопольд Васильевич	РИАН СССР, г.Ленинград	1961
6.	Дедов Вадим Борисович	ИАЭ им. И.В.Курчатова, г.Москва	1962
7.	Швецов Иван Константинович	ИАЭ им. И.В.Курчатова, г.Москва	1962
8.	Шубко Виталий Михайлович	ИАЭ им. И.В.Курчатова, г. Москва	1966

* Сведения выявлены из документальных материалов, отложившихся в домашнем архиве профессора Б.В.Курчатова и его личной коллекции, сохраненной в мемориальном Доме-музее академика И.В.Курчатова. Д. № 11/2. Россыпь. — Р.К.

ПЛАН*

научно-исследовательской работы группы КУРЧАТОВА Б.В. на 1960 год.

№ п/п	Наименование темы	Цель проведения исследования	Основные этапы	Исполнители	Срок выполнения	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1.	Радиохимическое исследование деления актинидов нейтронами различных энергий	Изучение особенностей деления в подпороговой области для Am^{241} . Поиски спина на характер деления Am^{242} , Th^{229} .	1. Исследование выхода осколков в области максимумов и минимума для Am^{241} на тепловых и резонансных нейтронах. 2. Исследование кривой расхода осколков при делении Am^{242} и Th^{229} на тепловых нейтронах и в области резонансов.	КУРЧАТОВ Б.В. БОРИСОВА Н.И. НОВГОРОДЦЕВА В.И. ПЧЕЛИН В.А. ЧИСТЯКОВ А.В. ШУБКО В.М. ЧУЛКОВ П.М.	31. XII. 60 г.	
2.	Радиохимическое исследование деления Am^{241} и Cm^{242} альфа-частицами с $E=40$ Мэв.	Поиски тройного деления возбужденных ядер беркелия и калифорния	Изучение кривых выхода продуктов деления преимущественно в области ядер среднего веса.	ТЕ ЖЕ	31. XII. 60 г.	
3.	Изучение зараженности воздуха продуктами деления	Изучение поведения продуктов ядерного оружия в атмосфере. Оценка степени опасности от накопившихся продуктов	Определение Sr^{90} , Ce^{144} и других продуктов взрывов на различных высотах. Изучение распределения по широте.	ЧУЛКОВ П.М. ШУБКО В.М.	31. XII. 60 г.	

* Из рабочей папки Б.В. Курчатова его домашнего архива. — Авторизованная машинопись. — Р.К.

ТЕМЫ ДОКЛАДОВ НА III-ю ЖЕНЕВСКУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ (сентябрь 1964г.).¹

I.

1. Исследование естественной и искусственной радиоактивности атмосферы в большом диапазоне широт.

Зеленков А.Г.

Полевой Р.М. 3 сектор ОЯФ²

Пчелин В.А.

Шубко В.М.

Софиев Г.Н. 8 сектор ОЯФ³

Лавренчик В.Н. ОПТК⁴

2. Исследование искусственной радиоактивности в водах мирового океана.

Делается попытка дать общие закономерности распределения Sr^{90} и Cs^{137} в водах мирового океана по данным экспедиционных работ.

Пчелин В.А. 3 сектор ОЯФ ИАЭ⁵

Чулков П.М.

Патин С.А. Институт океанологии [АН СССР]

Попов Н.И.

¹ Из рабочей папки Б.В.Курчатова его домашнего архива. Авторизованная машинопись. – Р.К.

² 3 сектор Отдела ядерной физики ИАЭ им. И.В.Курчатова, которым руководил Б.В.Курчатov. – Р.К.

³ Сектор 8 Отдела ядерной физики возглавлял к.т.н. Марков Александр Алексеевич. – Р.К.

⁴ Отдел приборов теплового контроля возглавлял академик Исаак Кушелевич Кикоин. – Р.К.

⁵ ИАЭ – институт атомной энергии. Р.К.

Исполнители работ по разделу II – сотрудники ИАЭ им. И.В.Курчатова. – Р.К.

3. Влияние солнечного излучения на распространение радиоактивных продуктов ядерных взрывов в атмосфере земли.

Рассматривается влияние солнечного излучения на движение радиоактивных аэрозолей в нижней стратосфере, а также на процесс перехода аэрозольных частиц из стратосферы в тропосферу.

Симоненко Д.Л. ОПТК

4. К вопросу о генетической эффективности радиоизотопов, могущих входить в состав молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Делается попытка сравнить генетическую эффективность некоторых радиоизотопов исходя из числа возможных поражений молекул ДНК в течение заданного промежутка времени.

Вводится новая величина, которую можно рассматривать как “генетически эффективное время”.

Симоненко Д.Л. ОПТК

5. Новый способ получения однородных уран-графитовых тепловыделяющих элементов.

Описана методика получения равномерно пропитанных графитовых блоков водным раствором азотнокислого уранила с последующим осаждением диураната аммония в порах исходного материала и превращением осадка в устойчивую окись урана.

Курчатов Б.В.

Чулков П.М. 3 сектор ОЯФ

Горбунов В.Ф.

II.

1. Опыт эксплуатации системы радиационной безопасности атомного ледокола “Ленин”.

Коваленко В.И.

Пологих Б.Г.

Сивинцев Ю.В.

2. Результаты исследований с помощью спектрометра излучения человека.
Сивинцев Ю.В.
Арутюнов О.М.
Брызгунов В.А.
Канарейкин В.А.
Панов М.А.
3. Проблема фотодозиметрии индивидуального облучения.
Козлов В.Ф.
4. Дозиметрия импульсного нейтронного излучения.
Козлов В.Ф.
Нагорный К.П.
Сафронов В.В.
5. Анализ смеси малоактивных γ -излучателей методом кривых поглощения.
Чубаков А.А.
Лузанова Л.М.
6. Исследование радиоактивных выпадений в районе г. Москвы с 1955 по 1962 г.г.
Лузанова Л.М.
Чубаков А.А.
7. Прибор для измерения концентрации радиоактивного иода в воздухе.
Чубаков А.А.
Смолкина Т.И.
Кондрахина А.И.
8. Определение доз внешнего облучения при авариях реактора с помощью высокочувствительного спектрометра γ -излучения человеческого тела.
Козлов В.Ф.
Шишкин Г.В.

Дополнительные темы сектора № 3 ОЯФ

1. Исследование симметричного деления актинидов радиохимическим методом.

Курчатов Б.В.
Борисова Н.И.
Морозов Л.Н.
Чистяков Л.В.
Шубко В.М.

2. Новые данные об α -распаде изотопов америция-243 и 241.

Баранов С.А.
Кулаков В.М.
Шатинский В.М.

3. Новые достижения в химии нептуния.

Швецов И.К.
Рыков А.Г.

4. Исследование трансплутониевых элементов и методы их получения.

Дедов В.Б.
Швецов И.К.
Новожилов Ю.А.
Гуреев Е.С.

1956

[Из рабочих записей]

ПРИКЛАДНАЯ РАДИОХИМИЯ

Проведение испытаний ядерного оружия, а затем развитие ядерной энергетики и связанное с ними радиоактивное заражение биосферы привели к возникновению нового раздела радиохимии, исследующего распространение искусственно радиоактивных элементов по земному шару. Потребовалось развитие тонких методов радиохимического анализа, обеспечивавших определение следовых количеств ряда радиоактивных изотопов в атмосфере, почве, океане, продуктах питания и человеке.

Радиохимический сектор ИАЭ явился пионером в СССР по постановке задач в этой области. Им были получены первые комплексные данные о зараженности биосферы на территории СССР. Впервые была показана существенная опасность от загрязнения зерновых культур стронцием-90, что существенно дополнило и исправило господствовавшее однобокое представление о путях поступления Sr^{90} в организм человека (через молоко).

Разработанные методы и система наблюдений позволили р.х. [радиохимическому – Р.К.] сектору ИАЭ обеспечить в течении ряда лет получение систематической информации о выпадении стронция-90 на территории СССР, содержании Sr^{90} в молоке.

Широкие радиохимические исследования содержания осколочных элементов, а также Be^7 были проведены в ряде океанских экспедиций. Они дали обширный экспериментальный материал о распределении искусственно радиоактивных элементов в атмосфере земного шара. Эти данные существенны для развития новой области науки – ядерной метеорологии.

В последние годы растущие значения приобретают методы активационного и радиохимического анализов для определения следовых количеств примесей в сверхчистых материалах.

В совместной работе с сектором № 72* и ГИРЕДМЕТ** по определению содержания микроколичеств кислорода при активации ионами [гелия] радиохимическим сектором ИАЭ были найдены соответствующие методики и условия для определения микроколичеств кислорода в полупроводниковых, лазерных и некоторых других материалах вплоть до $10^{-7}\%$.

Эти анализы позволили провести сравнение различных образцов германия с целью выявления материала, пригодного для изготовления спектрометрических детекторов ядерного излучения.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова.
Авторизованная машинопись на 2-х л.

* Был создан в 1955 г. при объекте 102 под руководством доктора ф.м.н., профессора Грошева Леонида Васильевича; в 1961 г. сектор вошел в состав отдела ядерной физики. — Р.К.

** Государственный институт редких металлов. — Р.К.

1956

[Из рабочих записей]

ЯДЕРНАЯ ХИМИЯ

С момента пуска синхроциклотрона в Дубне коллектив радиохимиков ИАЭ начал исследования, посвященные изучению ядер – продуктов, получаемых при облучении сложных ядер частицами высоких энергий (несколько сот Мэв). В итоге ряда работ, выполненных в 1950-1952 гг., изучены закономерности основных процессов в этой области (явлений глубокого расщепления и деления), открыт ряд новых явлений (фрагментация, вторичные ядерные реакции), найден ряд новых изотопов.

Исследование продуктов облучения серебра быстрыми протонами, дейтонами и α -частицами показало большое разнообразие получаемых ядер продуктов глубокого расщепления. Обнаружены закономерности выхода изобаров и изотопов среди продуктов расщепления и получена подробная общая картина явления, укладывающаяся в схему каскадно-испарительного процесса. Открыт новый процесс фрагментации с вылетом легких ядер с массами, простирающимися от 11 до 32.

Исследование продуктов облучения вольфрама дейтонами с энергией 280 Мэв позволило выявить основные особенности процесса деления на высоких энергиях в этой области масс, как смешанного процесса эмиссионного деления и деления с возбужденного уровня.

При облучении быстрыми протонами тяжелых ядер (свинца и висмута) открыты так называемые вторичные ядерные реакции, приводящие к увеличению заряда ядра облучаемой мишени за счет захвата вылетающих ядер гелия и лития. Исследования выхода продуктов показали, что существенно роль в этих реакциях играют быстрые частицы, образуемые по механизму, отличному от процесса испарения.

В последние годы начато успешное использование радиохимических методов для изучения ряда тонких особенностей деления тяжелых ядер нейтронами малых и средних энергий.

Исследовано отношение симметричного и асимметричного типов деления америция-241 при облучении его тепловыми нейтронами и нейтронами 1-го резонанса.

Установлен одинаковый порог деления для симметричного и асимметричного деления Np^{237} , изучено отношение обоих типов деления U^{238} , как функция энергии нейтронов. Это направление продолжает развиваться, так как имеет существенное значение для уточнения наших представлений о механизме деления.

Из домашнего архива Б.В. Курчатова.
Авторизованная машинопись на 2-х л.

1958

[Письмо]

ДИРЕКТОРУ ИАЭ АН СССР АКАДЕМИКУ КУРЧАТОВУ И.В.

Сотрудники С-3 ООП т.т. ВОРОБЬЕВ А.М., ШВЕЦОВ И.К., СИДОРЕНКО Н.А. и КОЛОТИЛИН А.Е. в течение 3-х лет выполняют важные Правительственные задания на Комбинате Министерства. Работы проводятся непосредственно в цеху (особо вредные условия и даже с опасностью для жизни). Работа на Комбинате является актуальной и очень важной и будет проводиться в 1958 году.

Кроме того, с 1952-1953 г.г. указанные сотрудники постоянно работают в "горячей" лаборатории с высокоактивными препаратами. Результаты работ оформлены 12 отчетами, несколькими печатными статьями и докладами на Женевской конференции. Тов. ВОРОБЬЕВ А.М., ШВЕЦОВ И.К. участвовали в проектировании нового научного центра и в настоящее время ведут монтаж радиохимической установки в здании № 10.

В связи с вышеизложенным и предоставлением Отделу денег для повышения должностных окладов, прошу Вашего содействия о переводе т.т. ВОРОБЬЕВА А.М. и ШВЕЦОВА И.К. в старшие инженеры с окладом 1800 руб. и т.т. СИДОРЕНКО Н.А. и КОЛОТИЛИНА А.Е. в старшие лаборанты с окладом 1000 рублей.

Стаж работы: Воробьева А.М. с марта 1951 г.,
Швецова И.К. с августа 1951 г.,
Сидоренко Н.А. с февраля 1953 г.,
Колотилина А.Е. с декабря 1952 г.

Начальник сектора № 3 ООП

Курчатова Б.В.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова.
Авторизованная машинопись на 1 л.

1969

[Из рабочих записей]

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПРОЕКТУ ИНСТРУКЦИИ “МЕТОДА ОТБОРА ПРОБ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ”

1. Представленный проект содержит ряд неточностей в терминологии, доходящих в отдельных случаях до затемнения смысла. Этот недостаток, очевидно, обусловленный ошибками при переводе, необходимо устранить при дальнейшем рассмотрении проекта.

2. Общие принципы отбора проб, изложенные в проекте, не вызывают возражений.

3. Проект не содержит подробных рекомендаций по технике отбора проб.

Такая регламентация представляется полезной, по крайней мере, на следующем этапе составления инструкции.

Следует отметить, что подробная инструкция применительно к небольшой территории (Гана) была составлена ранее в СССР (Симоненко Д.Л., Чулков П.М. и др. “Практическое руководство по контролю искусственной радиоактивности в биосфере”, Москва, 1964 год).

Указанное руководство может быть использовано при составлении подробной инструкции.

4. В проекте дана схема радиохимического анализа пищевых продуктов на Sr^{90} и Cs^{137} .

Неясно, требовалась ли на данном этапе работы выдача радиохимических схем. Во всяком случае предлагаемые схемы не выглядят наилучшими.

При анализе на Sr^{90} используется дымящая азотная кислота. Этот узел вызывает сомнения, так как могут возникнуть трудности с обеспечением лабораторий этим реактивом.

Предлагается разделение кальция и стронция бутанолом. Эта операция требует опытного аналитика. Представляется более практичным вообще отказаться (см., например, “Практическое руководство...”) от отделения стронция

от кальция, ограничившись осаждением их оксалатом аммония, отделением хромата бария, осаждением гидроокисей и накоплением иттрия-90.

Рекомендуемое осаждение цезия хлороплатинатом является прекрасным методом, однако использование столь дорогого реактива для массовых анализов рекомендовать трудно.

Применяемая на практике другая схема – последовательные осаждения цезия кремневольфрамовой кислотой, хлорной кислотой и иодистым висмутом, несмотря на трудоемкость, заслуживает, по моему мнению, предпочтения.

Доктор химических наук

Б. Курчатов

Архив РНЦ “КИ”. Мемориальный Дом-музей академика И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Д. 11/2. Россыпь. Подлинник. Автограф на Зл.

1969

[Из рабочих записей]

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАБОТАХ Б.В.КУРЧАТОВА ПО ДЕЛЕНИЮ ЯДЕР

1. Исследование симметричного деления радиохимическими методами. Пример работы: “Ассиметрия фотоделения U^{238} вблизи порога”. Ядерная Физика VII, вып.3, 1968 г.

Радиохимические методы позволили, благодаря своей чувствительности изучить симметричное фотоделение в области минимальных выходов и дать существенно новые результаты.

2. Исследование закономерности симметричного и ассиметричного делений, как функции заряда делящегося ядра. Пример: “Радиохимическое исследование деления Th^{229} медленными нейтронами”. Ядерная Физика, том 8, вып.4, 1968 г.

Из полученных результатов отмечается найденная особенность в выходах продуктов деления, а именно изотопов церия, еще не нашедшая полного объяснения.

Б.Курчатов

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей академика И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Д. 11/2. Россыпь. Автограф на 1 л.

1972
[Отчет]

О РАБОТАХ СЕКТОРА № 3 ОЯФ ЗА ПЕРИОД 1966 – 1971г.г.

Радиохимическая группа сектора, руководимая Б.В.Курчатовым, вела исследовательские работы, посвященные делению ядра. Использовался метод радиохимического анализа продуктов деления.

Исследования велись совместно с лабораторией деления ОЯФ и позволили в новом аспекте осветить процессы деления вблизи порога.

Изучение зависимости выходов симметричного и асимметричного делений нептуния-237 от энергии нейтронов показало, что оба типа делений этого ядра имеют один общий порог.

Такое же исследование, проведенное для урана-238, позволило провести проверку статистической теории деления и показать, что наблюдаемая на опыте зависимость отношения выходов симметричного и асимметричного делений от энергии нейтронов согласуется с теоретической зависимостью, вычисленной на основе теории Фонга.

Радиохимически было исследовано фотоделение U^{238} в совместной работе с Институтом физических проблем. В работе выяснен ход сечений симметричного и асимметричного фотоделений урана в зависимости от энергии γ -кванта в интервале $E_\gamma = 4,5 + 6,5$ Мэв.

В полученной сложной зависимости примечателен участок, относительно малых энергий (4,5+5,3 Мэв), на котором устанавливается корреляция роста доли симметричного деления с ростом квадругольного фотоделения урана.

Полученные данные и закономерности хода симметричного фотоделения еще не нашли полного теоретического объяснения.

Радиохимическая группа ведет также планомерное исследование массового распределения осколков для деления различных актинидов в возможно большом диапазоне масс делящихся ядер. Цель исследования – выявление зависимости тонкой структуры кривой массового выхода осколков от Z и N делящегося ядра.

В 1971г. в секторе получен изотопно чистый калифорний-249 и подробно изучена кривая массового выхода осколков при делении этого изотопа медленными нейтронами. Результаты подтвердили и уточнили данные иностранных авторов, исследования позволили выдать значения $\nu=4,8\pm 0,5$ нейтронов для этого случая. Сравнение с кривой массового выхода для спонтанного деления калифорния-252 указывает на отличия: менее глубокий и более широкий провал симметричного деления для калифорния-249 нейтронами, что отвечает обычно наблюдаемой закономерности для деления при росте энергии возбуждения.

В перспективе этого направления намечается работа – р.х. [радио-химическое – Р.К.] исследование деления фермия-257. Получение этого изотопа запланировано горячей радиохимической лабораторией.

Будут продолжены также исследования симметричного деления тория-232 нейтронами различных энергий.

Тематика группы связана с тематикой других подразделений и не может быть существенно сокращена.

В перспективе представляется очень желательным включение новой проблемы – синтез сверхтяжелых ядер методом облучения тяжелых ядер сверхбыстрыми протонами и проверка этого метода на уране, как объекта облучения.

Б. Курчатов

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей академика И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Д. 11/2. Россыпь. Автограф на 2-х л.

Из приглашений Б.В.Курчатову



„Нам надо во что бы то ни стало поставить себе задачи...: во-первых — учиться, во-вторых — учиться и в-третьих — учиться и затем проверить то, чтобы наука у нас не оставалась мертвой буквой или модной фразой... чтобы наука действительно входила в плоть и кровь, превращалась в составной элемент бытия вполне и востоящим образом“.

(В. И. Ленин. Соч. т. 33, стр. 4, с. 14). — „Лучше мигать, бы думать“.

Делегация для работы, приглашения!

Пригласительный билет
Глубокоуважаемый товарищ!
Дорис Васильевич Курчатов

Делегат, партбиро и профбиро химического факультета Казанского государственного университета имени В. И. Ульянова-Ленина приглашают Вас принять участие в факультетском юбилейном торжественном заседании, посвященном 150-летию Казанского университета.

Торжественное заседание состоится 18 ноября 1954 года в доме ученых (ул. Бутлерова, 90) в 19 часов.

*Делегат,
Партбиро,
Профбиро.*

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ПРОГРАММА
РАБОТЫ СЕССИИ ОТДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
НО МИРНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

2-5 июля 1955 г.
г. Москва

СЕССИЯ
ОТДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
АКАДЕМИИ НАУК СССР
(Химический факультет МГУ, Ленинские горы)

2 июля

Утреннее заседание

Начало в 10 часов

1. Действие излучений на высокополимерные вещества
В. Л. Карпов
2. Радиоллиз водных растворов неорганических солей
Н. А. Бах
3. Сенсibilизация и подавление окислительно-восстановительных реакций при радиоллизе
М. А. Проскурнин
Обсуждение Докладов

Вечернее заседание

Начало в 17 часов

- Некоторые закономерности механизма и кинетики простейших радиационно-химических реакций
С. Я. Пшежецкий
Обсуждение докладов

4 июля

Утреннее заседание

Начало в 10 часов

1. Делительные реакции на быстрых протонах и мезонах
Н. А. Перфилов, Н. С. Иванова, О. В. Ложкин, В. И. Остроумов, В. П. Шамов
2. Радиохимическое исследование деления ядер Bi , Th и U под действием протонов с энергией 480 Мэв
Академик *А. П. Виноградов*, чл.-корр. АН
СССР *И. П. Алимарин, В. И. Баранов, Т. В. Баранова,*
А. К. Лаврухина, Ф. И. Павлоцкая
3. Изучение радиохимическими методами деления вольфрама дейтонами с энергией в 280 Мэв
Б. В. Курчатова, В. Н. Мехедов, М. Я. Кузнецова,
Л. Н. Курчатова
Обсуждение докладов

Вечернее заседание

Начало в 17 часов

1. Радиохимическое исследование процессов расщепления ядер Si и Bi под действием частиц высоких энергий
Академик *А. П. Виноградов*, член-корреспондент
АН СССР *И. П. Алимарин, В. И. Баранов,*
Т. В. Баранова, А. К. Лаврухина, Ф. И. Павлоцкая,
Л. Д. Красавина
2. Реакция глубокого расщепления на сложных ядрах (Si , La , Bi)
Н. А. Мушин, В. К. Преображенский, Ютландов,
Якимов
3. Радиохимическое исследование продуктов расщепления серебра частицами высокой энергии
Б. В. Курчатова, В. Н. Мехедов, Н. И. Борисова,
М. Я. Кузнецова, Л. Н. Курчатова, Л. В. Чистяков
4. Выход осколков церия, неодима при делении урана-233
Г. М. Кукавадзе, Л. Л. Гольдин, М. П. Аникина,
Б. В. Эршлер
Обсуждение докладов

5 июля

Утреннее заседание

Начало в 10 часов

1. Исследование строения и реакционной способности химических соединений с помощью изотопов
Член-корр. АН СССР А. И. Бродский
 2. Применение радиоактивных изотопов для исследования строения комплексных соединений
Член-корр. АН СССР А. А. Гринберг
 3. Органические соосадители в аналитической химии
В. И. Кузнецов
- Обсуждение докладов

Вечернее заседание

Начало в 17 часов

1. О механизме действия ускорителей вулканизации каучука
Г. П. Миклухин
 2. Исследование механизма обмена серы в полисульфидах и ускорителях вулканизации
Е. Н. Гурьянова
 3. Диаграммы состояния некоторых систем на основе плутония
Чл.-корр. АН СССР С. Т. Конобеевский
- Обсуждение докладов

ГЛУБОКОУВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЦ **Курчатов Борис Васильевич**

Институт биофизики Минздрава СССР приглашает Вас принять участие в работе научно-технической конференции по теме: “Радиоактивные изотопы для медицины”, посвященной XX-летию Препарационной лаборатории*).

Конференция состоится 14-16 января 1969 г. в конференц-зале клуба по адресу: Москва, ул. Рогова, 1 (проезд от ст. метро “Сокол” автобусом 60 до остановки “Клубная”).

По окончании конференции (17 января) состоится совещание по организационно-методическим вопросам и результатам медицинских испытаний новых радиоактивных препаратов лечебно-диагностического назначения.

РАСПОРЯДОК ДЛЯ КОНФЕРЕНЦИИ

14 января

Утро (10.00 – 13.00) Пленарное заседание

15 января Секции

Утро (10.00 – 13.00) “Получение радиоактивных изотопов и меченых соединений для медицины”.

Вечер (15.00 – 18.00) “Получение радиоактивных изотопов и препаратов в медицине”.

16 января Секции

Утро (10.00 – 13.00) “Методы контроля радиоактивных изотопов и меченых препаратов”.

Вечер (15.00 – 18.00) “Применение радиоактивных изотопов и препаратов в медицине”.

* Б.В.Курчатов помогал сотрудникам этой лаборатории, находился в курсе ведущихся в ней исследований, предлагал методы выделения радиоактивных препаратов без носителя (с высоким коэффициентом обогащения). Л.Н.Курчатовой по темам конференции был выполнен ряд работ, оформленных научными сообщениями, статьями и докладами. – Р.К.

ИЗ ПИСЕМ Б.В.КУРЧАТОВА

ПИСЬМА ИЗ “ОСТОЧЕРТЕВШЕГО КРЫМА”

Ученик Бориса Васильевича Курчатова и один из его ближайших сотрудников Виктор Александрович Пчелин* рассказывал, как отдыхал БЭВэ (так его звали между собою окружающие).

Собираясь в отпуск в Крым на дачу Игоря Васильевича в Мисхоре, Борис Васильевич набирал пару чемоданов литературы (Phys. Rev., J. Inorg. Nucl. Chem., Nucl. Chem., J. Chem. Phys., Radiochim. Acta, Nucl. Sci and Engineering, справочники по химии, физике и...).

Отдых “по Б.В.” состоял в работе с литературой, проверке полученных в опытах расчетов, объяснении полученных результатов, наметках планов на будущее. Дача имела выход к морю и, чтобы Л.Н. “не мешала с разговорами”, Б.В. всегда брал для нее спиннинг — десятка “удачных забросов” хватало Л.Н. на распутывание лески до обеда, а он под зонтиком спокойно занимался работой. Писал нам в сектор письма, советовал, как поступить в той или иной ситуации. Письма отправлял по почте или с оказией (на дачу часто заходили сотрудники института). Получал от курчатовцев письма, он скрупулезно разбирал все описанные ими полученные экспериментальные результаты. И очень ждал... когда же он вернется в родной Институт. — В.А.Пчелин.

Здесь публикуются письма Бориса Васильевича к сотрудникам его сектора по их проблемным работам: Виктору Александровичу Пчелину (сохраненные им), Петру Михайловичу Чулкову, Валентине Евстигнеевне Савиной, Виктору Михайловичу Шубко. Печатаются также письма к нему его диссертантов, ученых-исследователей Владимира Николаевича Мехедова и Алексея Васильевича Золотова, касающиеся обсуждений уникального явления природы, которое они изучали — Тунгусской катастрофы 1908 г. Как пример обязательности, уважительного отношения к людям приводится ответ Бориса Васильевича неизвестному корреспонденту — Михаилу Матвеевичу. Приводятся также интересные обращения Б.В. Курчатова, направленные в адреса выдающихся ученых страны по случаю их юбилеев: Зинаиде Васильевне Ершовой, Александру Павловичу Виноградову, Иосифу Евсеевичу Старику, сотрудникам Радиевого Института АН СССР имени В.Г.Хлопина. — Р.К.

* Б.В.Курчатова высоко ценил профессионализм В.А.Пчелина, так и не успевшего заштититься из-за огромной загруженности научной работой. По свидетельству сотрудников сектора он считал его “сильным доктором, хоть и не кандидатом наук”. — Р.К.

Б.В.КУРЧАТОВ – В.А.ПЧЕЛИНУ

Мисхор
18 июля 1965 г.

Москва

Дорогой Виктор Александрович!

Вероятно, Вы остались уже в единственном числе из ученых-химиков. Пишу Вам некоторые разъяснения по работе.

Оба изотопа Ce^{141} и Ce^{144} нужно измерять в последних образцах (№№ примерно 40–47) не реже одного раза в неделю на 2л счетчике (600 микрон) и на 4л весовом, чтобы получить, возможно, точные сведения. Похоже, имеются загрязнения даже в №45 – очищавшемся хроматографически Леопольдом Васильевичем¹.

Также трудно обстоит дело со стронцием-90. При отдаивании Y^{90} в отдельных образцах выявились загрязнения – источники долгоживущей активности, осаждаемой вместе с Y^{90} аммиаком. Поэтому Y^{90} нужно мерить тщательно (с большой статистикой) и вычесть надежно хвост долгоживущей активности (иногда ее нет), которая не является Sr^{89} , и природа ее осталась неразгаданной. Когда я уезжал, был в работе один из образцов дочернего Y^{90} и два образца Sr, кажется, №№ 42–43, и подготавливались к отдаиванию дочки. Один из стронциев, кажется, №42, представлен был двумя образцами, и была с Н.И.² намечена несколько различная переработка (одна с добавкой Sr-носителя в целях уменьшения потерь активного стронция, другая – без добавки). Программа была записана в одну из тетрадей Н.И.. Задача переходит к Вам, разберитесь сами. Особенно важно добиться в первую очередь надежных данных по выходу Sr^{90} путем повторного накопления Y^{90} и повторного его осаждения в обоих образцах Sr (№№42–43) и, может быть, в предыдущих №№.

О результатах пишите. Интересно узнать также, удалось ли Валентине Евстигнеевне³ вырастить монокристалл и испытать его у Родионова⁴. Попросите ее написать также.

¹ Леопольд Васильевич Чистяков, радиохимик сектора-3, группа Б.В.Курчатова. – Р.К.

² Нина Ивановна Борисова, мнс, радиохимик сектора-3, группа Б.В.Курчатова. – Р.К.

³ Валентина Евстигнеевна Савина, лаборант-радиохимик сектора-3, группа Б.В.Курчатова – Р.К.

⁴ Юрий Федорович Родионов, физик С-3, группа С.А.Баранова. – Р.К.

Мы здесь отдыхаем хорошо, погода не жаркая, часто облачная, температура 23-25°C. Очень жаль, что Вам не повезло с отдыхом, лучше, пожалуй, ребят было бы отправить на север. Передайте привет от Людмилы Никифоровны⁵ и меня всем работающим.

- 1) Л.Н. просит поливать регулярно лимоны в 105 комнате.
- 2) Сводка данных по церию и некоторые замечания имеются в моей рабочей тетради.
- 3) Относительно работы с Институтом до кембрия. В металле после отгонки Ag-Ne интересно поискать Cl^{36} в дальнейшем (с активационным анализом на хлор (по Cl^{38})). Спросите с них литературу по этому вопросу.

Личный архив В.А.Пчелина. Подлинник, рукопись на 2 л.

⁵ Супруга Б.В.Курчатова – Р.К.

Б.В.КУРЧАТОВ – В.А.ПЧЕЛИНУ

Михор
31 июля 1965 г.

Москва

Дорогой Виктор Александрович!

Получил от Вас письмо вчера. Неустойчивая работа счетчика меня также весьма огорчает. Считаю, что нужно вызвать из отпуска Кирина¹ срочно и заставить его заняться вплотную счетчиками, а также, измерениями в цепи [слово непонятно – Р.К.] очень ответственными. Измерения каждого образца нужно брать в вилку с измерениями эталона. В последние дни на счетчике α -частиц (большого габарита) Волчков² заметил эффект осушки газа, при недостаточном осушенном газе снижался счет и портилось плато. Я поручал Коле³ проверить этот эффект для 4л-счетчика весового, боюсь, что он этого не сделал, пусть тогда проверит Кирин. Для проверки смените силикагель в сушилке на свежий препарат, предварительно просушенный при 250 градусах в термостате. Если генерация и неустойчивость останется, вероятно, нужно собрать новый УПИ.

У⁹⁰ – из № 42-43, вероятно, Н.И.⁴ не успела выделить. У меня никаких данных нет. Переработка образцов была только, насколько я помню, запланирована с соответствующими записями в тетради.

Просьба к Вам заняться выделением У⁹⁰ и сохранить растворы стронция. Ленинградские дела, похоже, лучше отложить до моего приезда.

Данные В.А.⁵ об аргоне для меня новость, влияние аргона можно обсудить с Шукалюковым⁶, здесь может выручить изотопный состав.

Извините за сбивчивость изложения, спешу закончить письмо. Сейчас отправляемся в путешествие на корабле по маршруту Ялта – Новороссийск – Сочи и обратно на трое суток.

¹ Анатолий Васильевич Кирин – физик, сотрудник с-3, группа Б.В. – Р.К.

² Ю.Волчков – физик С-3, сотрудник Р.М.Полевого (1945 г.) – В.П.

³ Николай Дмитриевич Слонов – лаборант-физик С-3, группа Б.В. – В.П.

⁴ Нина Ивановна Борисова – радиохимик С-3, группа Б.В. – В.П.

⁵ Виктор Александрович Пчелин – радиохимик С-3, группа Б.В. – Р.К.

⁶ Шукалюков Юрий Александрович – радиохимик РИАН им. В.Г.Хлопина, с.н.с, д.х.н. – В.П.

У нас устанавливается жаркая погода.
Все здоровы. Желаем здоровья и успехов в работе.

Курчатовы

R.S. Схема для Cs через Cs₃Vi₂I₉ при предварительных сбросах карбонатов и гидроокисей выглатит вполне приемлемой.

R.R.S. Не нашлась ли моя печать №5. Я ее не нашел и запечатал свой сейф печатью Милы ⁷⁾ №203; проверяйте, пожалуйста, целостность печати.

Б. Курчатов

Личный архив В.А.Пчелина. Подлинник. Рукопись на 2 л.

⁷⁾ Мила – Людмила Никифоровна – супруга Б.В. – Р.К.

Б.В.КУРЧАТОВ – В.А.ПЧЕЛИНУ

Мисхор
3 августа 1965 г.

Москва

Дорогой Виктор Александрович и все химики!

Спасибо за поздравление с юбилеем*. В день юбилея приехали на дачу Завойский¹, Самойлов² и Лазуркин³. Евгений Константинович торжественно вручил адрес, было очень приятно его прочитать и разбирать подписи. Подарок Жени⁴ повесил на стене в спальне и люблюсь им по утрам, рассматривая в кулак.

Насчет цифровых данных контрольного опыта. Их надо сравнить, конечно, не со спектром, а с тепловыми частицами (сечение в 600 раз больше при ~ одном потоке).

Я сравнил еще с канадскими данными 1960-1962 гг. из книги Зысина⁵, Лбова⁶ и Сельченкова⁷.

(стр. 58-59, таб.7)

Результаты ниже:

89	0,75 0,79	0,79	0
91	0,95 0,96	0,90	-6%
99	1	1	1
140	1,00 1,06	0,90	-14,5%
141	0,91 1,05	0,93	-4%
144	0,85 0,93	0,89	0
	Литерат.	наши	отклонения

* Речь идет о 60-летию Бориса Васильевича Курчатова, которое он встретил на даче в Крыму 3 августа 1965 г. – Р.К.

¹ Завойский Евгений Константинович – физик, академик, открыл электронный парамагнитный резонанс, Герой Соц. труда. – В.П.

² Борис Николаевич Самойлов – физик, д.ф.м.н. – В.П.

³ Юрий Семенович Лазуркин – физик, д.ф.м.н. – В.П.

⁴ Евгения Николаевна Лосовская – лаборант-спектроскопист, великая мастерица вышивки, работы “Жени” выставлялись на международных выставках. Она подарила Б.В. вышитую картину. – В.П.

⁵ Юрий Аронович Зысин – физик, д.ф.м.н., сотрудник Харитон Ю.Б. – В.П.

⁶ Александр Александрович Лбов – физик, д.ф.м.н., сотрудник Харитон Ю.Б. – В.П.

⁷ Сельченков Л.И. – физик, д.ф.м.н., РИАН им. В.Г.Хлопина – В.П.

Как видим, 89/140 основательно вылетает – проверьте (!), если можно, кривые распада, и достаньте к моему приезду канадские работы 235 и 233. Кристаллы Савиной⁸ нужно проверить на малом напряжении порядка 2+3 вольт, попросите Юрия Федоровича это сделать (если он применял большие напряжения).

Отдыхаем хорошо, погода солнечная, теплая, и не очень жаркая. Завершили благополучно вояж на теплоходе до Сочи и обратно. Поездка приятная и интересная, только жарко в каюте.

С приветом, до скорого свидания.

Б. Курчатov

Личный архив В.А.Пчелина. Подлинник. Автограф

⁸ Савина Валентина Евстигнеевна – лаборант-химик «первого призыва» (1944 г.) – В.П.

Б.В.КУРЧАТОВ – В.А.ПЧЕЛИНУ

Мисхор
25 августа 1965 г.

Москва

Дорогой Виктор Александрович!

К сожалению, мое возвращение на работу сорвалось – забарахлило сердце, и прописали постельный режим. Подозревают сейчас воспаление легких, и застрял я здесь еще недели на две-три. Температура нормальная, голова свежая, заботит только положение с работой.

Напишите:

1. Кто возвратился из отпуска или, когда возвращается из отпуска?
2. Готов ли канал у Бабулевича¹ для нас? Этим каналом занимался при моем отъезде Леня Гончаров² и Жигачев³. Канал должен был позволять облученные образцы и извлечение на ходу [без остановки реактора – Р.К.].
3. Какие результаты получились по массе 90?
4. Какие результаты получились повторно по церию 141 и 144 для последних образцов примерно с №№ 42-43?

Обсчет следует сделать двумя путями:

- а) Из измерений на 2π счетчике с фильтрами
 - б) Из измерений на 4π счетчике с разложением по Ford'y.
5. Сопоставьте данные по всем массам для левого и правого пика в натуральном масштабе (не полулогарифмическом). У меня получается превышение площади левого пика над правым при использовании усредненных цифр. Посмотрите сами, насколько надежны сделанные усреднения по каждой массе.
 6. У меня сложилось впечатление, что для баланса площадей обоих пиков необходимо предположить большой провал в области 85-87, которую очень интересно было бы исследовать. Напишите Ваше мнение о реальности определения выхода Kr^{85} , Kr^{87} , Kr^{88} .

¹ Евгений Михайлович Бабулевич – главный инженер объекта 37. – В.П.

² Леонид Александрович Гончаров – инженер-физик, О-37, старший инженер. – В.П.

³ Василий Михайлович Жигачев – инженер-физик, зам. начальника службы О-37. – В.П.

Когда коллектив соберется, решайте сами вместе, как распределить силы между старой темой, новыми Шигинскими⁴ задачами и изучением Nr – Леопольдовой⁵ мишени (Mo, Ba, Ag, Cd) на тепловых. [нейтронах].

Александр Михайловичу⁶ прошу сделать анализы образцов Нади⁷ на Sr, Se, Y.

Привет от меня и Милы⁸ всем из осточертевшего Крыма.

С приветом

Б. Курчатov

Личный архив В.А.Пчелина. Подлинник. Рукопись на 2 л.

⁴ Валерий Андреевич Шигин – физик-экспериментатор, сотрудник сектора Гохберга Б.М. – В.П.

⁵ Леопольд Васильевич Чистяков – радиохимик С-3, группа Б.В. – Р.К.

⁶ Александра Михайловна Ерёмичева – лаборант-химик “первого призыва” (1945 г.) сектора-3, группа Б.В. – В.П.

⁷ Надежда Васильевна Купцова – лаборант-химик, сотрудница сектора В.М.Талызина: долгое время работала в нашей группе по “талызинской” тематике, в развитие которой Борис Васильевич внес большой вклад. – В.П.

⁸ Супруга Б.В. – Р.К.

Б.В.КУРЧАТОВ – СОТРУДНИКАМ СЕКТОРА-3

Мисхор

до 12 сентября 1965 г.

Москва

Дорогие химики!

Получил письмо от Виктора Александровича¹ с изложением дел. Я использую оказию с Анатолием Георгиевичем² для ответа и некоторых советов.

1) Церий-141 – церий-144. Просьба еще разобраться в причинах разнobia в отношении. Идея В.А.³ о влиянии лантана-141 требует внимательной проверки на других опытах, а, может быть, и обсчета для наиболее достоверных случаев, когда можно оценить время отделения.

У меня по-прежнему держится в голове другое объяснение – загрязнение церия-141 продуктами распада мишени с периодом 3-х недель, что приводит к искаженной кривой распада в первые месяцы измерения.

Поскольку сорвались (в который раз!) прецизионные измерения на 4π-счетчике, можно и следует обработать измерения распада на 2π-счетчике на второй полке без фильтра из измерения с 600 мк алюминия и пересчета к величине церия-144 без фильтра по градуировке. Полученную разностную кривую можно проверить графически на точность периода распада церия-141.

Положение со счетчиком 4π меня сильно огорчает. Необходимо засадить Толю⁴ вплотную за ремонт этой установки – вероятно, нужен новый УПИ (усилитель-преобразователь импульсов – Р.К.), новый кабель и, может быть, смена изоляторов и перетяжка нитей...

2) Стронций-90. Данных что-то мало, нужно повторить выделение иттрия-90 в тех случаях, где это еще возможно.

3) Относительно площадей пиков. В логарифмическом масштабе строить и взвешивать нельзя, львиную долю веса составят малые выходы и нижние гипертрофированные участки пиков. По кривым в натуральном масштабе, которые я построил здесь (1 см ординаты равно 0,1 относительного выхода), 5 мм абсциссы 8 мкг. – 1 массовая единица, получалось S легкого 6747, Sтяж. 5554 или 5694 – (если заполнить впадину церия-141). Различие 18-20%.

¹ Виктор Александрович Пчелин – радиохимик С-3, группа Б.В. – Р.К.

² Анатолий Георгиевич Зеленков – зам. директора ИАЭ им. И.В.Курчатова – В.П.

^{3,5} В.А. – Виктор Александрович Пчелин. – Р.К.

^{4,6} Анатолий Васильевич Кирин – лаборант-физик С-3, группа Б.В. – Р.К.

По графику В.А.⁵ (узкие пики!) – (три слова не прочитаны – Р.К.) – 1910. Разница 6%.

Постройте в удобном масштабе данные и подсчитайте еще. Левый склон легкого пика я корректировал по правому склону тяжелого.

Здоровье мое налаживается потихоньку. Может быть, удастся выехать в Москву 12.09.

Канал на 37 объекте – Р.К.] Анатолий Георгиевич обещает. Важно, чтобы был более мягкий спектр (т.е. поближе к тепловому распределению).

Перед моим отъездом Толя-маленький⁶ говорил о намеченном расположении снаружи отражателя. Это было наилучшее место.

Письмо кончаю, надо завтракать.

До скорого свидания, с приветом.

Привет от Милы.

Б. Курчатов

Личный архив В.А.Пчелина. Подлинник. Рукопись на 2 л.

Б.В.КУРЧАТОВ – П.М.ЧУЛКОВУ ¹

Мисхор
14 августа 1961 г.

Москва

Добрый день Петр Михайлович!

Получил от Вас письмо, рад, что все благополучно. Вера Ивановна² говорила, что Вы сильно похудели, это, по-видимому, общий закон (за исключением Лавренчика?)³ для участников экспедиций.

Насчет работы: анализы молока, конечно, нужно делать обязательно, остальные материалы могут подождать. Из них целесообразно сделать анализы почв Подмосковья, поручив это Александре Михайловне⁴, если она не ушла в отпуск.

Для молока можно привлечь Веру Ивановну, Риту⁵ и Нину Ивановну⁶. Синтезы, которые я поручил Вере Ивановне, вероятно она заканчивает. В них много длительных прогревов и отмывок, которые можно совместить с анализами. Поговорите с Верой Ивановной и решайте сами по обстановке. Мне здесь также неясно пожелание с финским домиком. У нас намечался ремонт всей вентиляционной системы и шкафов. Если он начался, то анализы можно, по-видимому, делать в Главном здании.

Звонить по телефону стало трудно, линия сильно загружена. Если будут очень срочные дела, то вызывайте с уведомлением на определенный день и час в санаторий “Коммунары”, телефон 74-25. Проще почтовая связь, письмо – “авиа” идет 2 дня.

Если начнут делать анализы, просьба сохранить пробирки Нины Ивановны в финском домике с растворами от 2^х анализов костей (для повторных операций).

У нас все хорошо, купаемся, погода стоит прохладная, частенько проходят дожди. Вернемся к 1 августа, предвкушаем интересные рассказы и filmy о заморских странах.

¹ Петр Михайлович Чулков, химик, к.х.н., с.н.с. сектора-3 Б.В.Курчатова. – Р.К.

² Вера Ивановна Новгородцева – радиохимик, м.н.с., к.ф.м.н. – Р.К.

³ Владимир Николаевич Лавренчик – физик, к.ф.м.н. – Р.К.

⁴ Александра Михайловна Еремичева.

⁵ Маргарита Ильинична Федорова – лаборант С-3, группа Б.В.Курчатова. – Р.К.

⁶ Нина Ивановна Борисова – м.н.с. С-3, группа Б.В.Курчатова. – Р.К.

Передайте привет от меня и Милы⁷ всем сотрудникам сектора.
Привет Людмиле Николаевне⁸ и всем Вашим.

Б. Курчатов

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И.В.Курчатова.
Коллекция Б.В.Курчатова. Россыпь. Подлинник. Рукопись на 1 л.

⁷ Мила – супруга Б.В.Курчатова. – Р.К.

⁸ Людмила Николаевна – супруга П.М.Чулкова. – Р.К.

Б.В.КУРЧАТОВ – П.М.ЧУЛКОВУ

Мисхор
14 августа 1961 г.

Москва

Здравствуйте дорогой Петр Михайлович!

Привет из Крыма, в нынешнем году малосолнечного, к моему удовольствию. Чувствуем себя хорошо, Мила¹ еще не начинала купаться, море холодновато (18-19°C) и штормит. С продуктами хорошо, кроме мяса, которого совсем мало, большие очереди и – только в Ялте.

Надеюсь, что Вы хорошо отдохнули.

Из забот по лаборатории – две главных – проектное задание на новую лабораторию у Оглобина² (расскажет Иван Константинович³) и вентиляция у Шубко⁴ (расскажет Гладких⁵).

По лаборатории у Оглобина у меня была и осталась та точка зрения, что нужно в цокольном помещении – полугорячую лабораторию (по 2^{му} классу вредности) и одну-две комнаты над ней – низкого уровня (по 3^{му} классу), расположенных т.об. на 1^{ом} этаже.

Число людей 10-15 человек, учитывая возможность прикомандированных из социалистических стран; вторая цифра правильнее.

Желаю успехов и здоровья,

Б. Курчатов

В случае надобности звоните по телефону: Ялта 72-4-81; или пишите по адресу: Ялта, Мисхор, Нижне-Симеизское шоссе, 8, дача Курчатова.

Телеграфный – Мисхор, дача Курчатова.

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И.В.Курчатова. Коллекция Б.В.Курчатова. Россыпь. Подлинник. Рукопись. 1 л.

¹ Мила – супруга Б.В.Курчатова – Р.К.

² Алексея Алексеевича Оглоблина новая лаборатория в Отделе ядерной физики.

³ Иван Константинович Швецов – радиохимии, к.х.н., ст. инж., нач. лаборатории – ближайший сотрудник Б.В.Курчатова. – Р.К.

⁴ Виталий Михайлович Шубко – радиохимик, к.х.н., м.н.с. – ближайший сотрудник Б.В.Курчатова. – Р.К.

⁵ Зинаида Сергеевна Гладких – инженер, затем лаборант-радиохимик сектора 3 Б.В.Курчатова. – Р.К.

В.Е.САВИНА¹ – Б.В.КУРЧАТОВУ

19 марта 1970 г.

Дорогой Борис Васильевич!

Мы все очень рады улучшению Вашего состояния. С Вашего разрешения посылаю Вам некоторые результаты проделанной за это время работы. [См. приложение к письму. – Р.К.]

Все мишени от опытов № 1 и 2, как Вы сказали, поставила на повторную экспозицию 5/1-70 г.

Мишень № 1 от опыта № 1 сняла 19 февраля, протравила в 3% HF в течение 60', затем просмотрела под микроскопом МБЧ-3 при увеличении 150'. По всей поверхности пластинки насчитала ~372 пробоины, схожих по внешнему виду с пробоинами контрольной калифорниевой пластинки.

Для убедительности опытную пластинку просмотрела еще раз под микроскопом Дубровиной Софьи Михайловны с ее проверкой. Она высказала такое мнение: “Треки есть, но сказать, что они калифорниевые – это очень смело”. Я просчитала эту пластинку и насчитала, как сказала Софья Михайловна², более менее подходящий к калифорниевым трекам – 90 шт.

Я со своей стороны считаю, что пробоины определенно есть, но какие они?.. Думаю, надо проверить фотопластинки, может быть они чем-то облучены.

Остальные мишени от опыта № 1 и 2 стоят еще на повторной экспозиции. Я их пока не снимаю до Вашего распоряжения.

Мишени от опыта № 1 первой экспозиции постепенно просматриваю под микроскопом.

Пока все. Дальнейшие результаты сообщу Вам с Вашего разрешения. До свидания. Желаю здоровья. Привет Людмиле Никифоровне.

В. Савина

¹ Савина Валентина Евстигнеевна – биолог, ст. лаборант, сектора-3, группа Б.В. – Р.К.

² Софья Михайловна Дубровина – радиохимик, м.н.с. сектора 19 ООП. – Р.К.

Опыт № 1 мишень № 1

поставлено на экспозицию
снято с экспозиции
протравлено 15% HF

Микроскоп

– сероводородное осаждение на ртути из
дистиллата

– 4/XI
– 9/XII
– 3 мин

– по всей пластинке ~100 шт. (кювета из-под
контрольной пластинки).

Опыт № 1 мишень № 2

поставлено на экспозицию
снято с экспозиции
протравлено 15% HF

Микроскоп

– сероводородное осаждение без добавления
ртути из перегонной колбы

– 4/XI-69 г.
– 9/XI-69 г.
– 3 мин.

– по всей пластинке ~22 шт. (кювета из-под
контрольной пластинки).

Опыт № 1 мишень № 2 догон

поставлено на экспозицию
снято с экспозиции
протравлено 15% HF

Микроскоп

– из сероводородного раствора
перегонкой колбы на 5-е сутки выпал
осадок, который отфугован и нанесен
на мишень, как догон.

– 11/XI
– 12/XII
– 3 мин.

– по всей пластинке ~18 шт. (кювета из-под
контрольной пластинки).

Опыт № 1 мишень № 3

поставлено на экспозицию
снято с экспозиции

Микроскоп

– осадок, выпавший при нейтрализации
основного раствора до отгонки, отфугован и
нанесен на мишень.

– 11/XI-69 г.
– 15/XII

– по всей пластинке ~22 шт. (кювета новая).

В. Савина

В.Е.САВИНА – Б.В.КУРЧАТОВУ

27 марта 1970 г.

Здравствуйте Борис Васильевич!

Сообщаю Вам сведения с запозданием, потому что была направлена на 4 дня в помощь плановому отделу.

За оставшиеся 2 дня недели провела работу с фотопластинками. Фотопластинки, которые взяла у Ларисы¹ вначале нашей работы, оказываются 2-х летней давности. Проверила их фон, т.е. с фотопластинки сняла эмульсию и просмотрела пластинку под микроскопом.

Что она дает: до травления

(просматривала пластинку не всю, а только 2-3 полосы)

эмульсионная сторона	1 полоса – 19 шт
	2 полоса – <u>21</u> шт 40 шт

обратная сторона	1 полоса – 22 шт
	2 полоса – <u>24</u> шт 46 шт

после травления в 3% HF – 45'

эмульсионная сторона	1 полоса – 20 шт
	2 полоса – <u>19</u> шт 39 шт

обратная сторона	1 полоса – 50 шт
	2 полоса – <u>53</u> шт 103 шт

Эти треки или пробойны очень похожи на треки-пробойны эталонной пластинки, т.е. калифорниевой. За что я их и принимала.

Затем у Ларисы взяла новые фотопластинки (вчера), выпущенные в конце декабря 1969 г. Срок действия по октябрь 1970 г. и проделала тоже самое.

Что дает: до травления

¹ Лариса Александровна Коростылева – к.ф.м.н., м.н.с. сектора-3, группа Б.В. – Р.К.

эмульсионная сторона	1 полоса — 5 шт
	2 полоса — 2 шт
	3 полоса — 0 шт
	4 полоса — 1 шт
	8 шт
обратная сторона	1 полоса — 4 шт
	2 полоса — 8 шт
	3 полоса — 3 шт
	4 полоса — 7 шт
	22 шт
после травления в 3% HF — 30'	
эмульсионная сторона	1 полоса — 2 шт
	2 полоса — 0 шт
	3 полоса — 0 шт
	4 полоса — 1 шт
	5 полоса — 2 шт
	5 шт
обратная сторона	1 полоса — 4 шт
	2 полоса — 2 шт
	3 полоса — 2 шт
	4 полоса — 1 шт
	5 полоса — 2 шт
	11 шт

Вывод, я думаю, такой, что фотопластинки до нашей экспозиции имеют большой трековый срок. И чем пластинка старше, тем этих фоновых треков больше.

Купить новые пластинки в магазине? Лариса говорит, что дату выпуска на коробке не ставят. Ставят только срок годности, поэтому Лариса считает, что ее последние фотопластинки — самые новые и предлагает пользоваться ими. Наверное на них и нужно поставить новые экспозиции. Как Вы скажете? Жду Вашего решения.

До свидания, будьте здоровы.

С уважением В. Савина

В.М.ШУБКО – Б.В.КУРЧАТОВУ

Москва
1 сентября 1967 г.

Крым, Мисхор

Здравствуйте, Борис Васильевич!

Получили от Вас письмо. Сегодня (1.9.67) только первый день, как вышел Л.В.¹ Но что-то его сейчас не видно. Поэтому, могу написать только от себя. Приехать я в субботу или воскресенье не могу, т.к. в эти дни жена теперь работает (связано с детским вопросом).

Сообщаю свои результаты. Открытие Борисовой-Чистякова² я полностью закрыл: никуда никакая активность не улетает при выпаривании. Упаривал из чистой воды, из щелочного раствора (в терленовых стаканчиках) и во всех случаях баланс сходится (зола 2011 – до события). Так что идея с газами отпадает. Взял палладиевый перегоночный аппарат, но холостые LaF₃ из него считают (после отгонки) 5-7 имп/мин. После жесткой промывки получается 2-3 имп/мин. Так что, полная неопределенность. Делаю приборчик из стекла по методу немцев – Чопорова. Немцы усложнили обычный перегоночный аппарат для того, чтобы в процессе отгонки не увеличивался приемный раствор щелочи. Для нас это не страшно, поэтому можно сделать все проще.

Алексей Иванович³ появится лишь 12 сентября из отпуска.

Что у нас еще есть?

Ципенюк⁴ + Смиренкин⁵ со Струтинским⁶ виделись. – Статья отдана в “Ядерную физику” 20 июля. Струтинский весьма высокого мнения о работе. Все теоретики не очень понимают, почему такой крутой спуск между максимумами. Ципенюк просит на этом участке поставить еще 2 точки (в довершение к 3-м имеющимся). Займемся этим на следующей неделе (дело простое и быстрое).

¹ Леопольд Васильевич Чистяков – Р.К.

² Нина Ивановна Борисова + Леопольд Васильевич Чистяков = открытие Борисовой-Чистякова. – Р.К.

³ Алексей Иванович Леонов – механик высшей квалификации ОЯФ. – Р.К.

⁴ Юрий [?] Ципенюк – сотрудник института физпроблем. – Р.К.

⁵ Георгий Николаевич Смиренкин – доктор ф.м.н., сотрудник ФЭИ, г.Обнинск, Калужской обл.

⁶ Вилен Митрофанович Струтинский – сотрудник ОИЯИ, г. Дубна.

Числа 12 сентября работа будет докладываться на семинаре ОЯФ.

Ципенюк предлагает в ближайшем будущем провести совместную работу по:

- 1) Определению отношения мин./мах. для различных угловых распределений.
- 2) Просмотреть зависимость изменения этого отношения для U-235 (хотя бы 4-5 точек-энергий).

Как Вы на это смотрите?

ИРТ-4000⁷ будет работать в лучшем случае в конце следующей недели.

Архив РНЦ КИ. Мемориальный Дом-музей И.В.Курчатова.

Коллекция Б.В.Курчатова. Россыпь. Подлинник. Рукопись на 2 л.

⁷ ИРТ-4000 – исследовательский реактор тепловой мощностью 4000 кВт. – Р.К.

В. [Н]. МЕХЕДОВ¹ – Б. В. КУРЧАТОВУ

*П. Дубна, Московская обл.
ул. Курчатова, 8, кв. 15
22 октября 1969 г.*

*Москва, 1-й Шукинский пр.,
д. 1, кв. 18*

Здравствуйте Борис Васильевич!

Выполняю просьбу А. В. Золотова², пересылаю Вам недавно вышедшую книгу и автореферат его диссертации. Я Вам, наверное, говорил, что в Минске еще в 1967 г. было намечено выпустить книгу Золотова. Однако вмешались всякие “силы” и выход книги задержался на 2 года. Чтобы книга могла выйти в свет, пришлось приложить немало сил, как самому автору, так и его друзьям, даже покойному академику Б. П. Константинову. Но теперь все позади и люди с непредвзятым мнением могут познакомиться с противоположной точкой зрения на Тунгусское явление. На мой взгляд, книга очень интересная, строгая и научная.

После того, как удалось протолкнуть книгу, Золотов решил написать диссертацию и представил ее в ЛФТИ. Я ее читал. В ней изложено большинство фактического материала из книги, анализ карты повала леса на ЭВМ, анализ микробарографических волн от химических и ядерных взрывов и прочее. Более того, мне пришлось готовить отзыв от ЛФТИ на его диссертацию. Естественно, отзыв положительный. Было сделано мало замечаний по существу вопроса. Но Золотов все-таки сильно нервничает и тревожится за исход защиты. Дело в том, что, как Вы можете судить из книги и автореферата, он противопоставляет свою точку зрения на Тунгусское явление точке зрения КМЕТ³ и др. Ничего плохого в таком противопоставлении нет, если имеешь дело с порядочными людьми. Но прошлое говорит, что другая сторона не отличается благородством. Золотову не давали работать, задерживали публикации или вообще отвергали его работы и т. д. и т. п. Поэтому он естественно ожидает, что Фесенков и К⁰ будут препятствовать (как они это

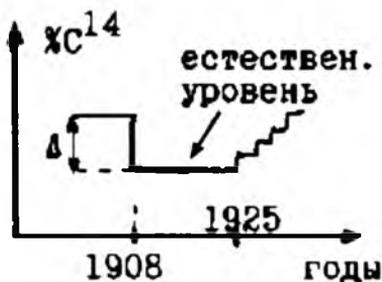
¹ Владимир Николаевич Мехедов, научный сотрудник Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ г. Дубна, Московской обл.) состоял в переписке с Б. В. Курчатовым с 50-х гг., в 1954 г. защитил диссертацию, которую выполнял под руководством Б. В. Курчатова. – Р. К.

² Алексей Васильевич Золотов направил свою книгу “Проблема Тунгусской катастрофы 1908 г.” с дарственной надписью Б. В. Курчатову. – Р. К.

³ Комитет по метеоритам АН СССР. – Р. К.

делали и раньше) и на защите. Из этих соображений он просил меня, чтобы я посодействовал ему в получении отзывов на его работы от разных ученых. Мне кажется, что вопрос о присуждении ему ученой степени кандидата физико-математических наук, очевиден. Его вклад весом и существенен. Это признают, как в нашей стране, так и за границей. Но, учитывая его трудности, у меня к Вам просьба, не смогли бы Вы прислать в ЛФТИ коротенький отзыв, где излагали бы свой взгляд на эту тему. Я думаю, получение такого отзыва перед защитой прибавило бы Золотову сил и он более спокойнее шел бы на заседание Ученого совета. Он мне говорил, что Ваше мнение по поводу присуждения ему ученой степени, для него не безразлично. Если Вам недосуг писать такую бумагу, я могу подготовить для Вас черновик, только дайте знать об этом.

Ну, а теперь о своих делах. Нахожусь сейчас на “отдыхе”. В начале месяца ездил к Кириченко за образцами золы. Она мне дала ее много (кг – 20-30). Но тут “на старуху вышла проруха”. По дороге домой у меня спустило колесо. Пришлось возиться одному на дороге с машиной, поддомкрачивать и т.д. Короче говоря, сейчас между уколами, я имею возможность тщательно продумать план предстоящих измерений с этой золой и придумывать новые работы. Уже кое-какие идеи появились. А особенно мне нравится одна идея по измерению C^{14} в деревьях, переживших катастрофу, которая пришла в голову после встречи с Кириченко. Если мерить содержание C^{14} в деревьях с места повала леса, которые пережили катастрофу, то должна наблюдаться такая картина. В слоях <1908 должно наблюдаться повышенное содержание C^{14} на величину Δ , обусловленную активацией древесины нейтронами при взрыве. Тогда можно по величине Δ установить вид взрыва – термоядерный либо аннигиляционный



(Д обусловлено реакцией (n, p) на ядрах азота, связанного в древесине). После 1908 г. добавка C^{14} появится только в последние годы, когда начались испытательные взрывы. Переход от внутреннего к внешнему слою должен быть разным, поскольку после 1908 г. дополнительного поступления C^{14} не должно было быть. Если такая картина будет обнаружена в деревьях, растущих вблизи от центра взрыва, нужно будет произвести подобные измерения также для деревьев, растущих на различных азимутах и расстояниях от эпицентра взрыва. После этого можно определить все важные характеристики о Тунгусском взрыве: 1) Величина Δ относительно естественного уровня определяет тип взрыва (термоядерный или аннигиляционный). 2) Уменьшение Δ по различным азимутам и с расстоянием от эпицентра взрыва позволяет определить высоту взрыва и показать, совпадает ли центр взрыва с центром источника образования нейтронов. Другими словами, можно будет доказать совпадение параметров в повале леса и образовании C^{14} в древесине. Мне нравится эта идея. Какое Ваше мнение по этому поводу? Может быть я не очень самокритично подхожу к ней. Я сейчас ломаю голову над всевозможными попытками оценить возможные эффекты. Но одному мне это сделать не под силу.

Ну, вот, кажется, и все. Привет Вам и Людмиле Никифоровне от моей супруги.

В. Мехедов

Из домашнего архива Б.В. Курчатова.
Подлинник. Автограф на 3-х л.

В.[Н].МЕХЕДОВ – Б.В.КУРЧАТОВУ

г. Дубна.
31 октября 1969 г.

Москва

Добрый день Борис Васильевич!

Я много размышлял над теми соображениями, которые Вы изложили в Вашем последнем письме. Некоторые мысли из тех, что написаны в Вашем письме и мне не давали покоя раньше. Но, затем я как-то к ним попривык и их острота немного уменьшилась. Но, вообще, они остаются. Уйти от ответа на них нельзя, если всерьез попытаться понять, что же произошло в Тунгусской тайге в 1908 г.

Но, буду излагать все по порядку. Я Вам, наверное, уже говорил, что в последние годы я многое перечитал по вопросу события 1908 г., чтобы понять для себя. Многие вопросы, как мне кажется, я понял. Но не меньшее число фактов оказались без ответа. И моим оправданием служит одна мысль, что это уникальное явление не встречалось раньше. Специалистов по этому вопросу нет. Тем более, что я не могу считать себя вправе брать на себя смелость объяснить все и вся. Это дело многих специалистов самых разных областей науки. Но то, что это не метеорит и, кажется, не комета (т.е. не “антиметеорит”), шансов очень много. Мне лично больше всего нравится мысль, что это корабль на антивеществе. Но, доказательств в руках пока очень и очень мало.

Я прекрасно понимаю, что разгадка явления дело рук многих лиц, причем самых разных специальностей. Поэтому, я всегда считаю и делаю многое, чтобы привлечь специалистов других областей. В свое время я думал обратиться по этому поводу к И.К.Кикоину¹. Даже написал небольшое письмо. Но потом что-то застеснялся и оно лежит у меня. Это очень хорошо, что Вы тоже подумали о нем. Может быть мы обратимся к нему вместе? Или, в начале Вы, а затем, если будет нужно, и я. Он может помочь в выяснении существа вопроса. Я хотел обратить внимание И.К.Кикоина на данные по радиоактивности и в этой связи просить его заново пересмотреть все, что известно о Тунгусе в смысле ядерных взрывов. Мне также не давала покоя мысль: почему не было видно в 1908 г. грибовидного бурого облака. Ведь энергия выделилась колоссальная и на сравнительно небольших высотах.

¹ Кикоин Исаак Кушелевич – физик, академик, в те годы заместитель директора Института атомной энергии. – Р.К.

Может быть неправильно найдена высота взрыва? Потом я подумал, что высотные термоядерные взрывы вроде не имеют грибовидных бурых облаков. Но этот вопрос нужно хорошо обдумать и тщательно обсудить со специалистами. Сам я, конечно, ответить на них вряд ли смогу. Что касается Ваших замечаний по чередованию необожженного и обожженного леса вблизи от эпицентра взрыва, то здесь все не так просто. Когда-то я читал в отчете Золотова² много страниц по этой теме. Но, потом с годами он что-то стал очень осторожен по этому пункту. И в печати ничего из этих материалов почти не опубликовал. Может быть потому, что в последующие годы Сибиряки³ решили эти вопросы заново пересмотреть. Не знаю. Спрошу об этом Золотова при случае.

То же самое и относительно яркости тунгусского взрыва по сравнению с яркостью солнца. Ваше замечание справедливо. Как я понимаю, Сибиряки затеяли провести большую работу – собрать (пока не поздно) все показания очевидцев явления 1908 г. и обработать их на ЭВМ. Сейчас эта работа в самом разгаре.

По поводу бурых нитрозных паров в ядерных взрывах. Это может быть причина еще в том, что кроме большой высоты играло роль, скажем, отсутствие железа или наличие паров, какого-нибудь легкого элемента Mg, Be, Al и т.д. Здесь также полезны консультации знающих людей.

Относительно возможной переоценки Золотовым полной энергии взрыва, Вы можете быть и правы. Но этот пункт не очень критический, т.к. самые разные способы оценки полной энергии взрыва дают значение 1-10 Мтонн тротила. А отсутствие следов лучевых поражений у людей и животных объясняется крайне слабой заселенностью местности, где произошло событие.

Другие Ваши замечания я принимаю. Буду над ними думать и может быть найду ответ в будущем.

Буду Вам очень признателен, если Вы сумеете привлечь к решению этой проблемы И.К.Кикоина или кого-нибудь из его сотрудников. Это крайне важно. Как не был бы хорош и талантлив Золотов, полагаться только на него в этом серьезном деле очень не осмотрительно. А вдруг все совсем не так? Как тут лучше поступить, не знаю. Полагаюсь целиком на Ваш опыт и знания.

² Алексей Васильевич Золотов – автор книги “Проблема Тунгусской катастрофы 1908 г.”. Изд-во “Наука и техника. 1969. – 204 с; исследователь тунгусского явления. Его точка зрения основана на предположении о том, что взрыв Тунгусского космического тела и все разрушения в тайге произошли за счет внутренней энергии самого тела – химической или ядерной. – Р.К.

³ Имеются ввиду ученые из экспедиции Томского университета. – Р.К.

Но помощь сотрудников И.К.Кикоина – ой, как нужна! Да и Сибиряки засыпали меня кучей писем с просьбами помочь проконсультировать и нередко по вопросам, в которых я совсем не разбираюсь. Вот, например, один из них: нужно найти органический растворитель торфа, чтобы разработать методику быстрого выделения шариков. В этом году они сумели взять пробы торфа 1908 г. (что раньше не удавалось). В этом слое они нашли большое число каких-то крупных темных шариков, иногда диаметром до мм. Я им написал о “химическом сжигании”. Они этот способ не принимают, говорят, что растворяются шарики. Нужно удалить торф, а шарики собрать. Что им посоветовать из органики – не знаю. Может быть Вы что-нибудь предложите? Пока я ничего путного, кроме обычного сжигания торфа, не придумал (предварительно проверив что шарикам ничего не делается). А они требуют ответа и поскорей. Ну, вот, кажется и все.

Привет Вашим близким. С уважением

В.Мехедов

Пользуясь возможностью, поздравляю Вас и Вашу семью с наступающими октябрьскими праздниками.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 3-х л.

В. [Н]. МЕХЕДОВ – Б. В. КУРЧАТОВУ

г. Дубна.

12 ноября 1969 г.

Москва

Дорогой Борис Васильевич!

Большое спасибо Вам за присланные лекарства. Теперь я более спокойно и уверенно смогу смотреть в будущее. Я особенно благодарен Вам за фуросемид. Я ничего о нем не знал и он для меня новость. Обязательно поговорю о нем со своим врачом. [...] В последние годы меня усиленно “навешают” две болезни сердца: кардиосклероз с экстрасистолией и самая неприятная – параксизмальная тахикардия. С первыми еще более или менее справляется дубнинская медицина. А вот последняя ставит всех в тупик. А частенько бывает, что в начале развивается приступ параксизма, а затем ослабевшая сердечная мышца сваливается в кардиосклероз. Я по этому поводу консультировался в 6-ой клинической больнице у доцента Воробьева¹. Он кое-что посоветовал, что мне помогает. Но, наверное, было бы неплохо показаться кое-кому из знающих людей. Уж больно трудно избегать этих приступов. Мне удавалось прожить без них не более 2-3 месяцев. А когда он развивается, очень трудно снять его. Чего уже только не принимаешь. Какие позы не делаешь. Ну, а в остальном дела идут по-прежнему.

Перед самыми праздниками мне удалось еще раз просмотреть работу А. П. Виноградова, Девирца и др.² по измерению C^{14} в деревьях с места катастрофы. Как я Вам и говорил, они действительно анализировали листовенницу из Вакавары (60 км от эпицентра). В тексте имеются слова насчет дерева с места катастрофы, но говорится, что у него слои 1908-1909 г. представляются очень рыхлыми и поэтому не анализировались. На всякий случай написал письмо Флоренскому³ с просьбой сообщить подробности измерений. Ответа пока не получил.

¹ Возможно, что речь идет о Воробьеве А. М., в то время сотруднике 6-й клинической больницы МЗ СССР. – Р. К.

² Виноградов А. П. и др. Концентрация C^{14} в атмосфере во время Тунгусской катастрофы и антивещество. ДАН СССР. 1966. Т. 168. № 4. – Р. К.

³ Флоренский К. П. – автор труда “Некоторые впечатления о современном состоянии района падения Тунгусского метеорита 1908 г.” Сб.: “Метеоритика”. Вып. 12. 1953 г. и др. по проблеме “Тунгусского метеорита.” – Р. К.

Еще раз большое спасибо Вам за лекарство. Привет Людмиле Никифоровне и всем близким от меня и Рэмы Алексеевны⁴.

С уважением В.Мехедов

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 1 л.

⁴ Супруга В.Мехедова. – Р.К.

В.А. Пчелин

О ТАЙНЕ ТУНГУССКОГО ЯВЛЕНИЯ И ОБ ОДНОЙ РАБОТЕ В СЕКТОРЕ Б.В.КУРЧАТОВА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРИРОДЫ α И β АКТИВНОСТИ

Падение Тунгусского метеорита произошло 30 июня 1908 г. Оно сопровождалось явлениями, которые указывали на очень мощное выделение энергии. Огненный шар, видимый на территории, протяженностью в сотни км; мощные громовые раскаты; воздушная волна, дважды обогнувшая земной шар и зарегистрированная барометрами во многих странах; наконец, небольшое землетрясение, отмеченное сейсмографом в Иркутске, все это говорило о чрезвычайном характере космической катастрофы. Падение произошло в глухой тайге в бассейне реки Подкаменная Тунгуска, в 100 км от ближайшего населенного пункта, и только в 1927 г. первые исследователи сумели туда добраться. Им открылась потрясающая картина: почти все деревья на площади поперечником около 40 км были повалены, причем корни их показывали в одно место.

А в эпицентре, где следовало бы ожидать наиболее сильных разрушений, стоял мертвый “телеграфный” лес: голые прямые стволы с начисто обрубленными ветками. Ни первая, ни многие последующие экспедиции не смогли найти ни одного куска Тунгусского метеорита. И что еще более удивительно — на месте падения нет метеоритного кратера.

Во времена первых тунгусских экспедиций, руководимых энтузиастом метеоритики, Леонидом Алексеевичем Куликом, еще мало было известно о том, как происходит удар очень крупного метеорита о поверхность планеты. Вулканическая гипотеза происхождения лунных кратеров имела большее число сторонников, чем общепризнанная ныне ударно-метеоритная. А в США бурили дно Аризонского метеоритного кратера, надеясь обнаружить многотонную металлическую глыбу. Сегодня ясно, что мгновенная остановка в грунте огромного тела переводит в тепло колоссальную энергию его движения, происходит испарение “ударника” и самый настоящий взрыв, порождающий круглый метеоритный кратер. При этом, крупных осколков метеорита может и не сохраниться. Но ведь на Тунгуске и кратера тоже нет!

Теперь мы знаем, что даже весьма крупные космические тела, влетающие в атмосферу Земли, не всегда достигают ее поверхности. В 70–80 гг., в США действовала так называемая “Прерийная Сеть” фотографических камер, призванная фотографировать падение метеоритов. За 10 лет работы удалось зафиксировать только одно падение – метеорит ЛОСТ-СИТИ (1970г.). Однако, к удивлению специалистов на пленках были отмечены и более яркие болиды, чем тот, что закончился падением метеорита. И все же после них на землю ничего не упало – все вещество “расточилось” в атмосфере.

Конец 20 века не принес окончательного решения Тунгусской проблемы. Самой вероятной гипотезой остается предположение, что Тунгусское тело представляло собой ядро или часть ядра старой кометы.

Это ядро много раз прошло мимо солнца и потеряло почти все свои льды. Остались слипшиеся воедино твердые частицы, не очень прочно сцепленные между собой. Влетев в атмосферу Земли, под давлением набегающего потока воздуха, тело стало быстро разрушаться. На высоте в несколько км все оно рассыпалось в пыль, а отделившаяся ударная волна произвела те разрушения, которые зафиксированы на месте падения; она повалила деревья там, где ударила наклонно, и срубила с них сучья там, где ударила вертикально, то есть в эпицентре. Находят чёрные шарики диаметром, не более 1 мм из района падения крупного метеорита. Это расплавленное трением о воздух и сдутое набегающим потоком вещество метеорита. Такие же шарики находят в почвах, торфах на месте падения Тунгусского метеорита.

В 1959 г. экспедиция из Томского Университета, под руководством Золотова А. и Голенецкого С.¹ в районе падения Тунгусского метеорита обнаружила аномальное отношение K^{40}/K^{39} в почвах и большой сгнивший пень, сильно “фонивший”. Ко многим гипотезам о Тунгусском метеорите прибавилась еще одна – падение инопланетного корабля с атомным реактором. Об этом открытии так много говорили на различных конференциях, что “вравили” в эту историю И.В. Курчатова и С.П. Королева². По поручению И.В. был проведен анализ радиоактивности пня в лаборатории Б.В. Курчатова.

В марте 1960 г. был проведен тщательный анализ золы этого пня. Зола тщательно перемешивалась, из нее отбиралась аликвотная часть, которая измерялась на бесфоновом счетчике в 4π-геометрии. Для анализа было взято

¹ Сократ Голенецкий – химик, к.ф.м.н., работал в Томском университете. – Р.К.

² Сергей Павлович Королев – главный конструктор в области ракетостроения и космонавтики, основоположник практической космонавтики, академик АН СССР. – Р.К.

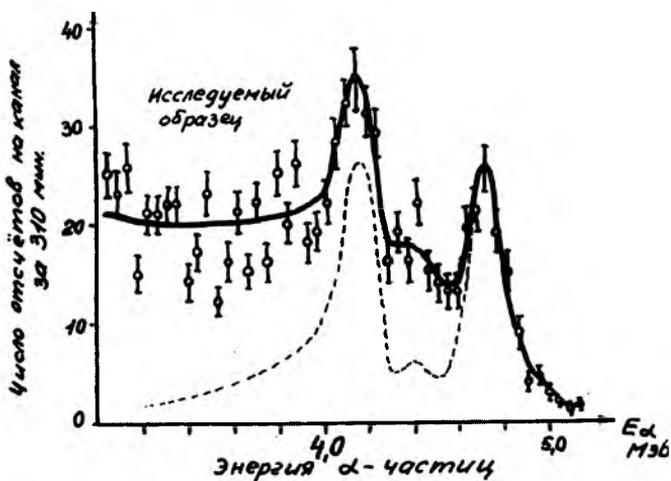
7,5 гр. золы. После полного переведения пробы в раствор, к последнему добавлялись носители стронция, церия и цезия и раствор хорошо прогревался для обеспечения изотопного смешения. Из пробы были выделены калий, стронций, цезий, церий, уран и фракция трансурановых элементов.

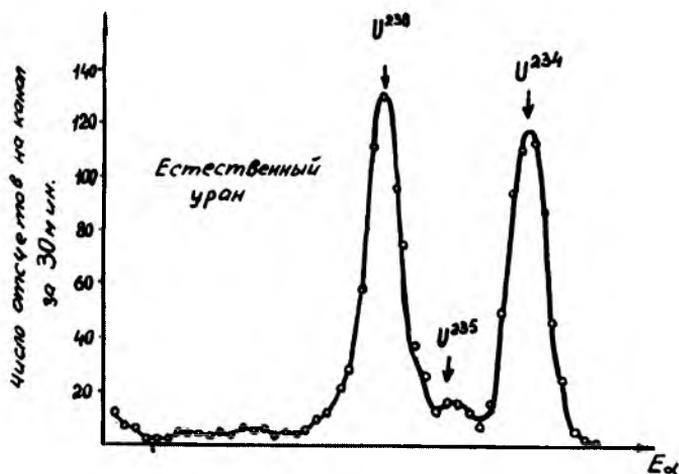
Из полученных после измерений результатов видно, что активность пробы обусловлена в основном долгоживущими осколками деления [стронций-90 (иттрий-90), цезий-137, церий-144, празеодим-144].

Небольшое различие активности пробы с суммарной активностью выделенных осколков можно объяснить, по-видимому, за счет рутения-106 + родия-106.

Из соотношения чисел атомов $\frac{Ce^{144}}{Sr^{90}}$ можно сделать вывод о возрасте активности — по нашим расчетам возраст наблюдаемой активности около 4 лет.

Сдвиг в изотопном отношении K^{40}/K^{39} (значительное увеличение K^{40}) не подтвердился. Измерение мишеней одинакового веса из выделенного “пневого” перхлората калия-4 и перхлората калия марки “хг” показало с высокой точностью одинаковую β -активность. Выделенная фракция урана нанесена на мишень и проанализирована на изотопный состав с помощью ионизационного спектрометра. Результат анализа показал (см. рис.), что изотопный состав исследованной мишени, 4α -распада/мин. не отличается от состава природного урана.





В трансурановой фракции β -активность не была обнаружена, однако, при выделении этой фракции встретились большие трудности, что не позволило считать результат окончательным.

ВЫВОДЫ: Обнаруженная α -активность обусловлена выпадением продуктов взрывов ядерного оружия последних нескольких лет. Не получено данных, указывающих на иное происхождение искусственной радиоактивности.

В июне 1960 г. докладная записка. "О природе α и β -активности золы дерева из района падения Тунгусского метеорита" была направлена Анатолию Петровичу Александрову и Сергею Павловичу Королеву.

А.П. на записке сделал надпись: "Борис Васильевич! Не следует ли опубликовать эту заметку?" 2/07 -1960 г.

К сожалению, выполненная Б.В. работа, не была им опубликована.

Статья написана В.А.Пчелиным в июле.

Б.В.КУРЧАТОВ – [?] МИХАИЛУ МАТВЕЕВИЧУ*

1968-1970 гг..

Уважаемый Михаил Матвеевич!

Я получил недавно письмо от Вас, в котором Вы пишете о Вашем желании встретиться со мной и изложить Ваши идеи по проблемам гравитации и гравилёта.

Я обязан предупредить Вас, что я довольно узкий специалист совсем в другой области химии, и не могу не только дать консультации по интересующим Вас вопросам, но и составить собственное суждение в этих вопросах, таких как проблема гравитации. Я не специалист и никогда не занимался этими вопросами.

Приезд в Москву и встреча со мной были бы явно бесполезной тратой сил и средств, т.к. я не могу оказать никакой помощи. Мой совет – отказаться от ненужной поездки в Москву. Другой совет: изложить Ваши идеи письменно и подробно, и послать, например, в виде письма в редакцию ж. “Природа”. В журнале сотрудничают видные ученые – специалисты, физики-теоретики, астрофизики, и редактор журнала может их привлечь для квалифицированного суждения о Ваших идеях, если это будет нужно. Таким образом, Вы сможете получить ответ по существу Ваших идей и предложений.

С уважением, профессор Курчатov Б.В.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Черновик, рукопись на 1 л.

* Фамилию и адрес корреспондента установить не удалось. – Р.К.

1962 г. Б.В.Курчатов

Приветственный адрес И.Е.Старику¹ в связи с его 60-летием
и 40-летием научной деятельности

Дорогой Иосиф Евсеевич!

Коллектив научных работников Института атомной энергии имени И.В.Курчатова АН СССР сердечно поздравляет Вас с шестидесятилетием со дня рождения и сороколетием научно-педагогической деятельности.

Мы все хорошо знаем и глубоко ценим Вас как ближайшего ученика и соратника академика Виталия Григорьевича Хлопина, основоположника советской школы радиохимии.

Вы избрали и блестяще разработали в своих трудах одну из наиболее сложных областей радиохимии — проблемы коллоидного состояния радиоактивных веществ и явлений сорбции. Ваши исследования этих вопросов являются классическими как в отношении изящества методов, так и строгости анализа результатов.

Сейчас, в условиях быстрого роста применения радиоактивных элементов в различных областях науки и народного хозяйства, трудно переоценить значение выполненных Вами и Вашими многочисленными учениками работ по исследованию самых разнообразных радиоактивных элементов в водных растворах. Их ценность будет, очевидно, все возрастать со временем.

Нельзя не отметить большого цикла Ваших работ, посвященных определению геологического возраста Земли. Советская школа радиогеологии среди своих зачинателей всегда будет называть Ваше имя.

Особое значение для нашей Родины и Советской науки имела Ваша деятельность в качестве первого помощника Виталия Григорьевича в последний период его деятельности. Она отмечена многочисленными правительственными наградами.

¹ Старик Иосиф Евсеевич (1902-1964) — химик, член-корреспондент АН СССР, сотрудник ИАНа, в 40-х гг. проводил исследования по химии плутония на нептунии; труды по радиохимии, радиоактивным методам определения возраста горных пород и др. — Р.К.

Отмечая знаменательную дату в Вашей жизни и творчестве, нельзя не вспомнить о многочисленном отряде радиохимиков – ленинградцев, воспитанных Вами. Ваших учеников можно встретить во всех концах нашей страны, есть они и в нашем Институте.

Желаем Вам, дорогой Иосиф Евсеевич, здоровья и многих лет дальнейшей плодотворной работы.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 1 л.

1964 г. Б.В.Курчатов

Приветственный адрес З.В.Ершовой¹ в связи с ее 60-летием со дня рождения и 35-летием научной деятельности.

Дорогая Зинаида Васильевна!

Коллектив сотрудников Института атомной энергии имени И.В.Курчатова поздравляет Вас с шестидесятилетием со дня рождения и тридцатипятилетием научной работы в области радиоактивности.

В Вашем лице мы приветствуем одного из пионеров прикладной радиохимии и радиометрии в Советском Союзе. Вы успешно работали в области радиоактивности на стыке ряда наук – физики, химии, медицины и техники еще до наступления атомной эры.

Каждый, кому хоть раз приходилось иметь дело с полонием, хорошо представляет, через какие “огни и воды и медные трубы” Вам пришлось пройти, изучая химию и всевозможные применения этого “страшно ползучего” радиоактивного элемента, которому Вы посвятили лучшие годы своей жизни.

Бурная и кипучая деятельность Игоря Васильевича Курчатова, первого директора нашего Института, не могла не вовлечь и Вас в новые задачи развития атомной науки и использования радиоактивных изотопов в различных областях народного хозяйства.

Личный контакт с Вами оставил у нас наилучшие воспоминания и мы надеемся, что еще много раз будем иметь удовольствие встречаться с Вами. Отмечая Ваш юбилей, нельзя не вспомнить также о Вашей многолетней педагогической деятельности и большом отряде Ваших учеников, воспитанных в лучших традициях школ Марии Кюри² и Виталия Григорьевича Хлопина³.

Желаем Вам хорошего здоровья и многих лет дальнейшей плодотворной работы.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 1 л.

¹ Зинаида Васильевна Ершова (1904–1995) – радиохимик, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России. – Р.К.

² Мария Склодовская-Кюри – французский ученый в области радиоактивности, первооткрыватель (вместе с Пьером Кюри) радиоактивных элементов – полония и радия. В ее лаборатории в Париже в середине 30-х гг. З.В.Ершова проходила стажировку и готовила диссертацию. – Р.К.

³ Виталий Григорьевич Хлопин – радиохимик, основатель научной школы, академик АН СССР. – Р.К.

Б.В.КУРЧАТОВ – А.П.ВИНОГРАДОВУ*

1965г.

Дорогой Александр Павлович!

Коллектив сотрудников Института Атомной энергии им. И.В.Курчатова сердечно поздравляет Вас с 70-летием со дня рождения и высокой Правительственной наградой.

Мы рады отметить, что истекшие десять лет ознаменовались в Вашей жизни крупными научными открытиями, а диапазон Ваших интересов расширился до космического масштаба. Ваши классические труды по изотопному составу земной коры и метеоритов привели к новым представлениям о химической эволюции Земли. Они оказались основополагающими для создания новой науки – космохимии, успешно развиваемой Вашей школой.

Признаться, нас несколько заботят дальнейшие пути Ваших творческих исканий, так как дальше Космоса идти, собственно говоря, уже некуда.

Мы предполагаем, исходя из закона развития человеческой мысли по спирали, что Вы вернетесь в следующем десятилетии к сугубо земным проблемам и порадуете нас новыми идеями в области биологии и геохимии.

Желаем Вам здоровья, бодрости и больших успехов в работе.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 1 л.

* Александр Павлович Виноградов (1895-1975) геохимик, академик АН СССР, вице-президент АН СССР (1967-1975); труды по различным проблемам гео-, биогео- и космохимии, разрабатывал вопросы формирования земных оболочек (зонное плавление, химической эволюции Земли, геохимии изотопов и др.). – Р.К.

В.М.ТУЧКЕВИЧ¹ – Б.В.КУРЧАТОВУ

Ленинград
[1968 г.]²

Москва

Глубокоуважаемый Борис Васильевич!

Мы очень сожалеем, что Вы не смогли присутствовать на юбилее нашего института. Годы Вашего пребывания в его стенах сыграли большую роль в развитии и самой физики, и института – они свежи в нашей памяти.

Мы считаем для себя приятной обязанностью переслать Вам институтский значок и комплект брошюр, изданных к юбилею института и отражающих как его прошлое, так и, в основном, современное состояние.

Желаем Вам всего наилучшего.

С искренним уважением.

Директор Ордена Ленина ФТИ им. А.Ф.Иоффе АН СССР,
член-корреспондент АН СССР

В.М.Тучкевич

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 1 л.

¹ Владимир Максимович Тучкевич – физик, академик АН СССР, совместно с Б.М.Вулом и С.Г.Калашниковым заложил основы советской полупроводниковой промышленности, создал новое направление – силовую полупроводниковую технику; совместно с А.П.Александровым и И.В.Курчатовым разрабатывал системы размагничивания кораблей для защиты их от магнитных мин (1941-1942), исследовал разделение изотопов, был директором ЛФТИ с 1967 г. – Р.К.

² Очевидно, письмо написано в 1968 г., когда отмечалось 50-летие со дня основания Ленинградского физико-технического института имени академика А.Ф.Иоффе АН СССР. – Р.К.

1972 г. Б.В.Курчатов

Приветствие от ИАЭ имени И.В.Курчатова в адрес сотрудников
Радиового института имени В.Г.Хлопина
в связи с 50-летием РИАНа

Сотрудники Института Атомной Энергии имени И.В.Курчатова сердечно поздравляют сотрудников Радиового института имени В.Г.Хлопина с пятидесятилетним юбилеем Института.

Ваш Институт возник на заре атомной эры, когда его основатель – крупнейший естествоиспытатель академик В.И.Вернадский впервые уверенно сформулировал проблему освобождения атомной энергии, как задачу науки.

Наш коллектив с глубоким уважением и восхищением вспоминает в эти дни выдающихся ученых В.И.Вернадского¹ и В.Г.Хлопина² – создателей Радиового Института и организаторов систематических исследований в нашей стране в области геохимии и радиохимии.

Незабываемая заслуга этих ученых заключается и в организации научных школ, охвативших все наиболее актуальные вопросы геохимии и радиохимии. Их неутомимая энергия и талант способствовали развитию новых направлений в учении о радиоактивности, которые послужили основой для дальнейшего расцвета этой науки.

В стенах Вашего Института вырос и окреп мощный коллектив высококвалифицированных радиохимиков, в воспитании которого сыграли большую роль талантливые ученики В.Г.Хлопина – Б.А.Никитин³, И.Е.Старик⁴, А.П.Ратнер⁵ и А.Е.Полесицкий. Они успешно продолжили разработку новых направлений в радиохимии и внесли большой вклад в различные разделы этой области науки.

Особо ценный вклад ими внесен в решение прикладных задач получения советского радия и переработки ядерного горючего.

¹ Владимир Иванович Вернадский – организатор и директор РИАНа в 1922-1939 гг. – Р.К.

² Виталий Григорьевич Хлопин возглавлял РИАН в 1939-1950 гг. – Р.К.

³ Борис Александрович Никитин – радиохимик, член-корреспондент АН СССР. – Р.К.

⁴ Иосиф Евсеевич Старик – радиохимик, член-корреспондент АН СССР. – Р.К.

⁵ Александр Петрович Ратнер – исследовал химию плутония на нептунии в 40-х гг XX в. – Р.К.

Мы рады отметить дружеский контакт, установившийся между нашими Институтами в годы Великой Отечественной войны.

В вашем Институте были изготовлены тогда мощные радий-бериллиевые источники нейтронов, с помощью которых в ИАЭ удалось получить первые индикаторные количества плутония, установить пригодность графита для реактора, исследовать кинетику цепной ядерной реакции и провести ряд других важных испытаний.

Особенно нам памятна совместная работа, которая позволила успешно обеспечить создание новой отрасли промышленности – производство плутония в Советском Союзе.

Мы восхищены деятельностью вашего Института, разработавшего на индикаторных количествах схему выделения плутония и реализовавшего ее в промышленных масштабах.

Мы вспоминаем блестящий этап в научном сотрудничестве РИАНа и ЛФТИ, связанный с исследованием ядерных превращений под действием нейтронов, проводившихся под руководством И.В.Курчатова совместно с Л.В.Мысовским. Этот этап победно был завершен открытием изомерии искусственно радиоактивных ядер⁶.

Несколько позже это содружество привело к другому большому успеху, когда Петржаком К.А. и Флеровым Г.Н.⁷ под руководством И.В.Курчатова было открыто явление спонтанного деления урана, получившее всеобщее признание.

Сегодня нам особенно приятно отметить, что в Радиевом институте работал Игорь Васильевич Курчатов по созданию 1-го в Европе циклотрона и что в нашем Институте есть немало физиков и радиохимиков, которые начинали свою деятельность в Радиевом институте.

Мы надеемся, что творческая дружба наших коллективов будет и дальше крепнуть и способствовать еще большому расцвету атомной науки.

Еще раз горячо поздравляем Вас и желаем дальнейших столь же успешных результатов Вашей деятельности.

Из домашнего архива Б.В.Курчатова. Подлинник. Автограф на 2 л.

⁶ Игорь Васильевич Курчатов открыл это явление в 1935 г. вместе с физиком, ф.м.н. рижанцем – Львом Владимировичем Мысовским и в то время своим аспирантом в ЛФТИ – Львом Ильичем Русиновым а также братом Борисом Васильевичем Курчатовым – Р.К.

⁷ Оба: и Георгий Николаевич Флеров и Константин Антонович Петржак выполняли под руководством Игоря Васильевича Курчатова и свои диссертационные работы. – Р.К.

Вехи жизни и деятельности Бориса Васильевича Курчатова*

- 1905, 3 августа (21 июля ст.ст.). родился Б.В.Курчатов: в поселке Симский За-вод, быв.Уфимской губернии (ныне г.Сим Челябинской обл.) в семье частного землемера-помощника лесничего Курчатова Василия Алексеевича и его супруги Курчатовой (Остроумовой) Марии Васильевны (домашней учительницы).
1908. С целью дать детям образование семья переезжает в г.Симбирск.
1912. В связи с заболеванием Антонины, старшей сестры Бориса и Игоря семья переезжает в г.Симферополь.
1912. Борис поступил в подготовительный класс Симферопольской мужской казенной гимназии.
- [1913-1916. Из-за болезни обучался дома под руководством матери].
- 1916-1917. Учился в 1 классе гимназии.
- 1917-1923. Продолжил учебу в (Единой Трудовой школе 2-й ступени в Симферопольском Общеобразовательном техникуме), как были названы упраздненные в то время гимназии.
- 1923, 2 июля. Окончил школу с отличием.
1923. Поступил в Таврический (Крымский) университет на физико-химическое отделение физико-математического факультета.
- 1924, лето. В связи с закрытием университета в Симферополе перевелся в Казанский государственный университет имени В.И.Ленина на 2-ой курс химического отделения.

* Разработка Р.В.Кузнецовой при участии Т.Ю.Грамматикати.

- 1924, лето. Отец, В.А.Курчатov выслан в административном порядке из Симферополя в Уфу.
- 1924, лето. Переезд Б.В.Курчатова и матери М.В.Курчатовой в Казань.
- 1924-1927. Учился в Казанском университете.
- 1927, июль. Перенес малярию. Переехал с матерью к отцу из Казани в Камышенки (недалеко от Бирска).
- 1927, 6 декабря. Выполнил и защитил дипломную работу по теме: «Осаждение ионов хлора в присутствии коллоидного гидрата окиси железа». Закончил университет (по химическому отделению физико-математического факультета).
- 1928, 11 января. Получил «Свидетельство» об окончании университета.
1928. Переехал вместе с родителями в Ленинград.
- 1928-1943. С 1 октября 1928г. по 8 июля 1943г. Работал в Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ). Занимал должности инженера, младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника в лаборатории академика А.Ф.Иоффе (1928-1936), заведующего лабораторией (1936-1939), заведующего лабораторией новых выпрямителей (1940-1943).
1929. Выполнил и опубликовал первую научную работу совместно с И.В.Курчатовым «Принцип подобия электропроводности твердых диэлектриков».
- 1929-1933. Участвовал в физико-химических исследованиях сегнетовой соли.
1929. Открытие сегнетоэлектриков (И.В.Курчатov, Б.В.Курчатov, П.П.Кобеко).

- 1929, 24 января. Участвовал в работе совещания [по полупроводникам] в Москве. Встретился с товарищами по учебе в Казанском Университете и своим научным руководителем профессором Герасимовым.
- 1931, июнь. Находился на лечении по состоянию здоровья.
- 1932, 29 декабря. Премирован «За ударные темпы в работе» (пр. по ЛФТИ № 69).
- 1934-1935. Ведет исследования по химии ядерных превращений радиоактивных элементов.
1935. Участвовал в совместных с И.В.Курчатовым, Л.В.Мысовским и Л.И. Русиновым в исследованиях свойств радиоактивных изотопов брома. В соавторстве с ними опубликовал статью «Об одном случае искусственной радиоактивности, вызванной бомбардировкой нейтронами без захвата нейтронов».
- 1935, весна. Открыл явление ядерной изомерии (совместно с И.В.Курчатовым, Л.В.Мысовским и Л.И.Русиновым).
- 1936, март. Находился на лечении в больнице.
- 1937, весна. Находился на лечении в туб. санатории «Песчанка» (под Ленинградом).
- 1938, 9 июня. Присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальности «Экспериментальная физика».
- 1938, 11 ноября. Премирован за успешную работу в связи с XX юбилеем ЛФТИ (пр. № 0/18).
1938. Награжден Почетной грамотой руководством и общественными организациями ЛФТИ за «Активное участие в социалистическом соревновании и успешное выполнение производственно-тематического плана 1938 года».

- 1939, 21 февраля. Премирован за достижения по разработке мощных выпрямителей (пр.№ 08).
- 1939, февраль. Находился на лечении по состоянию здоровья.
- 1939, июль. Премирован за достижения по разработке мощных выпрямителей.
- 1939, 22 сентября. Участвовал в торжественной закладке здания циклотронной лаборатории ЛФТИ.
- 1935-1941. Участвует в работе еженедельного семинара по нейтронной физике, организованного И.В.Курчатовым, сыгравшего в развитии советской ядерной физики выдающуюся роль.
1940. Назначен заведующим лабораторией новых выпрямителей.
- 1941, 22 июня. Началась Великая Отечественная война.
- 1941, начало июля. Эвакуировался с ЛФТИ из Ленинграда в Казань.
- 1941, 29 августа. Скончался отец – Василий Алексеевич Курчатов. Похоронен на Богословском кладбище в Ленинграде.
- 1941, август - 1942, май. Вел исследования к составу Казанской группы ЛФТИ по оборонной тематике. Создал сверхчувствительный состав, который был использован в новых оптических приборах для обеспечения видения в темноте, (т.н. приборы «темновидения»). Работа выдвигалась на Сталинскую премию.
- 1941, октябрь. Перенес грипп и бронхит.
- 1941, декабрь. Премирован «За успешную работу по оборонной тематике», (пр.№18 от 16.12.41 по Казанской группе ЛФТИ).
- 1941, декабрь. Премирован «За настойчивую и успешную работу по выполнению оборонного задания», (пр.№22 от 25.12.41 по Казанской группе ЛФТИ).

- 1941, декабрь. Перенес бронхит. Из письма И.В.Курчатова от 26.10.41. из Севастополя к М.Д.Курчатовой в Казань: «Я тебе безгранично благодарен за заботу о Борьке, — без тебя, без забот и привета от близкого человека, он совсем бы пропал».
- 1942, 12 апреля. Скончалась мать — Мария Васильевна Курчатова в эвакогоспитале в Вологде. Похоронена на Пошехонском кладбище в Вологде.
- 1942, ноябрь. Объявлена благодарность и премирован «За отличную работу и достигнутые успехи», (пр.№79 от 28.11.42 по Казанской группе ЛФТИ).
- 1942, декабрь. Премирован «За успешную производственную работу», (пр. № 94 от 29.12.42 по Казанской группе ЛФТИ).
- 1943, май. Реэвакуировался из Казани в Москву.
- 1943, май. Начал работы по получению 92-го элемента облучением урана нейтронами от радий-бериллиевого источника, содержавшего 1 грамм радия. [На Пыжевском пер.].
- 1943, 8 июля — 1972, 13 апреля. Работал в Лаборатории № 2 АН СССР — ЛИПАН, ИАЭ имени И.В.Курчатова. Занимал должности: с.н.с, начальника сектора.
- 1943, 8 июля. Зачислен в Лабораторию № 2 АН СССР «на должность старшего научного работника», (распоряжение от 08.07.43 № 26).
- 1943, 24 сентября. Назначен начальником сектора № 3 Лаборатории №2 АН СССР.
- 1944, 15 января. Отчислен из ЛФТИ в штаты Лаборатории № 2 АН СССР.
- 1944, 25 сентября. Продолжил работы по изучению 92-го элемента на Территории Северо-Запада Москвы в Лаборатории № 2 АН СССР.

- 1944, 17 октября. Получил вместе с сотрудниками сектора первые «индикаторные» количества плутония.
- 1945, 1 июля. Награжден орденом Трудового Красного Знамени № 33591.
- 1945, декабрь. Объявлена благодарность и премирован «За выполнение срочного задания», (пр. по Лаборатории № 2 АН СССР № 326 от 28.12.45).
- 1946, 4 ноября. Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.»
- 1946-1951. Осуществлял (по совместительству) научное руководство радиохимической лабораторией в Научно-исследовательском Физическом институте-2 (РХЛ НИФИ-2), созданном при МГУ. Здесь были выполнены исследования по сорбции и разделению некоторых продуктов деления урана, по изучению ядерных процессов, происходящих при бомбардировке кадмия дейтонами различных энергий и др.
1947. Продолжил работы по получению 94-го элемента после пуска в Лаборатории № 2 АН СССР большого московского циклотрона.
- 1947, май, июнь-август. Получил вместе с сотрудниками сектора две порции плутония в 6,2 и 17,3 микрограммов облучением урана на реакторе Ф-1.
- 1947, июль. Объявлена благодарность и премирован «За выполнение срочного задания», (пр. по Лаборатории № 2 АН СССР № 75 от 14.07.47).
- 1948, лето. Женился на Людмиле Никифоровне Мухиной, работавшей в С-3 младшим научным сотрудником с 1945г.
- 1948-1949, до испытания в СССР первой атомной бомбы. Провел цикл работ на первом промышленном реакторе на химкомбинате «Маяк» вместе с Л.Н.Курчатовой.

- 1949, после 4 апреля. Назначен начальником сектора № 3 Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН) в связи с переименованием Лаборатории № 2 АН СССР.
- 1949, 29 октября. Присвоено звание лауреата Государственной премии II степени СССР.
- 1949, 29 октября. Награжден орденом Трудового Красного Знамени № 111751.
- 1950, весна. Участвует в работах по созданию в ЛИПАН горячей материаловедческой и радиохимической лабораторий, комплексной экспериментальной базы для проведения испытаний опытных твэлов, конструкционных материалов и теплоносителей в составе реактора РФТ, петлевых установок и горячей лаборатории, введенных в эксплуатацию в апреле 1952 г.
- 1950–1952. Провел исследования на синхроциклотроне в Дубне по изучению ядер — продуктов, получаемых при облучении сложных ядер частицами высоких энергий. Были изучены закономерности основных процессов в этой области, открыт ряд новых явлений, найден ряд новых изотопов.
- Начало 50-х гг. Провел цикл работ по изучению радиохимическими методами превращений сложных ядер под действием частиц высоких энергий на синхроциклотроне на 400 МэВ в Дубне. Открыл несколько изотопов ряда элементов.
- Начало 50-х гг. Развернул работы по организации сбора радиоактивных аэрозолей из атмосферы над территориями СССР и Китая.
- 1951, сентябрь. Вступил в ряды ВКП(б). Партийный билет № 9883408.
- 1953, 19 сентября. Награжден орденом Трудового Красного Знамени, № 267745.
- 1953, 10 октября. Объявлена благодарность и премирован «За успешную работу», (пр. по Лаборатории № 2 АН СССР № 905).

1953, 31 декабря. Присвоено во второй раз звание лауреата Государственной премии СССР II степени.

1954, 4 января. Награжден орденом Трудового Красного Знамени, № 290810.

1954, 26 июня. Получил новый билет члена КПСС в связи с переименованием ВКП(б) в КПСС.

1954, 16 ноября. Участвовал в юбилейном торжественном заседании, посвященном 150-й годовщине Казанского государственного университета.

1954, 22 декабря. Награжден орденом Ленина № 284380.

1955, декабрь. Участвует в совещании по ускорителям, по итогам которого принимается решение о необходимости создания специального ускорителя многозарядных ионов для синтеза трансуранов и электронного ускорителя для нейтронной спектроскопии.

1955, 2-5 июля. Участвует в работе сессии отделения химических наук АН СССР по проблемам мирного использования атомной энергии. На сессии представлены доклады Б.В. Курчатова и сотрудников его сектора.

Вторая половина 50-х гг. Организовал проведение радиохимических исследований содержания осколочных элементов, а также Be^7 в ряде океанских экспедиций, получил большой экспериментальный материал о распределении искусственно радиоактивных элементов в атмосфере Земного шара, — данные существенные для новой области науки — ядерной метеорологии.

Вторая половина 50-х гг. Под руководством Б.В. Курчатова разработаны методы и система наблюдений, обеспечивающие получение информации о выпадении Sr^{90} на территории СССР, содержания Sr^{90} в молоке.

- Вторая половина 50-х гг. Разработал методы активационного и редкохимического анализов для определения следовых количеств примесей в сверхчистых материалах.
- 1956, 19-21 января. Участвует в первом послевоенном совещании по физике деления атомного ядра, проводимом в ЛИПАНе с участием многих институтов страны.
- 1956, 11 сентября. Награжден орденом Трудового Красного Знамени № 358772.
- 1956, 12 ноября. Объявлена благодарность и премирован «За достижения в научной работе и успешное руководство деятельностью сектора», (пр. по ИАЭ № 984).
1957. По поручению И.В.Курчатова готовит материалы для делегации в Женеву для переговоров о запрещении испытаний атомного и водородного оружия.
- 1959, март. Участвовал в работе 8-го Всесоюзного Менделеевского съезда, проходившего в Москве. Удостоен Серебряного знака Всесоюзного Менделеевского съезда.
- 1959, 22 апреля. Присвоено звание лауреата Ленинской премии. Удостоверение лауреата Ленинской премии № 0478.
1959. В сборнике «Советские ученые об опасности испытания ядерного оружия» опубликована статья Б.В.Курчатова и его сотрудников, в которой приведены результаты их исследований, подтверждающие эту опасность.
1959. По поручению И.В.Курчатова пишет статьи, в которых излагает противоположную точку зрения взглядам Теллера и Леттера, выраженной в книге «Наше ядерное будущее».
- 1960, 7 февраля. Скончался Игорь Васильевич Курчатov. Прах захоронен на Красной площади в Кремлевской стене.

1960. Провел работы по изучению поведения продуктов ядерного оружия в атмосфере. Вывел оценки степени опасности от накопившихся продуктов.
- 1962, 1966, 1968-1969. Организовал участие и работы сотрудников сектора-3 и др. подразделений ИАЭ имени И.В.Курчатова в комплексных экспедициях к острову Рождества в Тихом океане на научно-исследовательских судах (НИС) «Витязь» и «Академик Курчатов». По результатам подготовил совместно с участниками экспедиций ряд докладов с данными о накоплении стронция-90 в костях детей и взрослых (для ООН), которые сыграли свою роль при подготовке международных договоров о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере.
- 1960-е гг. Исследует с сотрудниками сектора материалы с места Тунгусской катастрофы и консультирует по этой проблеме ученых из Томска и Дубны.
- 1962, 17 февраля. Б.В.Курчатову присуждена ученая степень доктора химических наук.
1964. Участвовал в создании сборника методик Государственного Комитета по Атомной Энергии (ГКАЭ) «Практические руководства при организации системы контроля загрязненности внешней среды радиоактивными продуктами технического происхождения», включающего методики сбора радиоактивных продуктов, их химической переработки и радиометрических измерений.
- 1964, сентябрь. Организовал и провел подготовку докладов сотрудников сектора на III-ю Женевскую конференцию.
- 1965, 3 августа. Объявлена благодарность и премирован в связи с 60-летием со дня рождения (пр. по ИАЭ им.И.В.Курчатова №1045)

1966. Возглавил разработку исследований радиоактивных полей морской воды, как фона техногенных загрязнений океанов и морей, связанных с эксплуатацией кораблей с атомными реакторами, а также с промышленными сбросами радиоактивных продуктов и с захоронением радиоактивных отходов. Обследовались части Атлантического, Индийского и Тихого океанов, Средиземного и Баренцева морей.
- 1966-1971. Организовал и провел цикл научно-исследовательских работ по делению ядер методом радиохимического анализа.
- 1968, Награжден Памятной медалью в связи с 25-летием со дня организации ИАЭ имени И.В.Курчатова.
- 1969, 11 марта. Скончалась Марина Дмитриевна Курчатова. Похоронена на Новодевичьем кладбище в Москве.
- 1970, 1 июля. Б.В.Курчатову присвоено звание профессора по специальности «Радиохимия».
1970. Награжден юбилейной медалью в связи со 100-летием со дня рождения В.И.Ленина.
1971. Включил в перспективный план работ проблему синтеза сверхтяжелых ядер методом облучения тяжелых ядер сверхбыстрыми протонами и проверку этого метода на уране, как объекте облучения.
- 1971, 25 декабря. Награжден Памятной грамотой «Участнику пуска реактора Ф-1» в связи с 25-летием со дня пуска.
- 1972, 13 апреля, в 3 часа 35 мин. Борис Васильевич скончался. Похоронен на Новодевичьем кладбище в Москве.
- 2004, 31 мая. Скончалась Людмила Никифоровна Курчатова. Похоронена на Новодевичьем кладбище в Москве.

Список*
опубликованных трудов
профессора Б.В.Курчатова
(1929-2003 гг.)

№ п/п	Название работы	Выходные данные	Соавторы
1	2	3	4
1929			
1	Принцип подобия электропроводности твердых диэлектриков	Ж.Р.Ф.Х.О.Ч.физ.192 9.Т.61.Вып.4. С.321–332	И.В.Курчатов
1930			
2	Пробой каменной соли при растворении ее поверхности	Вестник электротехники, №7–8.1930.С.104–108.	–
1931			
3	Спонтанная ориентация и гистерезис в некоторых изоморфных кристаллах сегнетовой и аммонийно–сегнетовой соли	ЖЭТФ.1931.Т.1.Вып.4.С.201–207.	М.А.Еремеев
4	Внутренний фотоэффект в полупроводниках	ЖТФ.1931.Т.1.Вып.7. С.672–683.	

* В Список вошли опубликованные труды Б.В.Курчатова, выявленные в 1986–2004 гг. в фондах государственных, ведомственных, личных архивов, домашних собраниях и коллекциях И.В. и Б.В.Курчатовых, их учеников, сотрудников, библиотеках, а также находившиеся на хранении в секретном фонде Курчатовского института и рассекреченные специально для настоящего издания. В Список не вошли многочисленные работы Б.В.Курчатова, выполненные в 1940–50-е гг., отраженные в научных отчетах, еще находящихся на архивном хранении в закрытом фонде. — Р.К.

Работу провели (ответств.исп.):

- выявление источников – Р.В.Кузнецова (открытые фонды) и Н.В.Селезнева (закрытые фонды); Б.А.Обиняков, И.К.Швецов, Ю.П.Донцов;
- составление Списка – Р.В.Кузнецова (ответств.), Т.Ю.Грамматикати;
- оформление – Т.А.Чуняева.

1	2	3	4
1932			
5	То же	Phys.Zeit.Sow.Un.193 2.Т.1.Вып.2.С.	
6	Электрические свойства кристаллов сегнетовой соли с примесью $\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaTiC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	ЖЭТФ.1932.Т.2.Вып. 2. С.158–163.	И.В.Курчатов М.А.Еремеев П.П.Кобеко
7	Электрические свойства изоморфных кристаллов $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	ЖЭТФ.1932.Т.2.Вып. 5–6.С.329–338.	М.А.Еремеев
8	Über die elektrischen Eigenschaften der Seignettesalz – Mischkristalle.	Phys.Zeit.Sow.Un.193 2.Т.1.Вып. . С.140–154.	М.А.Еремеев
9	Нижняя точка Кюри в сегнетоэлектриках	ЖЭТФ.1932.Т.2.Вып. 5–6.С.319–328.	И.В.Курчатов
10	К вопросу о электропроводности закиси меди	ЖЭТФ.1932.Т.2.Вып. 5–6.С.309–319.	В.П.Жузе
11	Zur elektrischen Leitfähigkeit on Kupferoxydul	Phys.Zeit.Sow.Un.193 2.Т.2.Вып.6. С.453–457.	В.П.Жузе
1933			
12	Elektrische Eigenschaften isomorpher Kristalle $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ und $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Электрические свойства изоморфных кристаллов)	Phys.Zeit.Sow.Un.193 3. Bd.3. Heft.3. S.304–309.	М.А.Еремеев
13	Der untere Curie–Punkt in seignettesalz. (Нижняя точка Кюри в сегнетоэлектриках)	Phys.Zeit.Sow.Un.193 3. Bd3. Heft.3. S.321–334.	И.В.Курчатов
14	К электропроводности полупроводников	ЖЭТФ.1933.Т.3.Вып. 2.С.149–153.	А.Н.Арсеньева
15	Электронный микроскоп	ЖТФ.1933.Т.3.Вып.5. С.689–397.	

1	2	3	4
1934			
16	Электрические свойства изоморфных смесей сегнетовой соли. Ч.III	ЖЭТФ.1934.Т.4.Вып. 6.С.584–589.	
17	Электрические и оптические свойства V_2O_5	ЖЭТФ.1934.Т.4.Вып. 6.С.576–584.	А.Н.Арсеньева
18	Эффект Ферми в алюминии. Ч.1	ДАН.1934.Т.3.Вып.4. С.226–228.	И.В.Курчатов Г.Я.Щепкин А.И.Вибе
19	Fermi Effekt in Aluminium. I.	ДАН.1934.Т.3.Вып.4. С.228–229.	И.В.Курчатов Г.Я.Щепкин А.И.Вибе
20	Эффект Ферми в алюминии. Ч.2	ДАН.1934.Т.3.Вып.6. С.422–423.	И.В.Курчатов Г.Я.Щепкин А.И.Вибе Л.В.Мысовский
21	То же	ЖЭТФ.1934.Т.4.Вып. 6.С.584–589.	И.В.Курчатов Г.Я.Щепкин А.И.Вибе Л.В.Мысовский
22	Fermi Effekt in Aluminium. II.	ДАН.1934.Т.3.Вып.6. С.423–424.	И.В.Курчатов Г.Я.Щепкин А.И.Вибе Л.В.Мысовский
1935			
23	Искусственная радиоактивность, вызванная нейтронной бомбардировкой без захвата нейтрона.	Comptes Rendus.1935. Vol.200.I bid. – P.1201–1203	Л.В.Мысовский Л.И.Русинов
24	Sur un cas de radioactivité provoquée par un bombardement de neutrons sans capture du neutron	Там же	Л.В.Мысовский Л.И.Русинов
25	Расщепление бора медленными нейтронами (La désintégration du bore par des neutrons lents)	Comptes Rendus. 1935. Vol.200.№14. p.1199–1201	И.В.Курчатов Г.Д.Латышев
26	Вентильный фотоэффект, селеновый и вентильный фотоэлемент. Рефераты по работам Б.Берендта, Линни В.Джонса, Ван Геля и Де Бэра (на рус. и нем.яз.)	ЖТФ.Рефераты и библиография.1935.Т. 5.Вып.10. С.1854–1855.	

1	2	3	4
1938			
27	Новые типы выпрямителей	Известия АН СССР. От. матем. и естеств. наук. 1938. №5–6. С. 679–682.	
28	Испытание материалов. Полупроводники и рентгентехника: рефераты, обзорные статьи и анализ работ Ф.Хеннингера, Е.Подзуса	ЖТФ. Библиография. 1938. Т. 8. Вып. 6. С. 574–575	
1941			
29	Сульфидный выпрямитель	ЖТФ. 1941. Т. 10. С. 22.	Ю. А. Дунаев
1945			
30	Выделение элемента 94	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 177.–10 л.	
1947			
31	Технологическая схема и расходные коэффициенты лантан–сульфатной схемы выделения продукта из концентрата	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 63.–7 л.	И. С. Морозов Г. Н. Яковлев
32	О получении соединений плутония, свободных от вещества носителя	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 66.–52 л.	Г. Н. Яковлев
33	Определение цезия в солях урана методом спектрального анализа	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 120.–15 л.	А. Р. Стриганов
1948			
34	Образование урана–237 за счет нейтронов, образующихся при делении урана	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 118.–25 л.	Я. Б. Финкельштейн
35	Определение малых количеств урана спектрографическим методом	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 119.–22 л.	А. Р. Стриганов
36	Определение примесей в уране спектрографическим методом	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 121.–30 л.	Н. Ф. Правдюк А. Р. Стриганов

1	2	3	4
1949			
37	Исследование сорбционной очистки двуокисью марганца растворов урана и плутония от продуктов деления и разработка вариантов комбинации сорбционной очистки с ацетатной схемой	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.164.-39 л.	И.С.Морозов Н.Ф.Правдюк Л.Н.Курчатова Я.Б.Финкельштейн Р.А.Зенкова
38	Определение ниобия в виде роданового комплекса	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.165.-6 л.	Я.Б.Финкельштейн Г.Н.Яковлев
39	Выделение радиоактивного рутения из смеси продуктов деления урана	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп.1- нд.Ед.хр.166.-20 л.	Я.Б.Финкельштейн
40	Оптический эмиссионный спектр плутония-239	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.166а.-55 л.	А.Р.Стриганов
1950			
41	Экстракция комплексов полутоний-239 с фениларсиновой кислотой или ее производными фенолом	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.208.-9 л.	Я.Б.Финкельштейн
1951			
42	Рабочая инструкция по мерам безопасности при работе с препаратами бензола и растворами излучателей с активностью от 0,01 мС – 5 мС	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.288.-9 л.	
43	Расщепление вольфрама дейтронами-280	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.379.-32 л.	В.Н.Мехедов Л.Н.Курчатова М.Я.Лепехина
1952			
44	Вторичные ядерные реакции при бомбардировке сверхбыстрыми протонами с увеличением заряда ядра мишени на 2-3 единицы	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.380.-28 л.	В.Н.Мехедов М.Я.Кузнецова Н.И.Борисова Л.В.Чистяков

1	2	3	4
1953			
45	Определение выхода некоторых продуктов реакции олова-115 и олова-118 при облучении быстрыми нулевыми точками	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.480.-8 л.	А.А.Березин Н.И.Борисова Л.Н.Курчатова В.И.Новгородцева Ю.В.Никольский Р.М.Полевой Л.В.Чистяков
46	Очистка бессолевого радиоактивных сбросных вод адсорбционным методом	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.481.-27 л.	Ю.В.Сивинцев Г.Н.Яковлев П.М.Чулков В.В.Кроха В.А.Сысоев Д.С.Горбенко-Германов
47	Сверхтонкая структура и спин урана-233	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.482.-8 л.	А.Р.Стриганов Н.М.Яшин
48	Счетчик для абсолютного счета ионизирующих частиц	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.483.-18 л.	С.А.Баранов Р.М.Полевой
49	Сечения деления урана-233 и урана-235 на монохроматических нейтронах в интервале энергий 0,005-30 eV	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.484.-20 л.	В.И.Мостовой В.С.Зенкевич
50	Легкие изотопы йода и образование их и легких изотопов теллура во вторичных ядерных реакциях на олове	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.485.-25 л.	Л.Н.Курчатова Л.В.Чистяков В.Н.Мехедов М.Я.Кузнецова
51	Радиотехнические устройства механических нейтронных селекторов	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.486.-206 л.	А.П.Цитович
52	Определение механического момента ядра плутония-239	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.487.-5 л.	А.Р.Стриганов Л.А.Коростылева
53	Электронно-импульсная плоская камера для измерения энергий α -частиц	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.488.-18 л.	С.А.Баранов А.Г.Зеленков
54	О радиоактивных свойствах некоторых изотопов трансурановых элементов	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.489.-34 л.	А.Г.Зеленков

1	2	3	4
55	Быстродействующий многоканальный амплитудный анализатор с переводом амплитуды в длительность	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.490.-78 л.	А.П.Цитович
56	Количественное электроосаждение америция и кюрия	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп.1- нд.Ед.хр.491.-20 л.	Г.Н.Яковлев В.Б.Дедов В.Н.Косяков
57	Сечение деления Те-120 на монохроматических нейтронах 0,004-50 ev	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.492.-25 л.	В.И.Мостовой В.С.Зенкевич
58	Распад Мо-99	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.493.-28 л.	К.Н.Шлягин
59	Сечение деления Pu-239 на монохроматических нейтронах в интервале энергий 0,004-50 ev	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.494.-13 л.	В.И.Мостовой В.С.Зенкевич
1954			
60	Исследование сверхтонкой структуры урана-233	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.592.-25 л.	А.Р.Стриганов Н.Н.Яшин
61	Ртутный одноизотопный источник света	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.594.-12 л.	А.Р.Стриганов Ю.П.Донцов
62	Сечение активации урана-236	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.595.-13 л.	Б.В.Ефимов Ю.И.Митяев М.И.Певзнер Г.Н.Яковлев
1955			
63	Распад Pa-235 и Ва-140	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.596.-26 л.	К.Н.Шлягин
64	Распад урана-237	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.709.-19 л.	С.А.Баранов К.Н.Шлягин П.С.Самойлов
65	Радиохимическое исследование расщепления серебра частицами высоких энергий	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.710.-98 л.	В.Н.Мехедов Н.И.Борисова М.Я.Кузнецова Л.Н.Курчатова Л.В.Чистяков

1	2	3	4
66	Исследование радиохимическими методами деления вольфрама дейтронами с энергией в 280МэВ	Труды Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии 1–5 июля 1955 г. Засед. Отд. хим. наук. Изд. АН СССР. М. 1955. С. 120–131.	В. Н. Мехедов М. Я. Кузнецова Л. Н. Курчатова
67	Радиохимическое исследование продуктов расщепления серебра частицами высоких энергий	Труды Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии 1–5 июля 1955 г. Засед. Отд. хим. наук. Изд. АН СССР. М. 1955. С. 178–204.	В. Н. Мехедов Н. И. Борисова М. Я. Кузнецова Л. Н. Курчатова Л. В. Чистяков
68	Стабилизированный выпрямитель и измеритель магнитного поля β -спектрометра	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 711.–32 л.	С. А. Баранов К. Н. Шлягин В. В. Беручко
69	Спектр мягких гамма-лучей $Wp-237$	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 712.–10 л.	С. А. Баранов А. Г. Зеленков Ю. Ф. Родионов
70	Сульфатный метод выделения нептуния и плутония	Материалы международной конференции по мирному использованию атомной энергии. 1955. Т. 7. С. 393–395.	В. И. Гребенщикова Г. Н. Яковлев Н. Б. Чернявская
1956			
71	Методика химического выделения трансурановых элементов	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 876.–8 л.	Л. В. Чистяков
72	Исследование содержания в атмосфере стронция и других долгоживущих продуктов деления	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1–нд. Ед. хр. 877.–7 л.	С. А. Баранов
73	Вторичные ядерные реакции при бомбардировке Bi, Pb и Sn быстрыми нейтронами	Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по физике частиц высоких энергий 14–22 мая 1956 г. Изд. АН СССР. М. 1956. С. 83.	В. Н. Мехедов Л. В. Чистяков М. Я. Кузнецова В. Г. Соловьев Л. Н. Курчатова Н. И. Борисова В. А. Халкин

1	2	3	4
1957			
74	Расчет альфа-спектрографа с двойной фокусировкой ($Q_2 = 1/8$)	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1023.-28 л.	А.Г.Зеленков
75	Вторичные ядерные реакции на висмуте и свинце при бомбардировке протонами высоких энергий	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп.1- нд.Ед.хр.1024.-22 л.	В.Н.Мехедов Л.В.Чистяков М.Я.Кузнецова Н.И.Борисова В.Г.Соловьев
1958			
76	Стронций-90 в биосфере	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1159.-10 л.	
77	Исследование содержания стронция-90 в атмосфере, почве, продуктах питания и костях человека в СССР. Доклад в комитет ООН	См.настоящее изд-е.С.	Под ред. Б.В.Курчатова
78	Вторичные ядерные реакции на висмуте и свинце при бомбардировке протонами высоких энергий	ЖЭТФ.1958.Т.35. Вып.1(7).С.56-63.	В.Н.Мехедов Л.В.Чистяков М.Я.Кузнецова Н.И.Борисова В.Г.Соловьев
79	К вопросу о закономерностях фрагментации на сложных ядрах	Материалы совещания по применению радиохимических методов изучения ядерных реакций и β - γ -спектроскопии нейтронно-дефицитных ядер. Годовой отчет №1(26).ОИЯИ. Дубна.1958.	В.Н.Мехедов Л.Н.Курчатова М.Я.Кузнецова
80	Исследование накопления перекиси водорода в растворах америция-241 и кинетики восстановления америция (V) перекисью водорода	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1232.-19 л.	А.А.Зайцев В.Н.Косяков А.Г.Рыков Ю.П.Соболев В.Ф.Зарудский

1	2	3	4
1959			
81	Измерение бета-активных препаратов с активностью $5-10^{-13}$ Кюри	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1298.-19 л.	С.А.Баранов Р.М.Полевой В.А.Пчелин А.В.Кирич
82	Исследование оксалата америция (III)	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1299.-31 л.	Г.Н.Яковлев И.А.Лебедев С.В.Пирожков В.М.Разбитной
83	Изучение комплексообразования трехвалентных америция и кюрия с некоторыми анионами методом ионного обмена	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1300.-33 л.	Г.Н.Яковлев И.А.Лебедев С.В.Пирожков
84	Исследование комплексообразования америция и кюрия с α -оксизомаляновой кислотой	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1461.-33 л.	Г.Н.Яковлев В.Б.Дедов М.Н.Рыжов П.С.Трухляев
85	Ядра отдачи при расщеплении серебра быстрыми протонами	ЖЭТФ.1959.Т.37. Вып.2(8).С.366-373.	Н.И.Борисова М.Я.Кузнецова Л.Н.Курчатова В.Н.Мехедов Л.В.Чистяков
1960			
86	Изучение комплексообразования трехвалентных америция и кюрия с роданид- и лактат-ионами методом ионного обмена	Архив РНЦ КИ.Ф.1. Оп. 1-нд.Ед.хр.1462.-21 л.	Г.Н.Яковлев И.А.Лебедев Э.Г.Чудинов
87	Исследование содержания радиоактивного стронция в атмосфере, почве, продуктах питания и костях человека	Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия. М. Атомиздат.1959. С.66-81.	П.М.Чулков Н.И.Борисова В.И.Новгородцева В.А.Пчелин В.М.Шубко
88	Исследование комплексообразования в системе церий (IV) – азотная кислота потенциометрическим и спектрофотометрическим методами	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1-нд.Ед.хр.1463.-22 л.	Г.Н.Яковлев В.Н.Косяков А.Г.Рыков Ю.П.Соболев

1	2	3	4
89	Получение концентрированных препаратов Cl^{36} и Br^{82} методом ядер отдачи при облучении в нейтронных полях высокой плотности	Препринт. ИАЭ. 1960. № Т-08371. – 17 л.	Л.Н. Курчатова
1961			
90	Комплексообразование трехвалентных америция, кюрия и церия в роданидных растворах	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1 – нд. Ед. хр. 1630. – 17 л.	Г.Н. Яковлев И.А. Лебедев
91	Использование эффектов отдачи в ультрапористой системе для обогащения галоидов радиоактивными изотопами	Экспрессинформация. ИАЭ. 1961. №3.	Л.Н. Курчатова
92	Игорь Васильевич Курчатов (биографический очерк)	УФН. 1961. Апрель. Т. 73. Вып. 4. С. 593–601.	
1962			
93	Длиннопробежные альфа-частицы при тройном делении Am^{241} и Am^{242} тепловыми дейтронами	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1 нд. Ед. хр. 18 67. – 37 л.	Г.И. Хлебников
94	Получение концентрированных препаратов Cl^{36} и Br^{82} методом ядер отдачи при облучении в нейтронных полях высокой плотности	Reprinted from Radioisotopes in the physical Sciences and industry, МАГАТЭ. "International Atomic Energy". Vienna. 1962. – 6с.	Л.Н. Курчатова
95	Радиоактивный вольфрам в атмосфере	Атомная энергия. 1962. Т. 13. Вып. 6. С. 576–580.	В.Н. Лавренчик В.М. Шубко
96	Радиохимическое исследование деления Am^{241} нейтронами различных энергий	Физика деления атомных ядер. М. Госатомиздат. 1962. С. 48–53.	М.И. Борисова В.И. Новгородцева В.А. Пчелин Л.В. Чистяков В.М. Шубко
1963			
97	Исследование хроматографического метода извлечения калифорния на примере переработок различных партий облученных материалов	Архив РНЦ КИ. Ф. 1. Оп. 1 – нд. Ед. хр. 2001. – 11 л.	В.И. Новгородцева Л.В. Чистяков

1	2	3	4
98	Библиография трудов академика И.В.Курчатова под редакцией д-ра хим.наук Б.В.Курчатова	Атомная энергия.1963.Т.14. С.128–133.	И.С.Жирякова
1965			
99	Исследование реакции (α, α) на изотопах кадмия	Вестник Московского Университета.1965.№6.	Н.П.Руденко З.В.Пастухова
100	Исследование экстракционно-хроматографического метода извлечения калифорния на примере переработок различных партий облученных материалов	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп.1–нд.Ед.хр.2537.–135 л.	В.Б.Дедов П.С.Трухляев И.К.Швецов
1967			
101	Об одном случае искусственной радиоактивности, вызванной бомбардировкой нейтронами, без захвата нейтрона	Успехи физических наук.1967.Т.93. Вып.3.С.399–400.	И.В.Курчатов Л.В.Мысовский Л.И.Русинов
102	Ассиметрия фотоделения U^{238} вблизи порога	Архив РНЦ КИ. Ф.1.Оп.1–нд. Ед.хр.2701.–8 л. (Препринт ИАЭ.№1448.1967)	В.И.Новгородцева В.А.Пчелин В.М.Шубко
103	Отчет о работе группы ИАЭ в первом рейсе НИС "Академик Курчатов"	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп.1–нд.Ед.хр.2702.–26 л.	С.А.Баранов Р.М.Полевой
1968			
104	Радиохимическое исследование деления Th^{229} медленными нейтронами	Ядерная физика.1968.Т.8. Вып.4.С.695–703.	Н.И.Борисова Р.А.Зенкова Л.Н.Морозов В.И.Новгородцева В.А.Пчелин Л.В.Чистяков В.М.Шубко
105	Ассиметрия фотоделения U^{238} вблизи порога	Ядерная физика.1968.Т.7.Вып.3. С.521–541	В.И.Новгородцева В.А.Пчелин Г.Н.Смиринкин Ю.М.Цапенюк В.М.Шубко
106	Первый плутоний в СССР	Радиохимия.1968. Т.10.Вып.6.С.703–709	В.М.Вдовенко

1	2	3	4
107	"Капитан Бомбардель"	Советский физик.1968.№1 (5).Январь.	
1971			
108	Массовое распределение продуктов деления Cf^{249} медленными нейтронами	Ядерная физика. 1971.Т.14.Вып.5. С.943–949	Л.Н.Морозов В.И.Новгородцева В.А.Пчелин Л.В.Чистяков В.М.Шубко
1975			
109	Нехоженными путями	Техника молодежи. 1975.№17.С.16–18.	
1977			
110	И.В.Курчатов: персональный указатель литературы. Под редакцией д-ра хим.наук Б.В.Курчатова	М.Атомиздат.1977. С.5–16.	И.С.Жирякова
1981			
111	Игорь Васильевич Курчатов (биографический очерк)	Академик Игорь Васильевич Курчатов.М.Знание.1981. С.4–18.	
1988			
112	"Капитан Бомбардель"	Воспоминания об Игоре Васильевиче Курчатове.М.Наука. 1988.С.49–52.	
113	О стиле работы Игоря Курчатова	Воспоминания об Игоре Васильевиче Курчатове.М.Наука. 1988.С.16–18.	
114	Игорь Васильевич Курчатов (биографический очерк)	Воспоминания об Игоре Васильевиче Курчатове.М.Наука. 1988.С.7–25.	
1996			
115	Разгадка химической природы элемента №94	"Курчатовец".1996. №12–13 (948–949). Декабрь.	
2003			
116	Разгадка химической природы элемента №94	Радиохимия.2003.Т. 45.№5.С.479–480.	

Список опубликованных трудов Л.Н.Курчатовой (1949-1992 гг.)*

№ п/п	Название работы	Выходные данные	Соавторы
1	2	3	4
1949			
1	Исследование сорбционной очистки двуокисью марганца растворов урана и плутония от продуктов деления и разработка вариантов комбинации сорбционной очистки с ацетатной схемой	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1–нд.Ед.хр.164.–39 л.	И.С.Морозов Н.Ф.Правдюк Б.В.Курчатов Я.Б.Финкельштейн Р.А.Зенкова
1951			
2	Расщепление вольфрама дейтронами–280	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1–нд.Ед.хр.379–32 л.	В.Н.Мехедов Б.В.Курчатов М.Я.Лепехина
1953			
3	Определение выхода некоторых продуктов реакции олова–115 и олова 118 при облучении быстрыми нулевыми точками	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1–нд.Ед.хр.480–8 л.	А.А.Березин Н.И.Борисова Б.В.Курчатов В.И.Новгородцева Ю.В.Никольский Р.М.Полевой Л.В.Чистяков
4	Легкие изотопы йода и образование их и легких изотопов теллура во вторичных ядерных реакциях на олове	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1–нд.Ед.хр.485–25 л.	Б.В.Курчатов Л.В.Чистяков В.Н.Мехедов М.Я.Кузнецова

* Выявлены Р.В.Кузнецовой. В список не вошли рукописные отчеты (1948-1984), регламенты, инструкции, методики (1954-1983), находящиеся на архивном хранении, в т.ч.: научные отчеты – 56, регламенты и инструкции – 58. – Р.К.

1	2	3	4
5	Радиохимическое исследование расщепления серебра частицами высоких энергий	Архив РНЦ КИ.Ф.1.Оп. 1–нд.Ед.хр.710–98 л.	В.Н.Мехедов Н.И.Брорисова М.Я.Кузнецова Б.В.Курчатов Л.В.Чистяков
6	Исследование радиохимическими методами деления вольфрама дейтронами с энергией в 280 МэВ	Труды Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии 1–5 июля 1955 г. Засед. Отд. хим. наук. Изд. АН СССР. М.1955.С.120–131.	В.Н.Мехедов М.Я.Кузнецова Б.В.Курчатов
7	Радиохимическое исследование продуктов расщепления серебра частицами высоких энергий	Труды Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии 1–5 июля 1955 г. Засед. Отд. хим. наук. Изд. АН СССР. М.1955.С.178–204.	В.Н.Мехедов Н.И.Борисова М.Я.Кузнецова Б.В.Курчатов Л.В.Чистяков
1956			
8	Вторичные ядерные реакции при бомбардировке Bi, Pb и Sn быстрыми нейтронами	Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по физике частиц высоких энергий 14–22 мая 1956 г. Изд. АН СССР. М.1956.С.83.	В.Н.Мехедов Л.В.Чистяков М.Я.Кузнецова В.Г.Соловьев Б.В.Курчатов Н.И.Борисова В.А.Халкин
1957			
9	Метод радиохимического анализа почвы на Sr^{90}	Почвоведение. 1957.№4.С.28	П.М.Чулков Н.Н.Юзвук О.А.Вадковская
10	Содержание радиоактивного стронция-90 в почве и растительном покрове г.Москвы	Почвоведение. 1957. №4.–5 с.	П.М.Чулков Н.Н.Юзвук О.А.Вадковская

1	2	3	4
1958			
11	К вопросу о закономерностях фрагментации на сложных ядрах	Материалы совещания по применению радиохимических методов изучения ядерных реакций и β - γ -спектроскопии нейтронно-дефицитных ядер. Годовой отчет № 1(26).ОИЯИ. Дубна.1958.	В.Н.Мехедов Б.В.Курчатов М.Я.Кузнецова
1959			
12	Ядра отдачи при расщеплении серебра быстрыми протонами	ЖЭТФ.1959.Т.37.Вып. 2(8).С.366–373.	Н.И.Борисова М.Я.Кузнецова Б.В.Курчатов В.Н.Мехедов Л.В.Чистяков
1960			
13	Получение концентрированных препаратов Cl^{36} и Br^{82} методом ядер отдачи при облучении в нейтронных полях высокой плотности	Препринт.ИАЭ.1960. № Т-08371. – 17л.	Б.В.Курчатов
14	Получение сернистого железа и пирита, меченного радиоактивной серой	Методы получения и измерения радиоактивных препаратов. Атомиздат.1960.–10 с.	С.А.Грушин
15	Радиометрический анализ некоторых радиоактивных препаратов	Методы получения и измерения радиоактивных препаратов. Атомиздат.1960.–13 с.	Е.А.Тихомирова
1961			
16	Использование эффектов отдачи в ультрапористой системе для обогащения галондов радиоактивными изотопами	Экспрессинформация. ИАЭ.1961.№3.–2 с.	Б.В.Курчатов

1	2	3	4
1962			
17	Получение концентрированных препаратов Cl^{36} и Br^{82} методом ядер отдачи при облучении в нейтронных полях высокой плотности	Reprinted from Radioisotopes in the physical Sciences and industry. МАГАТЭ. "International Atomic Energy". Vienna. 1962. – 6 с.	Б.В.Курчатов
1965			
18	Эффективные сечения реакции $^{48}\text{Ca}(n,2n)^{47}\text{Ca}$ для нейтронов с энергией (14–15) МэВ и для нейтронов деления	Радиохимия.1965.Т.7. Вып.4.–4 с.	В.И.Левин
19	Оценки сечений ядерных реакций $^{45}\text{Ca}(n,\alpha)^{42}\text{K}$, $^{42}\text{Ca}(n,p)^{42}\text{K}$, $^{43}\text{Ca}(n,p)^{42}\text{K}$. (Получение калия–42 без носителя)	Радиохимия.1965.Т.7. Вып.3.–5 с.	В.И.Левин
1968			
20	Получение радиоизотопов остеотропных элементов	Тезисы докладов на Всесоюзной научно–технической конференции "XX лет производства и применения изотопов и источников ядерных излучений в народном хозяйстве СССР". Атомиздат.1968.–13 с.	В.И.Левин Н.Б.Михеев Л.С.Козырева А.Б.Малинин
21	Генераторы короткоживущих изотопов	– " –	В.И.Левин Н.Б.Михеев В.А.Соколов и др.

1	2	3	4
1969			
22	Выделение иттрия-88 из стронциевой мишени	Радиохимия.1969.Т.11. Вып.2.-5 с.	В.И.Левин А.Б.Малинин
23	Выделение иттрия-87 и иттрия-88 без носителя из мишеней и генератор стронция-87м	Радиоактивные препараты для медицины. Материалы Всесоюзной конференции 14-17 января 1969 г. в Москве. Сборник под редакцией В.В.Бочкарева. М.1969.-5 с.	В.И.Левин А.Б.Малинин
1970			
24	Выделение иттрия-88 без носителя из циркониевой мишени методом адсорбции на фторопласте	Радиохимия.1970.Т.12. Вып.3.-5 с.	В.И.Левин А.Б.Малинин
25	Образование ^{67}Cu и реакции $^{68}(\gamma, p)$ на тормозном пучке электронного ускорителя с энергией 25 МэВ	Радиохимия.1970.Т.12. Вып.5.-3 с.	А.Б.Малинин А.М.Литвицкий М. Абдукаюмов В.И.Левин
1972			
26	Получение иттрия-87 и приготовление генератора стронция-87м	Радиохимия.1972.Т.14. Вып.1.-5 с.	В.И.Левин А.Б.Малинин
27	Получение цезия-131 без носителя и оценка сечения реакции $^{131}\text{Cs}(n, \gamma)^{132}\text{Cs}$ на тепловых нейтронах	Радиохимия. 1972.Т.14.Вып.6. С.866-869.	А.Б.Малинин В.И.Левин
28	Образование скандия-46 при облучении кальция в высоких нейтронных потоках	Радиохимия. 1972.Т.14.Вып.3. С.447-450.	В.И.Левин А.Б.Малинин
29	О возможности получения цезия-132 без носителя	Радиохимия. 1972.Т.14.Вып.6. С.904-908.	А.Б.Малинин

1	2	3	4
1973			
30	Получение радиоизотопов остеотропных элементов	Производство изотопов. Всесоюзная конференция "XX лет производства и применения изотопов и источников ядерных излучений в народном хозяйстве СССР". Москва. Атомиздат. 1973.-7 с.	В.И.Левин А.Б.Михеев
1974			
31	Получение некоторых радиоактивных изотопов для медицины	Сборник докладов симпозиума по радиоактивным медицинским препаратам, применяемых в диагностике и терапии. Cerey (ВНР). 14-18 мая 1973 г. Будапешт. 1974.-15 с.	В.И.Левин А.Б.Малинин И.Н.Тронова Н.Ф.Тарасов М.Д.Козлова С.В.Серый В.Г.Хрущев
32	^{133m} Ba Production and a Study of its Application to Bone Scanning	Isotopenpraxis Jahrgang Heft 5/1974.182.-10 с.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.Ф.Тарасов Н.А.Басюра Н.В.Куренков Р.П.Арсентьева
1977			
33	Получение некоторых циклотронных радионуклидов для медицинского применения	Труды Международного симпозиума по радиофармацевтическим препаратам. Казимеш-Дольный. ПНР. Октябрь 1977.-27 с.	А.Ф.Гуськов М.Д.Козлова Т.И.Кондратьева Н.В.Куренков В.И.Левин и др.
34	Сравнительная и экспериментальная оценка радионуклидов, используемых для изучения состояния миокарда	Труды Международного симпозиума по радиофармацевтическим препаратам. Казимеш-Дольный. ПНР. Октябрь 1977.-30 с.	В.В.Седов В.И.Левин Н.И.Овдиенко В.А.Матвеев

1	2	3	4
35	Новые методы получения генераторов короткоживущих радионуклидов	Труды Международного симпозиума по радиофармацевтическим препаратам. Казимеш–Дольный. ПНР. Октябрь 1977.–30 с.	А.Ф.Гуськов М.Д.Козлова Л.С.Козырева Т.И.Кондратьева В.И.Левин и др.
1978			
36	Получение ^{43}K без носителя на реакторе	Радиохимия.1978. Т.20.Вып.5.С.776–780.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.В.Куренков Н.А.Басюра
1980			
37	Радионуклиды калий–43, цезий–131, тербий–155, тулий–167	Материалы совещания по получению и выделению радиоактивных изотопов. Ташкент.1980.–5 с.	А.Б.Малинин И.Н.Тронова
38	Сравнительная экспериментальная клиническая характеристика некоторых туморотропных радиофармацевтических препаратов и меченых соединений	Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума "Новые методы радионуклидной диагностики в клинике". Ташкент. 1980.181.–2 с.	М.Д.Козлова В.Н.Корсунский В.И.Левин А.Б.Малинин и др.
1981			
39	Получение ртути–197 без носителя	Радиохимия.1981. Т.23.Вып.3.С.446–452.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.А.Басюра Н.В.Куренков
40	Получение цезия–129 без носителя на циклотроне	Радиохимия.1981. Т.23.Вып.1.С.145–148.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.А.Басюра Н.В.Куренков
41	Остеотропные радиофармацевтические препараты – сравнительная клинко–экспериментальная оценка	Тезисы докладов XII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии по секции "Радиохимия". Сборник I. Баку. 1981.–1 с.	Н.П.Арсентьева М.Д.Козлова А.Б.Малинин В.И.Левин и др.

1	2	3	4
1982			
42	Изыскание и экспериментальная оценка радионуклидных препаратов для диагностики опухолей	Всесоюзный симпозиум "Радиоизотопная диагностика опухолей". Тезисы докладов. Ленинград.1982.-1 с.	В.В.Седов В.А.Сорокин В.И.Левин М.Д.Козлова и др.
43	Комплексоны в радиофармацевтике	II Всесоюзное совещание по химии комплексонов и комплексонатов металлов. 28.07.1982 г. Тезисы докладов.М.1982.-1 с.	М.А.Грачева Г.Е.Кодина М.Д.Козлова Н.В.Тарасов И.Н.Тронова
1983			
44	Радионуклиды калий-43, цезий-129, цезий-131, тербий-155, тулий-167	Получение и выделение радиоактивных изотопов. Академия наук Уз.ССР. Институт ядерной физики. Ташкент. Издательство "Фан" Уз.ССР.1983.С.72-78.	В.И.Левин А.Б.Малинин И.Н.Тронова
1984			
45	Генератор иттрия-90 высокой радионуклидной чистоты	Радиохимия.1984. Т.26.Вып.4.С.500-504.	А.Б.Малинин И.Н.Тронова Н.А.Басюра Н.П.Громова Е.А.Тихомирова Н.В.Куренков
1989			
46	Methods of producing radionuclides for spectrometric gamma-ray sources and their standardization.	Appl.Radiat.Isotop.40, №8(1989).707-710.	
1991-1992			
47	Production of Sr-82 and preparation of the Rb-82 generator.	Report of 4 Int. Workshop on targetry and target chemistry, Willigen, Switzerland. Sept., 9-12, 1991, PSI, 1992, p. 66-67.	

1	2	3	4
Авторские свидетельства			
48	Способ выделения иттрия-88 без носителя из циркониевой мишени	Авторское свидетельство на изобретение № 197771 с приоритетом от 16.05.1966.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.А.Басюра
49	Способ разделения иттрия и стронция	Авторское свидетельство на изобретение № 225343 с приоритетом от 16.05.1966.	В.И.Левин А.Б.Малинин
50	Способ получения препаратов хром-51	Авторское свидетельство на изобретение № 210125 с приоритетом от 20.02.1967.	В.И.Левин Н.Б.Михеев Н.А.Басюра
51	Способ растворения радиоактивных мишеней из щелочных металлов	Авторское свидетельство на изобретение № 293393 с приоритетом от 07.03.1969.	В.И.Левин А.Б.Малинин
52	Способ получения меди-64 и меди-67	Авторское свидетельство на изобретение № 172544 с приоритетом от 17.12.1971.	В.И.Левин А.Б.Малинин М.Абдукаюмов
53	Способ получения цезия-129 без носителя	Авторское свидетельство на изобретение № 496757 с приоритетом от 29.07.1974.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.А.Басюра Н.В.Куренков
54	Способ получения радиоизотопов ртути без носителя	Авторское свидетельство на изобретение № 527980 с приоритетом от 29.07.1974.	В.И.Левин А.Б.Малинин Н.А.Басюра Н.В.Куренков
55	Способ получения генератора иттрия-90 без носителя	Авторское свидетельство на изобретение № 753037 с приоритетом от 23.06.1978.	В.И.Левин А.Б.Малинин И.Н.Тронова и др.

НЕПОВТОРИМЫЕ ЧЕРТЫ ТАЛАНТА

Борис Васильевич Курчатов:
документы, воспоминания,
избранные научные труды

Автор-составитель
Научный редактор

к.и.н. Р.В.Кузнецова
В.А.Пчелин

Составление иллюстративной части
и археографическая подготовка документов Р.В.Кузнецова

Компьютерная подготовка иллюстраций
и фото музейных экспонатов
на цветной вкладке

Н.Н.Кузнецов

Корректор
Компьютерный набор
Компьютерная вёрстка

О.М.Малявина
А.А.Касаткина
Б.И.Оводов

Подписано в печать 24.06.2005 г. Формат 70x100/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 47. Тираж 1000 экз.
Заказ № 1288

Издательство по Атомной науке и технике ИздАТ
123182, Москва, ул. Живописная, д. 46: тел. 190 9270

Отпечатано в ППП «Типография «Наука» РАН»
121099, Москва, Г-49, Шубинский пер. 6



2. 1. 1944
 1. 1. 1944
 1. 1. 1944
 1. 1. 1944
 1. 1. 1944

и профессор Н. Ф. Погорельский

и предводителем работавших в нас комсомольцев
 Времена.

За истинный период работы ввиду
 чего около 10 человек работ по
 обработке твердого тела концентри-
 руются вокруг радиоблестей электро-
 проводности и электропроводности
 диалектов.

ввиду

Первая
 Вторая
 Третья
 Четвертая
 Пятая
 Шестая
 Седьмая
 Восьмая
 Девятая
 Десятая



*Неповторимые
черты таланта*



Борис Васильевич
КУРЧАТОВ

*Материалы к биографии,
письма, воспоминания,
избранные научные труды
(1905-1972)*