

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДАКЦИОННАЯ СЕРИЯ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»  
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ  
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР  
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Грисорьян, Б. М. Кедров,  
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,  
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,  
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,  
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),  
И. А. Федосеев (зам. председателя), Н. А. Фигуровский  
(зам. председателя), А. А. Чеканов, С. В. Шухардин,  
А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

**А. Н. Кривомазов**

**Фредерик  
СОДДИ**

1877—1956



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1978

Книга посвящена жизни, научной и общественной деятельности выдающегося английского радиохимика, лауреата Нобелевской премии Фредерика Содди (1877—1956). Обсуждаются его наиболее важные исследования в области физики и химии, легшие в основу учения о радиоактивности. Рассказывается о научно-популярных книгах и трудах, в которых Содди высказывает свои взгляды на роль науки и ученых в современном обществе, на возможность использования атомной энергии на благо человечества.

Ответственный редактор  
доктор химических наук  
Д. Н. ТРИФОНОВ

С 22 сентября 1956 г. имя и деяния Фредерика Содди принадлежат истории. Смерть замечательного английского радиохимика, лауреата Нобелевской премии и премии Канниццаро, иностранного члена Итальянской и Шведской академий наук, иностранного члена-корреспондента Академии наук СССР не могла пройти незамеченной. Во многих научных журналах и газетах появились некрологи и мемориальные статьи. Память ученого почтили его старинные коллеги.

Но в середине 50-х годов с именем Содди связывались лишь научные события, происшедшие в первые десятилетия XX в. Достоинством учебников уже давным-давно стали теория радиоактивного распада Резерфорда — Содди и работа его совместно с Вильямом Рамзаем, доказавшая еще в начале века образование гелия из радия. Затем был 1913 год — удивительный по своим последствиям для развития науки о веществе: в частности, в том году был окончательно сформулирован закон радиоактивных смещений (закон Содди — Фаянса) и выдвинута — в знаменитой статье Содди, напечатанной в *Nature* от 4 декабря, — концепция изотопии. И наконец, в 1918 г. имя Содди последний раз ярко сверкнуло на горизонте учения о радиоактивности — в связи с открытием 91-го элемента, протактиния. Ученый лишь едва перешагнул 40-летний рубеж, был в расцвете творческих сил, но, увы, больше мы не встречаем его ни среди экспериментаторов, изучающих бесконечно разнообразные следствия явления радиоактивности, ни среди теоретиков, отыскивающих и предсказывающих новые закономерности в довольно загадочном еще мире радиоэлементов. В центре внимания Фредерика Содди оказываются другие проблемы, сфера

его интересов простирается на экономические и математические науки.

Этот неясный момент биографии Содди не находит сразу более или менее удачного объяснения. Но ведь попыток найти такое объяснение практически тоже не было. Известно лишь одно подробное жизнеописание ученого, сделанное незадолго до его смерти Мюриэль Хауртс. Содержащее большой фактологический материал, оно по двум статьям не может считаться удовлетворительным. Во-первых, оно написано журналисткой, не искушенной в тонкостях учения о радиоактивности, во-вторых, оно во многом изложено со слов престарелого Фредерика Содди, воспоминания которого не всегда могут быть признаны объективными.

Главная задача, стоящая перед биографами Содди,— это оценка его действительного вклада в науку, и здесь очень важно учитывать не только существо дела, но и антураж.

Конечно, Резерфорд был старшим партнером в работах, заложивших основы теории радиоактивных превращений. Но вклад Содди едва ли был меньшим, и у него первого мелькнуло представление о трансмутации. История же поступила не слишком справедливо: все почести выпали на долю Эрнеста Резерфорда, который удостоен был за это открытие многих наград, в том числе Нобелевской премии. В совместной работе с Рамзаем носителем идеи выступает Содди; Рамзай же здесь прежде всего великий искусник в работе с исчезающе малыми количествами газов, хотя в публикации об этом исследовании на первом месте стоит имя прославленного открывателя аргона и его спутников. Наконец, закон радиоактивных смещений, носящий также имя Казимира Фаянса. Филигранность и четкость рассуждений польского радиохимика поражают. Но если Фаянс в радиохимии был лишь обаятельным и удачливым гостем, то Содди шел к закону уверенной поступью хозяина, заложившего фундамент этого открытия, много передумавшего и испытывавшего — и успехов, и разочарований — на пути к цели. Вершиной этого пути стала статья от 4 декабря 1913 г. — до предела сжатый сгусток мысли, своеобразный итог раздумьям нескольких лет начиная от четких представлений о химической неотделимости радиоэлементов — вершина, увенчанная Нобелевской премией спустя 9 лет.

Казалось бы, это стимул для новых творческих дерзаний, однако в 20-е годы мы видим другого Фредерика Содди, занимающегося проблемами, далекими от радиохимии.

В чем же причина этого?

Одна из них, может быть, в том, что к этому времени в области изучения естественной радиоактивности основное уже было сделано. Оставались лишь частности, которые предстояло доработать. Нужно было менять фронт исследований. Резерфорд нашел себя в проблеме искусственного расщепления элементов, Содди же столь глобальной новой области найти для себя не пытался.

Но, конечно, это не основная причина. Как можно судить по его собственным словам, адресованным Хауорту, основная причина отхода Содди от радиохимических исследований была другой. Его до глубины души потрясла нелепая гибель гения английской науки Генри Мозли, вместо продолжения исследований отправленного на фронт. «Я почувствовал,— говорил Содди,— что правительство и политики — или даже человек вообще — еще не способны использовать науку, которую они, очевидно, не понимают. Мой разум переключился с научных исследований в область поисков причин неудач науки осчастливить человечество, подарив ему мир и изобилие. Я погрузился в экономику...»

Предчувствие опасности того, что великие достижения науки, в том числе и учения о радиоактивности, могут быть использованы во зло человечеству, сквозит в этих словах. В этом плане особенный интерес представляет анализ отношения ученого к проблеме использования атомной энергии. Выясняется удивительное: еще в начале нашего столетия Содди с потрясающей прозорливостью предвидел неизбежность возникновения пресловутой атомной проблемы. И ему было далеко не безразлично: миру или войне будет служить беспощадная энергия атома.

В войнах, в военном использовании выдающихся достижений науки видел Содди зло, с которым надо бороться в зародыше.

Первым биографом Содди в Советском Союзе стал сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР канд. физ.-мат. наук А. Н. Кривомазов, внесший заметный вклад в изучение истории открытия и ис-

следований радиоэлементов. Собственно, назвать его книгу биографией в полном смысле слова нельзя: это именно «введение» в научную биографию выдающегося английского радиохимика, ибо автор не ставил цели как можно подробнее рассказать о жизни и творчестве своего героя. Дело в том, что в настоящее время огромное творческое наследие Содди еще почти не изучено историками науки; многие документы предстоит еще изучать и изучать.

Основной акцент сделан на детальном анализе роли Содди в подготовке и формулировке сначала правил, а затем закона радиоактивных смещений. Автору книги удалось очень четко выявить различные пружины этого сложного процесса кристаллизации истины и правильно оценить позиции Содди и его современников. Пожалуй, впервые в научной литературе дана сравнительная оценка вкладов Резерфорда и Содди в разработку теории радиоактивного распада, основанная на подробном рассмотрении оригинальных публикаций.

Читателю будет небезынтересно познакомиться с тем, как работы Фредерика Содди переводились и воспринимались в нашей стране и как относились к нему такие выдающиеся мыслители, как Максим Горький, В. И. Вернадский и Л. А. Чугаев.

И еще одну черту Содди, столь рельефно обрисованную в книге, хотелось бы отметить. В первые 10—15 лет XX в. радиоактивность и ее различные проявления были еще весьма сложной и запутанной областью исследования. И пионеры этого исследования нередко допускали ошибки. Множество то и дело открываемых радиоактивных веществ выглядело эдаким Саргассовым морем, угрожающим опутать водорослями и остановить корабль учения о радиоактивности. Как нигде, здесь нужен был дерзкий и умелый лопман.

Им оказался Фредерик Содди. Он сумел четко обозначить подводные препятствия на карте исследований. Его книга «Химия радиоэлементов» и ежегодные обзоры работ по радиоактивности (1904—1920) стали своего рода лоцией, и роль ее в становлении радиохимии отнюдь не меньше, чем роль классических монографий Марии Кюри и Эрнеста Резерфорда в общем развитии учения о радиоактивности. Многими своими книгами Содди зарекомендовал себя первым популяризатором этого учения. И здесь с ним некого поставить рядом.

*Д. Н. Трифонов*

2 сентября 1977 г. исполнилось сто лет со дня рождения Фредерика Содди, выдающегося английского радиохимика, лауреата Нобелевской премии по химии, присужденной ему в 1921 г., как сказано в дипломе, «за вклад в наше знание о химии радиоактивных веществ, а также за исследования происхождения и природы изотопов». Имя Фредерика Содди занимает одно из почетных мест в списке выдающихся ученых мира, таких, как А. Беккерель, П. и М. Кюри, Э. Резерфорд, Ю. Эльстер и Г. Гейтель, Ф. Гизель, С. Мейер и Э. Швейдлер, В. Рамзай, О. Ган, Б. Болтвуд, Л. Мейтнер, Г. Гейгер, Г. Н. Антонов, Г. Хевеши, К. Фаянс, чьи исследования заложили основы учения о радиоактивности.

В Англии столетний юбилей ученого был отмечен специальным заседанием, проведенным в рамках программы XV Международного конгресса по истории науки в Эдинбурге, на котором ученые разных стран прочитали доклады о жизни и деятельности Фредерика Содди (впоследствии эти доклады предполагается издать в виде отдельной книги).

В 70-х годах историками науки была проделана большая работа по изучению научного наследия Фредерика Содди. Так, в 1970 г. в США в серии «Классики науки» была издана книга «Радиохимия и открытие изотопов» [254], представляющая собой сборник оригинальных статей по радиохимии, опубликованных в 1898—1913 гг. Статьи прокомментированы известным американским историком физики профессором Альфредом Ромером. В предисловии он обрисовал роль Содди в разработке основ учения о радиоактивности.

В 1972 г. Т. Дж. Тренном в США была защищена докторская диссертация «Возникновение и ранняя разработка теории радиоактивного распада» [262], представляющая собой детальное изучение знаменитого сотрудничества Резерфорда и Содди (в США предполагается публикация сокращенного варианта этой диссертации под названием «Самопроизвольный распад атома: история сотрудничества Резерфорда и Содди»).

В январе 1974 г. в Оксфордском университете (Англия) под председательством Т. Дж. Тренна был проведен историко-научный семинар «Фредерик Содди: наука и социальная ответственность». В августе 1974 г. в Англии Королевская комиссия по регистрации исторических рукописей закончила описание архива Фредерика Содди, хранящегося в библиотеке Бодлея в Оксфорде, опубликовав обширный перечень соответствующих документов [255].

В марте 1975 г. автором настоящей книги в ИИЕТ АН СССР была защищена диссертация «История открытия закона радиоактивных смещений и изотопии радиоактивных элементов» [273], в которой подробно рассмотрен вклад Содди в разработку этих открытий.

В 1975 г. в Англии Т. Дж. Тренном были переизданы в виде исправленного и прокомментированного факсимильного издания знаменитые «Обзоры развития учения о радиоактивности», которые Содди ежегодно публиковал на протяжении 1904—1920 гг. [264].

В декабре 1976 г. А. Н. Вальцевым, А. Н. Кривомазовым и Д. Н. Трифоновым опубликована монография «Правило сдвига и явление изотопии» [267], освещающая вклад Содди в открытие явления изотопии радиоактивных элементов.

Все эти события отражают в известной степени возрождение — прежде всего в самой Англии — интереса к жизни и научному наследию Фредерика Содди, о котором в последние десятилетия говорили и писали сравнительно редко, но чье имя в начале нашего века было широко известно в научном мире благодаря его выдающимся теоретическим и экспериментальным исследованиям, а также чрезвычайно интересным научно-популярным публикациям.

Среди пионеров-радиохимиков слава Содди была особого рода. Первые исследования радиоактивных явлений,

выполненные им в соавторстве с Резерфордом и Рамзаем, привели к значительным открытиям и были сразу же высоко оценены современниками. Ныне можно с уверенностью сказать, что эти исследования сыграли определяющую роль в становлении научного авторитета Содди. Однако в дальнейшем, в своих самостоятельных оригинальных работах, Содди подтвердил и укрепил за собой репутацию одного из лучших радиохимиков мира.

Наибольшую известность Содди принесли его обобщающие теоретические работы о химии радиоэлементов, создавшие важные предпосылки для формулировки им закона радиоактивных смещений и введения в науку концепции изотопии радиоактивных элементов в 1913 г.

После первой мировой войны внимание Содди переключилось с исследования радиоактивных явлений на поиск эффективных экономических преобразований и реформ современного ему буржуазного общества. Вплоть до своей смерти в 1956 г. Содди выступал как активный борец за мир, призывая ученых осознать социальную ответственность за последствия своих открытий.

В России в 1903—1924 гг. наибольшее распространение (10 изданий) получили блестяще написанные научно-популярные книги Содди: «Радиоактивность», «Радий и его разгадка», «Материя и энергия». В 1913 г. в Петербурге под редакцией В. А. Бородавского была опубликована классическая обобщающая работа Содди «Химия радиоэлементов». В 1924 г. Содди был избран иностранным членом-корреспондентом АН СССР.

Из отечественных историков науки первым к освещению научного наследия Содди приступил академик Б. М. Кедров [359—361]. Ряд упоминаний о работах Содди читатель также может найти в монографиях Л. Л. Зайцевой и Н. А. Фигуровского [355], О. А. Старосельской-Никитиной [278, 378] и П. С. Кудрявцева [277, 363]. В течение последних лет сотрудниками проблемной группы «История учения о периодичности» (ИИЕТ АН СССР) подготовлен и опубликован ряд работ, в которых значительно детальнее и аргументированнее рассмотрены различные вклады Содди в учение о радиоактивности [267, 271—273, 279, 350а].

В Англии изданы пока две книги о жизни и деятельности Фредерика Содди. Обе они появились благодаря встрече в 1953 г. 76-летнего профессора в отставке Фре-

дерика Содди и журналистки Мюриэль Хауртс, которая до этого специализировалась в подготовке научно-популярных статей об атомной энергии, а после стала увлеченным биографом Содди.

Первая из этих книг — «Атомная трансмутация: величайшее из когда-либо сделанных открытий по воспоминаниям профессора Фредерика Содди» [243] — представляет собой отредактированные, дополненные и проиллюстрированные Хауртс воспоминания Содди. Вторая, снабженная тремя подтитлами книга — «Пионерские исследования атома. Резерфорд и Содди в знаменитой главе науки. Жизнеописание Фредерика Содди» [244] — содержит много фактического материала о жизни выдающегося радиохимика, являясь в ряде случаев уникальным источником информации. К сожалению, при анализе научных работ Содди Хауртс проявила тенденциозность и поверхностность, поэтому в настоящей книге используется лишь биографическая информация из монографии Хауртс.

Отметим еще одну особенность деятельности Хауртс как биографа Содди. Согласно его завещанию, в распоряжение Хауртс поступили все документы из архива Содди и она становилась наследницей всех авторских прав на опубликованные статьи и книги Содди. Завершив работу над книгой о жизни и деятельности Содди, Хауртс поместила архив ученого на хранение в старейшую библиотеку Оксфорда — библиотеку Бодлея. Однако оказалось, что значительная часть писем Содди, которыми располагала Хауртс, в библиотеку Бодлея передана не была, и о судьбе этих писем в настоящее время, после смерти Хауртс, ничего не известно. Трудно понять причины такого поведения первого биографа выдающегося радиохимика.

В результате счастливой случайности малая часть этих писем все-таки доступна для историков науки. И вот как это произошло.

В 1953—1954 гг. Содди, отвечая на вопросы Хауртс, прислал ей около 300 писем [244, с. 325]. В 1969 г. Хауртс дала возможность Т. Дж. Тренну ознакомиться с 53 письмами, который вернул их в срок, успев сделать ксерокопии 32 из них — полностью или частично — для диссертационных целей [255, с. 1]. Именно эти «исследовательские копии» и являются сейчас единственными

следами когда-то обширного эпистолярного наследия Фредерика Содди.

В архивах других крупных ученых XX в. письма Содди редки; наибольшее их число нам удалось обнаружить в архивах Эрнеста Резерфорда (библиотека Кембриджского университета, Кембридж, Англия) и Марии Кюри (Лаборатория Кюри, Париж, Франция). Отметим также еще одну особенность судьбы документов Содди: на фоне других архивов копии оригинальных документов труднее всего получить именно из центрального архива Содди в библиотеке Бодлея. Несколько лет переписки с архивариусами этой библиотеки дали лишь минимум научной информации. Невольно напрашивается мысль: интересно, что сказал бы Содди, узнав о судьбе своего архива?

В отечественной историко-научной литературе специальных работ, посвященных описанию жизни и научной деятельности Содди, опубликовано пока не было. Предлагаемая вниманию читателей книга представляет собой, по мысли автора, первую на русском языке попытку создания научной биографии знаменитого английского радиохимика. В книге использованы не только печатные источники, но и частично архивные материалы Содди, хранящиеся в центральных английских библиотеках в Кембридже и Оксфорде. К сожалению, значительная часть архивных документов, освещающих жизнь Содди и его математические и экономические работы, осталась автору недоступной. Поэтому основное внимание в данной книге было обращено на освещение вклада Содди в развитие учения о радиоактивности, в формулировку закона радиоактивных смещений и открытие изотопии радиоактивных элементов, которые представляют, по сути, главный вклад Содди в естествознание начала XX в.

Сбор и подготовка материалов для этой книги заняли у автора пять лет. За это время он получил ценную поддержку, микрофильмы и ксерокопии документов, фотографии приборов Содди и консультации от ряда лиц как в нашей стране, так и за рубежом. Автор выражает глубокую благодарность всем лицам, способствовавшим появлению этой книги, и прежде всего профессору Н. А. Фигуровскому (МГУ, Москва), З. К. Соколовской (ИИЕТ АН СССР, Москва), профессорам К. Фаянсу (Мичиганский ун-т, США), М. Н. Гайсинскому (Лаборатория Кюри, Париж), Дж. Чедвику (Кавендишская лаборато-

рия, Кембридж), доктору А. Кенту (химфак ун-та в Глазго), профессору Л. Бадашу (Калифорнийский ун-т, США), доктору М. Бордри (Лаборатория Кюри, Париж), профессору Е. Дж. Боуэну (Оксфорд), доктору М. Врублевской (Музей М. Склодовской-Кюри, Варшава), профессору М. Гоуинг (Центр современных научных архивов, Оксфорд), профессору И. В. Гурвицу (Лаборатория электрохимии ун-та в Марселе), профессору Э. Амальди (Ун-т им. Г. Маркони в Риме), профессору Ф. Р. Мэддисону (Музей истории науки, Оксфорд), мистру А. Е. Б. Оуэну (библиотека Кембриджского ун-та, Кембридж), доктору Л. Л. Пастернак-Слейтер (Оксфорд), Д. Р. Пламмеру (Чепель, Англия), мистру Д. С. Портеру (архив Содди при библиотеке Бодлея, Оксфорд), доктору Т. Дж. Тренну (Регенсбургский ун-т, ФРГ).

Автор благодарит сотрудников отдела хранения Государственной библиотеки им. В. И. Ленина за предоставленную ему возможность собирать материалы к библиографии трудов Содди непосредственно в хранилище библиотеки, что значительно ускорило и облегчило эту работу. При подготовке рукописи к печати с ней ознакомились и высказали автору ценные замечания Н. Г. Волков, С. А. Погодин, Ю. И. Соловьев, П. В. Боярский, Ю. И. Лисневский, П. Г. Чеботарев, В. Д. Берестов, Е. А. Благинина, В. А. Леванский, А. Ф. Лушин, А. М. Ревич, В. Г. Тихомиров, А. А. Штейнберг. Немаловажные улучшения внес в рукопись ответственный редактор Д. Н. Трифонов. Всем этим взыскательным и доброжелательным первым читателям данной книги автор также выражает глубокую благодарность.

## Детство и юность

Дети случая, мы рождаемся в необычайно сложном мире и познаем в нем простое лишь при помощи гораздо менее простых, но более очевидных для нас явлений.

Фредерик Содди

В пестрой политической картине Великобритании конца XIX — начала XX в. можно выделить несколько узловых моментов: конституционная монархия, объединяющая в Соединенное королевство Англию, Уэльс, Шотландию, Северную Ирландию; колониальная и торговая монополия и безраздельное морское господство; устойчивый процесс формирования колониального империализма; стремительный рост рабочего класса при постепенной утрате промышленной гегемонии. Колонии Великобритании были разбросаны во всех частях земного шара — недаром ее называли «страной незаходящего солнца» (в 1899 г. колониальные владения Великобритании составляли 30 млн. км<sup>2</sup> с населением 345 млн. человек). Колонии давали дешевое сырье и рабочую силу, являясь в то же время обширным рынком для английских товаров. Промышленная мощь Великобритании в определенной степени содействовала развитию науки и образования.

Великобритания — родина многих выдающихся ученых, чьи теоретические и экспериментальные исследования явились важным вкладом в развитие мировой науки. В университетах и частных лабораториях Великобритании творили Р. Бэкон, У. Гильберт, Ф. Бэкон, Р. Бойль, Р. Гук, У. Гарвей, И. Ньютон, Б. Тейлор, К. Маклорен, Дж. Блэк, В. Гершель, Г. Кавендиш, А. Смит, Дж. Пристли, Т. Юнг, Дж. Локк, Д. Резерфорд, Г. Дэви, М. Фарадей, Дж. К. Максвелл, Ч. Дарвин, Т. Гексли, Дж. Релей, Н. Локьер, В. Одлинг, В. Крукс и многие другие. Всемирную известность снискали старейшие английские университеты в Оксфорде и Кембридже. В то же время

многие выпускники английских университетов покидали Англию в надежде получить кафедру в каком-либо университете многочисленных английских колоний. Так и будущему ученому Фредерику Содди предстояло побывать в поисках кафедры в университетах Канады и Австралии. С британскими колониями была связана жизнь миссионера-кальвиниста Вильяма Содди — деда, торговал с колониями хлебом Бенжамин Содди — отец.

Любимый ученик Содди, сэр Александр Флек, писал о своем учителе: «Фредерик Содди был сложной личностью, и если мы хотим получить какое-либо представление о ее гранях, то считаю, мы должны уделить больше обычного описанию его ранней жизни» [237, с. 203]. Сходную мысль мы находим в одном из писем самого Содди: «...недостатки моего характера в большей степени обусловлены моим воспитанием, чем Оксфордом...» [244, с. 327]. Каковы же были условия, в которых прошло детство Содди и которые сформировали основные черты его характера: энергию, энтузиазм, несокрушимую веру в себя, всепоглощающую увлеченность любимым делом, бунтарский дух и готовность противопоставить себя своему окружению.

Юго-восточное побережье Англии, где раскинулось графство Суссекс, знаменитое в прошлом дубовыми лесами, а ныне своим молочным хозяйством, усеяно маленькими курортными городишками. В летний сезон основную массу отдыхающих составляет многомиллионный Лондон, благо дорога сюда поездом отнимает у лондонцев не более трех часов. Летом эти городишки кипят курортниками, зимой же пустеют, и лишь в тех, что покрупнее, остается видимость активной жизни. Отсутствие на побережье сколько-нибудь мощных залежей полезных ископаемых (мелкие месторождения железных руд пока не разрабатываются) и энергетических ресурсов, а также близкое положение таких портов-гигантов, как Лондон, Портсмут, Саутгемптон и Брайтон, сделали их «вечными» курортами, поставщиками рабочей силы и продуктов питания.

Истборн — крупнейший из юго-восточных курортов Англии. Его население занято главным образом обслуживанием курортников и работой на мелких коммерческих и промышленных предприятиях: стекольных, мыловаренных и др. В конце XIX в. к достопримечательностям

Истборна относились две старые действующие церкви, драматический театр, колледж для мальчиков и, конечно, излюбленное место вечерних прогулок истборнцев — трехкилометровая эспланада с прекрасным видом на море.

Именно из Истборна в 1798 г. двадцатилетний Вильям Содди, истово религиозный, как и все в его роду, отправился к далеким экзотическим островам Тонга-Табоо, лежащим между Меланезией и Полинезией, вблизи от островов Фиджи, чтобы вместе с другими 29 молодыми миссионерами из Лондонского миссионерского общества обратить местные туземные племена в христианство. В этой экспедиции на долю Вильяма выпало немало тягот и лишений, которые лишь усилили его набожность и резкую нетерпимость к инакомыслящим, поэтому, когда он вернулся в Истборн, никто примернее его не посещал церкви и не молился с таким жаром.

В этой церкви Вильям Содди крестил своих семерых сыновей, а когда в 1822 г. восьмой — Бенжамин родился болезненным и все утверждали, что обряд крещения грозит младенцу смертью, Вильям яростно настоял на немедленном крещении.

Бенжамин выздоровел, вырос, в противоположность отцу, послушным и тихим, но, как и отец, убежденным кальвинистом, женился, завел небольшое торговое дело, крестил в церкви дочь и трех сыновей, перенес смерть жены, женился во второй раз, и в той же церкви были крещены еще четыре его сына. Самого младшего из сыновей, родившегося 2 сентября 1877 г., назвали Фредериком.

Когда маленькому Фредерику минуло полтора года, умерла его мать. Смерть второй жены Бенжамин Содди перенес тяжело. В третий раз он не женился, но целиком ушел в работу, тем более что с коммерческой точки зрения его дела шли не блестяще в связи с длительным экономическим кризисом в Великобритании в 1870—1890 гг.

С уходом отца на биржу труда права и обязанности главы дома окончательно получила старшая сестра. Ей пришлось покупать продукты, готовить еду для себя и семерых братьев, кормить, шить, стирать, убирать в доме, разнимать воюющих братьев. Постоянно раздраженная и взвинченная, она осыпала каждого провинившегося градом желчных упреков, но если упреки были необоснованными, то в ссору вмешивался Фредерик и брал провинившегося под защиту. Разгорался словесный бой, во вре-

мя которого провинившийся неспешно уходил, уверенный в выигрыше своего малолетнего адвоката. Правда, за свои заслуги вместо благодарности адвокат получал лишние подзатыльники, но это не останавливало его. Фредерик очень рано стал осознавать свою самостоятельность и отчужденность от окружающей его грубой и глубоко религиозной среды. Он вырабатывал в себе иную точку зрения на мир, первоначально в своем бунте порвав лишь с религией, а позднее, в годы учебы, читая Плутарха, Светония, Шекспира, Байрона, Китса, Шелли, Локка, Гексли и Рёскина, Содди воспитал в себе «культ героев», сильных личностей, способных бросить вызов своему социальному окружению и активно противостоять ему. Характеризуя детские годы Содди, Рассел писал: «Идея, что истина является главной вещью в жизни, сделала его слишком серьезным, смотрящим на жизненные проблемы с излишней болью в глазах» [258, с. 1070]. В наибольшей степени подготовили разрыв Содди с семьей его постоянные ссоры со старшей сестрой, прозванной в доме «домашним дьяволом».

Позднее Ф. Содди так вспоминал об этом времени: «Моя мать умерла через 18 месяцев после моего рождения, и мой отец, будучи тогда сравнительно преклонного возраста, покинул дом через полнедели, уйдя на Лондонскую трудовую биржу. По религии он был кальвинистом, но по характеру — чрезвычайно уступчивым и миролюбивым человеком, и, с молчаливого согласия обеих партий, его как можно реже вводили в войны, которые так часто бушевали под его крышей в старом доме на Болтон-Роуд. Бремя воспитания четырех сыновей от второго брака пало на мою полуродную сестру, и, боюсь, — не много любви осталось между нами. Я, как самый младший, возможно, наиболее страдал от этого, будучи слишком молодым, чтобы ясно понимать то, что являлось ее законным правом, вытекающим из взятых ею обязательств этого непрошенного и, вероятно, мучительного для нее бремени. Однако, по-видимому, это влияло на меня очень неблагоприятно и делало меня чрезвычайно независимым и равнодушным по отношению к моей социальной среде» [244, с. 29].

Стараясь во время ссор сказать в запальчивости как можно больше слов, маленький Фредерик вскоре стал говорить очень неразборчиво, к чему добавился его при-

родный дефект в произношении. Чтобы избавить мальчика от «глассололии», его послали к местной учительнице, которая сравнительно быстро исправила его произношение. По-видимому, беседы с этой дамой явились для маленького Фредерика первой школой.

Второй его школой стали два священника, и «здесь он начал ценить ту насыщенную образовательную атмосферу своего окружения, которая оказала на него глубокое влияние. В более поздние времена он был известен как «эрудированный и культурный ученый» [244, с. 31].

Священники учили всему: истории, языкам, началам физики, математики, химии. Те немногие простые опыты, которые они ему показали, удивили Фредерика возможностью получать ответ на свои вопросы непосредственно у природы. Химические препараты и простейший инвентарь казались ему средством, позволяющим проникнуть в тайны природы, подсмотреть, из чего построен мир и какие явления в нем происходят.

Фредерик переоборудовал свою детскую (она досталась ему по наследству от старших братьев) в лабораторию и играл в химика: выполнял несложные эксперименты со взвешиванием, растворением, окислением и восстановлением доступных ему веществ. Он был то Дальтоном, открывающим закон кратных отношений, то Лавуазье, открывающим кислород и опровергающим теорию флогистона, то вдруг воображал себя алхимиком и смешивал все во всем, перед тем как просто выбросить, наблюдая, как растворы выделяют газы, шипели и меняли окраску, спрашивая себя — «чем это не трансмутация?» Свои опыты Фредерик часто сопровождал устными пояснениями, расхаживая по пустой комнате и волнуя воображаемую публику сенсационным сообщением.

Привлекало его и электричество. Одно время Фредерик по-детски страстно хотел стать инженером-электриком и с этой целью специально съездил с братом в Лондон послушать лекции Сильваниуса Томпсона об электрическом освещении. Старший брат Бен подметил сильное увлечение Фредерика научными вопросами и предложил отцу отдать мальчика в любую из местных школ, где он мог бы серьезнее познакомиться с математикой и другими естественнонаучными предметами.

В четырнадцать лет Фредерика Содди определили в Истборнский колледж для мальчиков.

## Учеба в различных колледжах

Я всегда был благодарен Хаджесу за то, что перед Оксфордом он послал меня в Аберистуит.

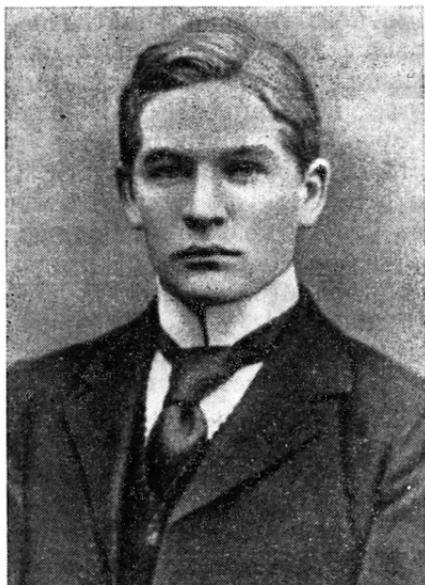
Фредерик Содди

С 1891 г. начинается восьмилетний период учебы Фредерика Содди в различных колледжах южной Англии: 1891—1894 гг.— в Истборнском колледже для мальчиков; 1894—1895 гг.— в Уэльском университетском колледже в Аберистуите; 1896—1898 гг.— в Мертон-колледже в Оксфорде; 1898—1900 гг.— стажировка в химической лаборатории Балиль-колледжа в Оксфорде.

За этот период перед его глазами прошло много замечательных педагогов, среди которых были крупные ученые в своей области. Знакомство и дружба с некоторыми из них привили Фредерику любовь к науке и уважение к труду преподавателя, помогли преодолеть некоторые дефекты домашнего воспитания, упрочив чувство самостоятельности и веры в себя.

Из педагогов Истборнского колледжа Фредерик навсегда запомнил математика Мэйзифилда, который выделял юного Содди из прочих учеников и оказывал ему особое внимание. Однако подлинным учителем в жизни для него стал Р. Е. Хаджес, преподаватель естествознания. О нем Содди позднее писал: «Я должен благодарить его всю жизнь не только за то, что он убедил моего отца разрешить мне дальше учиться с целью получения стипендии для последующей учебы в Оксфорде, но и за его глубочайшее влияние на всю мою дальнейшую карьеру...» [244, с. 31]. В колледже Хаджес прививал Содди вкус к самостоятельным и оригинальным исследованиям, к поиску ответов на еще не решенные научные проблемы, а не только повторению уже пройденных наукой путей. Вершиной этого содружества учителя и ученика явилась их совместная научная статья «О действии сухого аммиака на сухой углекислый газ», помещенная в химическом еженедельнике В. Крукса 22 марта 1894 г. [1], когда Фредерику было 16 лет.

Позднее Хаджес попытался определить своего любимого ученика в Мертон-колледж в Оксфорде, однако Фредерику тогда еще не исполнилось 17 лет, что противоречило правилам приема в старинный колледж Оксфорда,



*Фредерик Содди —  
выпускник Истборнского колледжа*

поэтому Хаджес посоветовал Бенжамину Содди послать сына в Уэльский университетский колледж в Аберистуите для лучшей подготовки к учебе в Оксфорде.

В Аберистуите Содди учился недолго, но на него оказала большое влияние «здоровая, яркая, наполненная до краев» жизнь студенческой общины. С большим уважением он относился к преподавателю физики и шахматному чемпиону колледжа Г. А. Скотту, который нередко сражался с лучшими игроками в сеансе одновременной игры вслепую и побеждал на большинстве досок. Позднее Г. А. Скотт был избран в члены Королевского общества. Запомнился ему и С. Х. Херфорд, специалист по английской литературе, который своей феноменальной эрудицией также способствовал развитию у Содди «культу героев», ставшего, по свидетельству знавших его в поздние годы, одной из устойчивых черт Содди. Подчеркнем: Фредерик в школьные и студенческие годы не только сознательно отвергал набор «жизненных ценностей»

своей малограмотной, глубоко религиозной семьи, но и стремился активно искать образцы для подражания — в книгах и жизни. В себе и других он ценил прежде всего честность, искренность, дружелюбие, энергию, трудолюбие и упорство в достижении цели, широкий кругозор, стремление постоянно учиться и учить других.

Необходимо отметить, что учеба в Аберистуите и достигнутые здесь успехи позволили Содди получить поощрительную стипендию Киллинга по разделу естествознания (25 фунтов стерлингов в год) для дальнейшей учебы в Оксфорде. Однако в 1895 г. Фредерик «срезался» на приемном экзамене у латиниста и поступил в Мертон-колледж лишь полгода спустя, в начале 1896 г.

В Оксфордском университете Содди встретил своего большого друга из Истборнского колледжа — Гарольда Карпентера, который делал быстрые успехи в изучении естественных наук и уже заканчивал курс обучения в Оксфорде несмотря на то что был моложе Содди на несколько лет.

Наставником Содди в Мертон-колледже стал доктор естествознания Джон Уотс, работавший там в качестве ассистента профессора В. Одлинга, химика-органика и видного теоретика-атомиста.

Большое участие в развитии кругозора Содди принял Дж. И. Марш, ранее кончивший с отличием Оксфордский университет и успевший уже съездить в Европу и поработать в Бонне под руководством А. Кекуле и в Париже под руководством Ш. Фриделя. Вернувшись в Оксфорд и получив должность демонстратора в химических лабораториях при профессоре В. Одлинге, Марш собрал вокруг себя наиболее талантливых студентов для изучения проблем органической химии.

Содди был не только одним из любимейших подопечных Марша — их связывала большая дружба. Оба они были младшими детьми в многодетных семьях, любили химию, имели обширные познания в английской литературе, но Марш, как отмечает Хауортс, повлиял на Содди в нескольких отношениях: он привил ему любовь к активному отдыху на лоне природы, манеру строго одеваться, а также «эпикурейскую» тягу к экзотическим блюдам и хорошим винам [244, с. 42]. Впоследствии Марш был принят в члены Лондонского Королевского общества. После его смерти Содди опубликовал в «Памятных запи-

сях» общества некролог, который начал словами: «Дж. И. Марш был младшим среди большой семьи мальчиков и девочек...»— и продолжил, характеризуя период своей учебы в Мертоне в 1896—1898 гг.: «Марш был тогда центром очень активной и оригинальной школы исследователей в органической химии. Он умер от сердечной недостаточности 13 апреля 1938 г. в возрасте 77 лет» [191, с. 549—550].

Два года учебы (1896—1898) и год работы (1899) в Оксфордском университете явились чрезвычайно важными для развития характера Содди, его мировоззрения, научной эрудиции, общей культуры. С юношеским максимализмом (и здесь сказался «культ героев») он поставил перед собой цель быстрее получения должности профессора химии в каком-либо университете, чтобы скорее оправдать затраты отца на свою учебу и обрести финансовую самостоятельность, и энергично принялся за подготовку к желанной должности. Он понимал: чтобы через несколько лет получить кафедру химии, нужно, не теряя времени, усиленно работать над собой: получить прочные и глубокие знания по теоретической и экспериментальной химии, написать несколько научных работ, приобрести опыт работы с учениками, иметь высокий уровень общей культуры, учиться ораторскому мастерству, заручиться поддержкой авторитетных химиков и т. д.

Сравнительно быстро Содди завоевывает репутацию трудолюбивого и чрезвычайно увлеченного учебой молодого человека. Его успехи в изучении химиинискали ему симпатии преподавателей и профессоров: сэра Вильяма Одлинга, лектора химии Вернона Харкора, Джона Уотса, Джоржа Бродрика, директора Мертон-колледжа в Оксфорде. Несколько раз в неделю он дает частные уроки ученикам и скоро приобретает известность одного из лучших репетиторов колледжа. Он много читает, работает над развитием устной и письменной речи, изучает стилистику, пишет стихи и поэмы, постепенно обретает высокую культуру письма: у него богатый словарь, образный язык, звучная гибкая фраза, зачастую сложно оформленная синтаксически. Он купил пишущую машинку и научился бегло печатать на ней (впоследствии этот навык пригодился ему при написании многочисленных статей и книг). Фредерик активно участвует в различных университетских конкурсах, делает доклады на заседа-

ниях студенческих научных обществ, пишет статьи для университетского студенческого журнала. Среди его работ той поры Хауртс выделяет статью «Соотношение между физическими свойствами соединения и типом сцепления составляющих его атомов», поэму «Отцы-пилигримы», статью «Новая теория ароматических соединений» [244, с. 36, 41]. В 1898 г. на общем собрании студентов и преподавателей Содди был выбран научным редактором химического раздела университетского журнала «Труды студенческого научного клуба Оксфордского университета» (Содди оставался членом этого клуба вплоть до своей смерти и хранил полный комплект изданий его «Трудов» [244, с. 42]). В мае 1898 г. в этих «Трудах» была опубликована его статья «Жизнь и труды Виктора Мейера», в которой Содди выступил интересным и вдумчивым биографом. Позднее профессор Одлинг отмечал эту оригинальную статью своего бывшего студента: «Он является исключительно способным и перспективным человеком. Вскоре после смерти профессора Виктора Мейера в Гейдельберге он написал ценный и очень талантливый отчет о различных вкладах, сделанных этим выдающимся педагогом» [244, с. 43].

С нашей точки зрения, попытки Мейера экспериментально подтвердить возможность разложения химических элементов при высоких температурах могли послужить основой для собственных размышлений Содди о возможности трансмутации элементов [362]. Мейер полагал, что все химические элементы образованы путем сгущения более простых тел и при высоких температурах возможно наблюдать «диссоциацию» атомов элементов. В своей речи «Задачи атомистики», прочитанной 18 сентября 1895 г., Мейер указывал, что система Менделеева свидетельствует о наличии определенной общности между всеми элементами, вследствие чего химики должны поставить «непреклонной, хотя, может быть, еще отдаленной целью научного исследования — разложение атомов» [368, с. 17]. Интересно, что Мейер так определил задачу своего поколения химиков: «Нам предписано найти дальнейшее разложение материи, и, вооруженные всеми познаниями века и пользуясь всеми средствами научного исследования, мы приступаем к поставленной нам задаче» [368, с. 1579].

В 1898 г. Содди блестяще выдержал выпускные экза-

мены. Из Лондонского Королевского колледжа в Оксфорд приехал в качестве внешнего экзаменатора первооткрыватель инертных газов Вильям Рамзай. Как и другие экзаменаторы, Рамзай очень высоко оценил знание Содди теоретической и экспериментальной химии. По другим предметам Содди также обнаружил превосходную подготовку, благодаря чему оказался единственным из выпускников Мертон-колледжа 1898 г., кто получил диплом с отличием и чье имя было высечено золотыми буквами на фронтальной стене учебного здания.

Ему хотелось сделать какую-либо серьезную экспериментальную работу в области органической химии, чтобы иметь возможность прибавить к начальному научному званию бакалавр искусств, полученному при окончании Мертон-колледжа, более высокую научную степень магистра искусств, а может быть, и доктора естествознания. Поэтому он воспользовался предложением химика Дж. Т. Нанса перейти в небольшую исследовательскую лабораторию соседнего Балиль-колледжа и проводить там совместные и самостоятельные эксперименты.

В этой лаборатории он проработал в течение учебного 1898/99 г., проводя изучение соединений камфоры, за что получил в 1899 г. степень магистра искусств. Одновременно он продолжал практику работы с учениками в качестве репетитора; изучал состояние современной химии и писал обзоры развития некоторых направлений: «Изомерия оксимов», «Миграция ионов», «Влияние бактерий на некоторые химические процессы»; подготовил несколько лекций, которые могли бы пригодиться в скором будущем. Он готовил себя к профессорской должности и запаса рекомандательными письмами у известных ему профессоров химии. Однако в Англии все кафедры были заняты и ему оставалось ждать случая и готовиться к нему.

В конце 1899 г. Содди случайно узнал, что в далекой Канаде в университете в Торонто освободилась кафедра химии. Ему очень хотелось занять вакантное место; для этого, считал Фредерик, у него есть и оксфордский диплом с отличием, и соответствующая подготовка, и столь важные рекомандательные письма. Недолго раздумывая, Содди послал в Торонто заявку со своей кандидатурой и, не дожидаясь ответа, отплыл в Канаду. Он был в определенной степени самонадеян, верил в свою счастливую

звезду и был несокрушимо уверен, что получит желаемую кафедру.

В стопке рекомендательных писем, которые он вез с собой в Торонто, были письма, подписанные Вильямом Рамзаем, Вильямом Одлингом, Верноном Харкором, Джоном Уотсом, Джоном Конроем и другими авторитетами неорганической и органической химии Оксфорда и Лондона. Авторы писем отмечали исключительную работоспособность Содди, его блестящую общехимическую подготовку, четкое логическое мышление, методичность и энергию в проведении исследовательских работ, а также приятные, притягательные манеры. Все выразили уверенность в блестящей научной карьере Содди, пророчили ему славу выдающегося педагога, чему способствовала его известность в качестве одного из лучших репетиторов Оксфордского университета. По-видимому, Содди впервые услышал одновременно столько лестных характеристик в свой адрес, и от честолюбивых надежд у него закружилась голова. Итак, он держал курс в Канаду.

### Жизнь в Канаде

Мы никогда не бываем более далеки от желаний наших, чем тогда, когда воображаем, что владем желаемым.

Иоганн Вольфганг Гёте

Путешествие в Канаду оказалось достаточно приятным: Фредерик встретил на корабле молодых попутчиков и в промежутках между полунаучными-полулитературными беседами был устроен запомнившийся всем шахматный матч между выпускниками Оксфордского и Кембриджского, с одной стороны, и Йельского и Гарвардского университетов — с другой. Победили тогда молодые американцы [244, с. 54].

Прибыв в Нью-Йорк, Содди поспешил купить билет на поезд в Торонто и несколько объемистых утренних газет. Каково же было его изумление, когда он прочел в отделе новостей отчет о прощальном ужине, устроенном по поводу отставки профессора химии университета в Торонто. Следовательно, кафедра была уже занята другим, более удачливым претендентом и билета в Торонто можно было не покупать!

Поборов сильнейшее разочарование, Содди все-таки поехал в Торонто и посетил университет и злополучную кафедру. После этого тягостного визита ему хотелось как можно скорее уехать назад, в Англию. Несколько успокоил его университетский профессор хирургии Ирвинг Камерон, шотландец по происхождению, который навещал Содди в торонтской гостинице, долго беседовал с ним о жизни и дальнейших планах и, в конце беседы, любезно пригласил Фредерика пожить с Камеронами в их доме до полного устройства личных дел. Как бы между прочим, Камерон уронил фразу, запомнившуюся Содди на всю жизнь: «В Торонто никогда не ценили подлинных рысаков: здесь Гексли не дали кафедру естественной истории, а его другу Тиндалю не дали кафедру физики!» [244, с. 55].

Содди окончательно решил покинуть Канаду, однако на прощание ему захотелось съездить в Монреаль, чтобы ознакомиться с важнейшей достопримечательностью канадской научной жизни — новыми прекрасно оснащенными лабораториями Макдональда в Мак-Гиллском университете. Мощную финансовую поддержку им оказывал сам табачный король Канады сэр Вильям Макдональд, в 1891 г. взявший, в частности, на полное свое обеспечение кафедру физики этого университета.

Когда в мае 1900 г. Содди прибыл в Монреаль и обратился за разрешением посетить лаборатории Мак-Гилла, упомянув в записке о своем «оксфордском происхождении», то сопровождать его вызвался старший профессор химии Харрингтон, седой канадец с величественными манерами. Харрингтон был очень сердечен и обходителен с Содди, осматриваемая химическая лаборатория столь прекрасно оборудована, научная библиотека университета столь полно укомплектована, что, когда Харрингтон вдруг предложил Содди занять место демонстратора на кафедре химии, Фредерик неожиданно согласился. Мысленно Харрингтон мог поздравить себя с победой: кафедра получила прекрасного специалиста-химика для выполнения любой рутинной работы за минимальную плату — 100 фунтов в год.

К выполнению своих обязанностей Содди приступил с огромной энергией и энтузиазмом. За короткий срок, безупречно выполняя основную работу, он подготовил и прочитал студентам факультативный курс лекций «Исто-

рия химии с древнейших времен», для чего ему пришлось перечитать и переработать заново такие известные монографии, как «История химии» Германа Копфа, «История химии» Эрнста фон Мейера, «Историческое введение» Г. Роско и «Трактат о химии» К. Шорлеммера, «История химических теорий начиная с Лавуазье и до наших дней» А. Вюрца, «Очерки» Т. Е. Торпа, «Возникновение и развитие органической химии» К. Шорлеммера. В разговорах с Хауортс Содди отмечал, что получал особое наслаждение, прослеживая в своем курсе истории химии постепенное усложнение и обогащение научного знания от одного открытия к другому [244, с. 56]. По-видимому, под влиянием идей Виктора Мейера, Содди уделил значительное место в своем курсе обсуждению возможности трансмутации химических элементов. Его статья тех лет «Алхимия и химия» кончалась знаменательным призывом к студентам (напоминающим призыв Виктора Мейера): «Студент, который проследил эволюцию химии начиная с ее ранних истоков и правильно обобщил предшествующую Лавуазье эпоху, видит, что существование атомного века неоспоримо. Строение материи является областью изучения химии, и фактически немного может быть узнано об этом строении, пока не будет осуществлена трансмутация элементов. Сегодня, как и всегда, это реальная цель химика» [244, с. 58].

Помимо прямых и добровольно принятых на себя обязанностей существовал еще досуг. Младший по званию среди сотрудников университета, Содди быстро приобрел известность благодаря своей дружбе со старшими по званию. Широкая начитанность, образная, живая речь, юношеская пылкость, обаятельная улыбка и восторженный блеск ярко-голубых глаз располагали к Содди молодых профессоров Мак-Гилла: декана факультета прикладных наук Г. Боуви, младшего профессора по курсу инженерии А. Дарли, профессора зоологии Е. М. Мак-Брайда, профессора литературы Ф. Картера, профессора химии В. Уолкера, профессора физики Дж. Кокса.

Боуви и его семья принимали Содди во время летних каникул в своем дачном поместье «Крошка Метис». Об этих встречах Содди вспоминал: «Я с пользой проводил там восхитительное время среди сердечного, начитанного, колоритного и высокоинтеллектуального люда — такая атмосфера всегда мне по душе» [244, с. 59].

Содди умел не только работать, но и отдыхать: то в вагоне ночного экспресса он мчится в Чикаго на очередную премьеру Патрик Кемпбел; то в альпийском снаряжении, обвязавшись одной веревкой, штурмует с Дарли почти отвесные склоны Святой Агаты в окрестностях Монреаля; то устраивает шахматный матч между профессорами и студентами Мак-Гилла; то пускается с компасом в руках во главе небольшой группки студентов в поход к Великим Озерам.

Двадцатидвухлетний оксфордский бакалавр, казалось, кипел энергией и никак не мог найти для нее более подходящего применения. После курса факультативных лекций по истории химии Фредерик подготовил факультативный курс лекций по газовому анализу с демонстрацией всех необходимых опытов; параллельно он сотрудничал с физиками Мак-Гилла по изучению действия света на хлор и получил высокую оценку коллег за свою работу.

К этому времени Содди познакомился с Эрнестом Резерфордом и принял его предложение сотрудничать при изучении химических свойств радиоактивной эманации тория. Последовавшая двухлетняя работа с Резерфордом и причины возвращения Содди в Англию еще будут подробно освещены в книге. Сейчас же мы лишь кратко отметим, что результатами совместной работы явились девять важных статей в ведущих научных журналах Англии, открытие нового радиоэлемента тория-Х, доказательство химической инертности эманации тория и эманации радия и, главное, разработка основ теорий радиоактивного распада.

## Работа в Лондоне

После прибытия в Ливерпуль я сразу направился прямо в Лондон, в Королевский колледж. Я был полон страстного желания скорее увидеть сэра Вильяма Рамзая.

Фредерик Содди

Начатая в 1901 г. в монреальской лаборатории Резерфорда работа по изучению химических свойств радиоактивных веществ была продолжена Содди в 1903 г. в лаборатории Рамзая при Лондонском Королевском колледже (см. с. 88).

Пока в лаборатории Рамзая велись приготовления к проведению решающих экспериментов с эманацией радия, Содди подготовил несколько статей [13, 15, 16], с которыми выступил на страницах периодических научно-популярных изданий, а также прочел несколько пробных популярных лекций о радиоактивности с показом интересных экспериментов. Он предпринял некоторые практические шаги в поисках вакантной кафедры химии, но уже без былой горячности и самоуверенности. На первых порах Фредерик был доволен предоставленной ему журналом «Nature» должностью штатного рецензента поступающих в журнал статей о радиоактивности.

В совместных исследованиях Рамзай и Содди первыми доказали образование гелия в процессе распада эманации радия. Это открытие явилось важным подтверждением правильности основ теории радиоактивного распада, разработанной Резерфордом и Содди во время их совместных исследований в 1901—1903 гг.

Позднее Резерфорд так охарактеризовал открытие Рамзая и Содди: «Открытие образования гелия из эманации радия имело большое значение, поскольку оно с поразительной очевидностью показало замечательную природу процессов, происходящих в ради, и было первым определенным свидетельством создания уже известного элемента в результате превращения радиоактивного вещества» [331, с. 556].

Результат Рамзая и Содди вскоре был подтвержден рядом других исследователей. Например, П. Кюри и Дж. Дьюар сообщали о своем эксперименте с 400 мг бромида радия (в опытах Рамзая и Содди использовались сначала 20 мг бромида радия, а затем еще 30 мг бромида радия, переданного им Резерфордом для подтверждения их открытия): соль была прокалена в кварцевой трубке, все выделившиеся при прокаливании газы откачаны, трубка запаяна и отложена для накопления в ней газообразных продуктов распада. Спустя 12 дней спектроскопист Деландр провел тщательное изучение спектра газов в трубке и обнаружил наиболее характерные спектральные линии гелия [294].

Возможно, это последнее блестящее достижение лаборатории Рамзая способствовало более быстрому присуждению ему Нобелевской премии по химии (ноябрь 1904 г.).

В октябре 1903 г. Содди начал читать большой цикл своих популярных лекций о радиоактивности для широкой аудитории. В письме Резерфорду от 12 октября 1903 г. (Архив Резерфорда в Кембридже 7653/S105) Содди отмечал, что его первая лекция состоится 13 октября 1903 г., после чего тексты лекций будут последовательно издаваться в выпусках еженедельника «Электричество», а после публикации в этом журнале издатели собираются выпустить их в виде отдельной книжки, рассчитанной на массового читателя. Поскольку Резерфорд в это время подготавливал первое издание своей обобщающей монографии «Радиоактивность» [332], то между Содди и Резерфордом состоялся письменный обмен мнениями о том, как поступить, чтобы их книги не составили друг другу ненужной конкуренции. Содди предоставил Резерфорду право первым выступить в печати со своей книгой. После публикации обеих этих книг в «Nature» от 14 июля 1904 г. появилась общая рецензия на три книги о радиоактивных явлениях, в которой чрезвычайно лестную оценку получила книга Резерфорда, весьма одобрительную — научно-популярная книга Содди и резко уничтожающий отзыв — книга «Радий», написанная двумя дилетантами [341].

Цикл научно-популярных лекций о радиоактивных явлениях привлек к Содди внимание многих авторитетных деятелей науки того времени. Его приглашали выступать с лекциями в различные общества и институты; ряд приглашений подобного рода он принял, но вскоре убедился, что они «съедают» большую часть его научного и свободного времени, после чего от них отказался. Впрочем, два приглашения оказались ему весьма полезны: ему предложили должность лектора по радиоактивности на кафедре неорганической и физической химии университета в Глазго (Шотландия) с годовым окладом в 400 фунтов, а также Центр популярных лекций и практических занятий для лиц, не являющихся студентами, предложил Содди поездку в Австралию для чтения лекций по радиоактивности в центральных австралийских университетах. Оба приглашения Содди принял.

Поездка в Австралию в 1904 г. стала для Содди хорошим отдыхом от лабораторной работы и лекционной деятельности. Долгое морское путешествие, ясная солнечная погода и чистый воздух укрепили его здоровье, а по прибытии в Австралию в свободные от лекций дни он с мест-

ными спортсменами-альпинистами совершал восхождения на заснеженные вершины гор, спускался с проводниками-инженерами в самые глубокие угольные шахты, предпринял несколько поездок в разные районы Южной Австралии.

Его лекционный тур начался в Аделаиде и должен был окончиться в Мельбурне, но Содди уговорили еще прочесть лекции в Норсмене, Йорке, Олбани и Банбери. Всюду его лекции проходили с огромным успехом, при переполненных аудиториях. За неделю гонорар Содди составил 50 гиней, или, в перерасчете на английские фунты, 52 фунта 10 шиллингов (в Монреале такую сумму он заработал бы только за полгода).

Он быстро завоевал популярность в Австралии; из встреч с профессорами австралийских университетов ему особенно запомнились беседы с профессором Вильямом Брэгом в Аделаиде (позднее ставшим Нобелевским лауреатом по физике). Брэгг с женой пригласили Содди к себе домой на ужин, за которым состоялся оживленный обмен научными новостями. Позднее Содди с Брэгом связывала долгая дружба.

Из Австралии Содди решил вернуться в Англию через Южный остров Новой Зеландии. Содди так объяснил Хауртс это решение: «Была середина зимы, и в горах выпал обильный свежий снег» [244, с. 138]. Понять смысл этого высказывания Содди помогает следующая характеристика, данная хорошо знавшей его Хауртс: «Содди никогда не был более счастливым, чем в те моменты, когда из последних сил продирался сквозь глубокий снег или ледяную корку на вершинах гор» [244, с. 113]. По-видимому, и здесь проявилась та черта характера Содди, которую Хауртс предложила называть «культ героев».

После Новой Зеландии у него оставалось мало времени на обратный путь, чтобы успеть к началу лекций в Глазговском университете. Фредерик завершил свое кругосветное путешествие через Тихий океан пароходным рейсом Новая Зеландия — Сан-Франциско, пересек США на экспрессе трансконтинентальной железной дороги и опять пароходом приплыл через Атлантический океан в Англию. Вся поездка уместилась в летние каникулы 1904 г.

Он первым делом посетил в Истборне сильно постаревшего отца, перед которым отчитался за последние де-

сять лет жизни и поблагодарил за длительную финансовую поддержку. Его вклад в Глазго в 400 фунтов в год совпадал с той цифрой, которую Хаджес называл Бенжамину Содди, советуя поддержать желание сына стать ученым. Рассказывая отцу о своих приключениях в Канаде и Австралии, а также о своих научных достижениях, Фредерик поразился реакции своего обычно тихого и мягкого отца: «Он слушал с пылкой восторженностью ребенка» [244, с. 142]. Это была последняя встреча отца и сына. Больше Содди не возвращался в Истборн, где его отец умер в 1911 г. в возрасте 89 лет.

### Период работы в Глазго

Я могу сказать совершенно определенно, что десятилетний период в Глазго с 1904 г. до вспышки первой мировой войны оцениваю как мой наиболее продуктивный период.

Фредерик Содди

Глазго — важнейший промышленный центр и порт Шотландии. Университет в Глазго — один из старейших в Великобритании; в шестерке ведущих британских университетов он занимает пятое место (Лондонский, Кембриджский, Оксфордский, Эдинбургский, Глазговский, Уэльский).

В начале 1900-х годов были расширены и реорганизованы многие лаборатории университета в Глазго [231]. У администрации университета появилась возможность привлечь новых профессоров и лекторов. Видный шотландский изобретатель, промышленник и организатор научных исследований Джорж Бейлби порекомендовал университету пригласить лектора, специализирующегося в области радиоактивности. По мнению Хауорте, внимание Бейлби на кандидатуру Содди обратил их общий друг Г. Карпентер [244, с. 132]. Содди принял приглашение.

Работа в Глазго началась в октябре 1904 г. [244, с. 160].

В Глазго Содди получил отдельную лабораторию, вынесенную за пределы химического факультета, возглавляемого профессором Фергуссоном. В этой лаборатории

обычно стажировались аспиранты, проводившие исследовательскую работу для получения научной степени. Таким образом, к Содди попали его ученики: фон Хирш, Ф. Панет, Т. Б. Мак-Кензи, Г. Хьюмен, А. Дж. Барри, А. С. Рассел, Дж. А. Крэнстон. Особое место среди них занимал А. Флек, пришедший к нему в лабораторию без обычной научной подготовки (до этого он был мальчиком на побегушках в лаборатории физического факультета). Содди оценил способности этого юноши, устроил его демонстратором на химический факультет и помог Флеку окончить университет, а в 1911 г. поручил проведение чрезвычайно ответственных экспериментальных исследований (главным образом, изучение химической неотделимости  $\beta$ -излучателей), которые Флек блестяще выполнил. Свидетельством признания последующей научной и научно-организационной карьеры Флека явилось избрание его в члены Лондонского Королевского общества; долгое время Флек занимал пост президента знаменитой фирмы Ай-Си-Ай («Империа-кемикал индастри»); ему было присвоено дворянское звание.

Период жизни в Глазго характерен для Содди широким фронтом научной и научно-популяризаторской деятельности. Здесь он читал студентам свой курс лекций о радиоактивных явлениях; написал блестящую научно-популярную книгу о радиоактивности — «Радий и его загадка» [70], выдержавшую много переизданий как в Англии, так и за рубежом; ежегодно выступал с высококомпетентным и интересным обзором прогресса в исследованиях радиоактивных явлений; выполнил большой объем экспериментальной работы по изучению генетических отношений между радиоэлементами начального участка уранового радиоактивного ряда; изучал  $\gamma$ -излучения урана, радия, тория и актиния и связь между  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучением; провел ряд исследований прохождения электричества и тепловой энергии через сильно разреженные газы. Однако наиболее значительным оказался вклад Содди и его школы в изучение химических свойств радиоэлементов при размещении их в периодической системе. Эта серия исследований привела его к формулировке закона радиоактивных смещений и концепции изотопии.

Научная деятельность Содди в этот период получила определенное признание в среде английской научной общности.

В 1906 г. он был избран президентом Общества Рентгена; в 1908 г. имя Содди впервые появляется в британском справочнике «Who's Who».

14 января 1909 г. на заседании Лондонского Королевского общества его президент, профессор Арчибалд Гики, зачитал собравшимся список кандидатов к приему в члены общества, среди которых был назван Фредерик Содди [323]. Однако Содди не собрал большинства голосов. Спустя год на заседании Королевского общества 13 января 1910 г. Содди вновь был назван в числе претендентов [324], а 3 марта 1910 г. президент Арчибалд Гики информировал общество об избрании Содди в члены Лондонского Королевского общества [325]. Фредерику Содди было тогда 32 года.

Получил Содди в этот период и определенное международное признание. Так, в 1913 г. он был награжден Итальянской Академией наук премией Станислао Канниццаро (10 тыс. лир) (этой премией ежегодно должен был награждаться лучший химик, независимо от страны, где он работал). Хауртс [244, с. 109] приводит ряд выдержек из писем Рамзая к Содди, которые ныне хранятся в архиве Содди при библиотеке Бодлея в Оксфорде. По этим цитатам можно убедиться, что В. Рамзай, этическим девизом которого было «твори добро», принял важное участие в этом присуждении. Например, 9 февраля 1913 г. Рамзай писал: «По причине, о которой сообщу Вам позднее, прошу прислать мне резюме всех Ваших опубликованных работ». 13 февраля он сообщил Содди о том, что входит в состав комиссии по присуждению премии Канниццаро, и о желании членов комиссии вручить премию 1913 года английскому химику (Англия была родиной жены Канниццаро, а также родиной Людвига Монда, пожертвовавшего сумму в 125 тыс. фунтов стерлингов для учреждения наградного фонда премии Канниццаро). В дальнейшем Рамзай продолжал информировать Содди: «Я выдвинул Вашу кандидатуру»; 1 марта 1913 г.: «Благодарю за документы, которые я уже отослал. Думаю, нет сомнения в том, что этот приз будет присужден Вам. Сообщу о новостях, как только они поступят. Я очень рад. Роль, которую Вы сыграли в развитии новой химии, чрезвычайно важна, и она должна быть вознаграждена обществом»; 17 апреля 1913 г.: «Приз должен быть присужден 1-го июня 1913 г. Я дам Вам знать

об этом»; 23 апреля 1913 г.: «Имею письмо от Патерно, в котором он сообщает о Вашем награждении»; 13 мая 1913 г.: «Новое письмо от Патерно: «Где же Содди?» Напишите, что Вы предполагаете прибыть во вторник 29-го мая или в среду 30 мая».

Прибыв в Рим, Содди получил премию Канниццаро из рук короля Италии. Вернувшись в Англию, он послал в Рим благодарственное письмо [244, с. 109—110].

Важнейшим событием в личной жизни Содди в этот период явилась его женитьба на дочери Джоржа Бейлби, Винифред Меллер Бейлби.

## Женитьба

Истинная жена является слугой в доме своего мужа и царицей в сердце его. Во всем лучшем, что он замышляет, главная доля принадлежит ей, самые возвышенные его надежды внушены ею. Его душу она должна освободить от мрака и наполнить светом; когда он колеблется на пути правды, она поддерживает его и придает ему энергию; от нее получает он лучшую свою награду и в ней находит истинное успокоение от всех тревожений и битв жизни.

Джон Рёскин

Глава о семейной жизни Содди была названа Хауртс «Идеальное супружество». И для такого названия у каждого биографа Содди есть веские причины. Все те, кто сравнительно близко были знакомы с семьей Содди, утверждали о поразительной гармонии в отношениях между супругами.

С Джоржем Бейлби, своим будущим тестем, Содди, по-видимому, познакомился в 1901 г. во время собрания Британской ассоциации. Инициатором знакомства был старый друг Содди по Мертон-колледжу, Гарольд Карпентер. В беседах с Хауртс Содди вспоминал, что во время одного из обедов той поры Карпентер сидел с дочерью Джоржа Бейлби, Винифред Меллер Бейлби, только что вернувшейся из парижской художественной школы.

Джорж Бейлби пользовался огромным влиянием в научном мире Англии в качестве одного из лидеров нового научного направления — металлографии (он был также известен как соавтор изобретения реторты Юнга—

Бейлби). В деловом мире Англии его знали как управляющего работами в Глазго фирмы «Кассель цианид компани».

После переезда Содди в Глазго в 1904 г. он стал часто бывать в доме Бейлби. Прошло лишь несколько лет с тех пор, как семья Бейлби переехала сюда из Эдинбурга (1900), но за эти годы в среде научной интеллигенции Глазго дом Бейлби успел прославиться своим гостеприимством и устойчивой склонностью хозяев обсуждать проблемы социальной жизни Великобритании. Сэр Джорж и леди Г. Н. Бейлби (внучатая племянница физика лорда Кельвина) устраивали большое количество приемов, на которых можно было встретить многих известных ученых, журналистов, промышленных деятелей. Во время общих бесед леди Бейлби — страстная сторонница женской эмансипации — неизменно поднимала вопрос о необходимости борьбы за избирательное право для женщин, за равноправие женщин в вопросах образования и т. д. Отметим, что под влиянием этих бесед свекор леди Бейлби, известный деятель медицины в Шотландии, разрешил допустить женщин к получению медицинского образования. С тех пор дом Бейлби часто навещали первые в Британии женщины-доктора. Конечно, в начале 1900-х годов наибольшим почетом в семье Бейлби пользовалось имя первой женщины-лауреата Нобелевской премии по физике 1903 г., выдающейся исследовательницы радиоактивности, первооткрывательницы полония и радия — Марии Склодовской-Кюри. Мария Кюри была подлинным кумиром в доме Бейлби.

Винифред Меллер Бейлби, единственный ребенок супругов Бейлби, родилась в 1886 г. О ее жизни до замужества можно узнать из письма ее свояченицы Хильды Бейлби к Хауорте (30 апреля 1957 г.): «...Она никогда не посещала школу, ибо родители всегда нанимали для нее гувернанток. Свободное время она любила проводить на открытом воздухе и обожала каток. Мы часто прогуливались вместе, и она нередко смеялась, вспоминая незваные женские стаи, слетавшиеся в дом «для еды»; приветливо улыбающаяся леди Бейлби, казалось, сама порождает этих гостей.

Вскоре Винифред увлеклась искусством, и, когда ей исполнилось 17 лет, ее послали в Париж учиться; после замужества она продолжала работать над полотнами в ху-



*Винифред Меллер Бейлби в художественной студии.  
Глазго*

дожественной студии в Глазго. Она также помогала своей матери в ее борьбе за избирательное право для женщин, но без особого пыла. Содди защищал ее в этом. Когда ей исполнился 21 год, Винифред отказалась от больших компаний и предпочитала встречаться лишь с несколькими друзьями... Именно во избежание суеты она и попросила выбрать раннее утро для своего венчания. Известный богослов д-р Гантер прочел молитвы, и Винифред и ее муж предприняли восхождение в горы в честь медового месяца» [244, с. 169].

Свадьба состоялась 27 марта 1908 г. рано утром. Содди и его жена представляли очень гармоничную пару. Взаимная любовь и взаимные уступки сделали их союз очень прочным. Они прожили вместе 28 лет (детей у них не было). Винифред сумела сгладить многие жизненные удары для Содди, равно как и смягчила его характер.

Винифред всегда умела заинтересовать себя работой и увлечениями мужа. Вместе с ним она трудилась в лаборатории (причем, судя по многочисленным благодарным упоминаниям Содди в его статьях, она оказывала ему значительную помощь в проведении многих затяжных экспериментов по сбору данных о распаде радиоактивных

препаратов со временем), вместе они встречались с друзьями, вместе совершали ежегодные путешествия за рубеж, вместе ходили альпинистскими маршрутами в горы. По-видимому, в какой-то мере пример Марии Кюри сыграл свою роль при занятиях Винифред в лаборатории мужа. Одна статья Содди была написана им в соавторстве с Винифред Содди и учеником Александром Смитом Расселом [80]. Сам Содди отмечал: «Моя женитьба была моим величайшим достижением. Моя жена и я — мы великолепно работали вместе» [244, с. 274].

Упоминания о Марии Кюри в связи с семьей Бейлби будут неполными, если мы не отметим, что в 1912 г. сэр Джорж Бейлби оплатил стоимость радия, пожертвованного Марией Кюри Международному Комитету стандартов. По этому случаю Содди писал Марии Кюри 2 апреля 1912 г.: «Как только мне стало известно о нуждах Комитета в деньгах, доктор и госпожа Г. Т. Бейлби пожертвовали требуемую сумму в знак личного уважения к Вам и Вашей работе. Как Вы, вероятно, знаете, моя жена является дочерью доктора и госпожи Бейлби, поэтому мне было поручено выразить Вам их пожелание. Я был бы рад, если бы Вы дали мне знать о Вашем желании по этому вопросу» (оригинал письма хранится в Архиве Марии Кюри при библиотеке Института радия в Париже).

Дар Бейлби был принят.

Рассел писал в своем некрологе о Содди в «Science»: «Большая часть его обычной серьезности и важности была смягчена, когда он женился. Она стала для него очаровательной женой. Она принадлежала к лучшему типу хозяек. Содди и его жена всегда чувствовали себя превосходно наедине. Какие бы социальные бури ни вызывали брань Содди по адресу отдельных людей или вещей, никогда и ничто не происходило внутри этой супружеской пары. Когда она умерла в 1936 г., Содди немедленно решил уйти в отставку и покинуть Оксфорд, так велика была для него эта потеря» [258, с. 1070].

Характеристику Рассела дополняет высказывание Флека: «Она оказывала огромное влияние на него, и он наслаждался ее общительностью и ее обществом. Когда он с женой путешествовал по Альпам, он обычно писал счастливые письма остальным членам ее семьи, ярко описывая ее смелость и окружающие пейзажи. Когда она

заболела, его мысли и забота о ней были неослабными и он принялся изобретать различные домашние приспособления, которые могли бы сделать вещи легче для нее. Ее неожиданная смерть в 1936 г. от закупорки сосудов была страшным потрясением для него» [237, с. 212].

### Профессор Абердинского и Оксфордского университетов

**В поздние годы... Содди все большее внимание уделял экономическим проблемам и больше не совершил значительных открытий в химии. В этом изменении наиболее повинны уроки первой мировой войны.**

**Александр Смит Рассел**

Летом 1914 г. исполнилась давняя «престижная» мечта Содди — он стал профессором. Но то обстоятельство, что кафедру химии он получил поздно (спустя 15 лет после своей первой попытки), привело к частичному обесцениванию Содди «официального» профессорского звания. Оно стало для него скорее символом конъюнктуры и карьеры, нежели наиболее весомым признаком общественного признания, отражающим высокую научную значимость носителя этого звания. «Называть меня „профессором“ могли гораздо раньше», — вскользь отметил Содди в беседе с Хауртс [244, с. 274].

Возможно, чувство горечи было вызвано также и тем обстоятельством, что для того, чтобы получить освободившуюся кафедру, Содди снова пришлось обращаться к ряду коллег с просьбой написать для него соответствующие рекомендательные письма. После всего объема работ, выполненных им на переднем крае учения о радиоактивности, это было отчасти унижительным. Содди это остро чувствовал, но тем не менее подобные запросы разослал.

Откликнувшийся Резерфорд писал Содди 15 июня 1914 г.: «Мне кажется скорее нелепым, что человек Вашего положения должен вообще обращаться с просьбой прислать рекомендательные письма, но я полагаю, что здесь Вы должны уступить традиции» [244, с. 191].

Рекомендательные письма прислали Э. Резерфорд, директор физических лабораторий Манчестерского университета; сэр Дональд Макалистер, вице-канцлер университета в Глазго; Мария Кюри, профессор факультета есте-

ствознания Парижского университета; Генри Э. Армстронг, президент Химического общества Великобритании; доктор В. Дж. Грегори, член Королевского общества, профессор геологии университета в Глазго; сэр Вильям А. Тильден, профессор химии Королевского колледжа в Лондоне; сэр Вильям Рамзай [255, с. 9, № 14].

В Абердинском университете Содди стал читать лекции по общей химии для первых курсов всех факультетов; с научно-популярными и публицистическими лекциями в эту пору он выступал и вне стен университета — на собраниях различных обществ и рабочих партий [114, 115, 117, 120, 126, 128, 132]. Большая часть этих лекций была затем собрана воедино в его книге «Наука и жизнь» [136], которую Содди посвятил студентам Абердинского университета.

Научный вклад Содди во время работы в Абердине был незначительным (сравнительно с его достижением в Глазго). Здесь можно отметить участие Содди в обсуждении на Британской ассоциации 1915 г. вопросов строения атомов, а также популяризацию его концепции изотопии, цикл завершающих исследований Содди по доказательству изотопии свинца ториевого происхождения [112, 113], написание второй части книги «Химия радиоэлементов» и переработку первой — для повторного издания [110]; вместе с Дж. А. Крэнстоном (приехавшим вместе с Содди из Глазго в Абердин) он продолжил работу по поиску родительского радиоэлемента для актиния, и в конце 1917 г. ими было получено качественное доказательство [275] существования нового радиоэлемента [124], который был назван протактинием О. Ганом и Л. Мейтнер, работавшими над этой проблемой независимо от Содди и Крэнстона и получившими гораздо более четкие результаты [275].

Причиной резкого спада интереса Содди к научной деятельности явилась его все возрастающая тяга к социальной проблематике: к вопросам войны и мира и социальной ответственности ученых за последствия своей работы, к поискам решений экономических проблем буржуазного мира, выражающихся «в справедливом распределении богатств, созданных трудом и мыслью человека» [136, с. 7].

В определенной степени эти настроения Содди были подготовлены предыдущим чтением трудов Гексли и

Рёскина (огромные цитаты из последнего позднее будут включены в книги Содди по экономике). Но главным стимулом, направившим мысль Содди в 1914 г. на поиски решений наиболее актуальных социальных проблем, явилась первая мировая война. И здесь Содди нашел своего союзника в лице выдающегося английского писателя-фантаста Герберта Джоржа Уэллса (1866—1946).

К моменту их знакомства в 1914 г. Уэллс был уже признанным английским романистом — им были написаны такие сразу ставшие популярными романы, как «Машина времени» (1895), «Остров доктора Моро» (1896), «Человек-невидимка» (1897), «Война миров» (1898), «Кипс» (1905), «Современная утопия» (1905), «Тонго-Бенге» (1909), «Новый Маккиавелли» (1910), «Война в воздухе» (1908), «Освобожденный мир» (1914). В двух последних романах Уэллс показал страшные разрушительные возможности, которые наука дает в руки милитаристам (отравляющие газы, ракетное оружие, атомные бомбы<sup>1</sup> и т. п.) и предсказывал [286], что надвигающаяся война охватит все страны и разрушит в них старый социальный строй, а разбуженные ею массы стихийно создадут новые, более справедливые общественные порядки. Характерно также, что в романах Уэллса частыми героями являются ученые, но романист писал в них «не столько о науке, сколько о ее возможностях и тех силах, которые мешают ей служить людям» [357, с. 526].

Уэллс также был заочно знаком с Содди по научно-популярным книгам «Радиоактивность» [29], «Разгадка радия» [70] и «Материя и энергия» [94]. Наибольшее впечатление на Уэллса произвела «Разгадка радия». Этот восторг перед научной пронизательностью Содди отразился в посвящении последней книги Уэллса «Освобож-

---

<sup>1</sup> В своем библиографическом очерке об Уэллсе К. Янг приводит следующую цитату из книги Мак-Кензи: «Лео Сцилард, один из ученых, чья работа привела к созданию бомбы, сброшенной на Хиросиму, сказал, что, когда он впервые осознал идею цепной реакции в 1934 г., его ум находился под сильным влиянием книги «Освобожденный мир», которую он прочел годом раньше» (342, с. 10). (Речь идет о ядерной реакции  ${}^9_2\text{Be}(n, 2n){}^8_2\text{Be} \rightarrow 2\text{}^4_2\text{He}$ , в которой на один поглощенный нейтрон приходится два вылетающих, и, по Сциларду, можно было предположить, что реакция приобретает цепной характер. Однако указанный процесс оказался практически нереальным.— *Примеч. отв. ред.*)

денный мир» (выдержавшей в мае 1914 г. два издания): «Книге Фредерика Содди «Разгадка радия» с благодарностью посвящается эта история, которая обязана своим появлением ее одиннадцатой главе» [339]. Несмотря на то, что личные встречи Уэллса и Содди на протяжении 1910—1920-х годов были немногочисленными, оба они оказали заметное влияние на взгляды друг друга.

Не удивительно поэтому, что Содди в своем вступительном обращении, прочитанном 16 октября 1914 г. студентам Абердинского университета, упомянул о романе Уэллса «Освобожденный мир», в котором содержался призыв контролировать силы природы, становящиеся доступными человечеству в результате научной деятельности [244, с. 194]. Ранее, в феврале 1914 г., в статье «Наука и жизнь» Содди писал о том, что наука является величайшим инструментом благосостояния, показывая «резкий контраст между мизерностью человека и величием его работы» [244, с. 195].

Но эти выступления были только началом последовавшей длительной работы Содди по поиску решения экономического парадокса: мир становится богаче в результате реализации научных и технических достижений, а социальные низы по-прежнему влачат свою жизнь в нищете, хотя их трудом добыты основные мировые богатства.

Первоначально Содди полагал, что большая часть социальных несправедливостей связана с правонарушениями банков и крупного капитала вообще [160, 165]. В своих публичных выступлениях он указывал на негуманный характер развития буржуазной политической экономии и зарождающейся науки управления, которые стали служить не обществу в целом, а лишь в качестве вспомогательного средства обогащения хозяев мира: «Сегодня начинает последовательно разрабатываться новый вид науки — науки управления, науки не для человечества, а для его хозяев и не для общества в целом, а лишь для большого бизнеса» [321, с. 187].

Содди-публициста характеризовало не только стремление обсуждать «горячие» проблемы социальной жизни, но и редкое умение видеть отдаленные последствия событий, которым его современники не придавали никакого значения. Очень часто он восставал против грабительских обычаев большого бизнеса, защищая интересы широких



*Содди, 1915 г.*

слоев трудящихся. Убежденный в своей правоте, исходя из принципа честного и искреннего высказывания, он стремился в наиболее острой форме обнажать социальные язвы, едко высмеивая противников, предлагая свои бескомпромиссные решения. Яркие, логичные, эрудированные выступления Содди способствовали появлению у него как почитателей, так и недоброжелателей среди деятелей науки, печати, большого бизнеса.

Весной 1915 г. он остался в лаборатории без Крэнстона — его забрали в армию. 10 августа 1915 г. в сражении английских и турецких войск при Галлиполи был убит младший лейтенант Генри Гвин Джеффри Мозли, один из самых многообещающих молодых физиков Англии. Его смерть потрясла Содди своей бессмысленностью.

«Когда Мозли убили при Галлиполи, меня охватило бешенство. Иногда я чувствовал, что что-то ломается в моем мозгу, — что-то, что разрывало настоящее и прошлое. Я почувствовал, — говорил Содди Хауртс, — что правительства и политики — или даже человек вообще — еще не способны использовать науку, которую они, оче-

видно, не понимают. Мой разум переключился с научных исследований в область поисков причин неудач науки осчастливить человечество, подарив ему мир и изобилие. Я погрузился в экономику. Я изучал и разрабатывал денежные реформы. Наука должна быть использована для конструктивных целей. Целью являлось богатство нации — и я отправился освещать пути» [244, с. 274—275].

В 1916 г. Содди был избран президентом научной ассоциации Абердинского университета и 3 ноября 1916 г. на собрании ассоциации обратился к собравшимся с президентским посланием, которое назвал «Будущее науки, и что загораживает пути» [118]. Главным тормозом Содди назвал войны. В том же году он откликнулся на смерть Мозли и Рамзая небольшим некрологом в конце своего обзора о радиоактивности [119, с. 272], а также поместил в «Nature» яркие воспоминания о Рамзае [116].

Значительный интерес представляли два его сообщения абердинской поры: «Эволюция материи» (1917) [121] и «Концепция химического элемента с позиций изучения радиоактивного распада» (1918) [126], в которых Содди дал развернутую картину быстрой смены представлений о строении материи в результате изучения радиоактивных явлений. Вместе с тем он продолжал разрабатывать и чисто химические проблемы [123—124].

Внешне период жизни Содди в Абердине выглядел очень респектабельно, его уважали и ценили коллеги, студенты окружали его имя в своих посланиях к нему эпитетами «проницательный», «бесстрашный» и т. д., во время его лекций аудитории всегда были переполнены. Но внутренне Содди начинал уставать от этого постоянного успеха, временами ему хотелось начать все заново, испытать чувство сопротивления своим идеям и начинаниям. Возможно, университет в Абердине стал казаться ему слишком оторванным от центральных научных сил Британии, и ему хотелось сменить обстановку. Понимал он и другое: все его социальные призывы в Абердине обречены на забвение, пусть даже под восторженный плеск аплодисментов.

По-видимому, этими причинами объясняется его новая серия «сбора рекомендательных писем». 8 января 1919 г.

он писал к Марии Кюри: «Дорогая мадам Кюри! Обращаюсь с просьбой позволить мне упомянуть Ваше имя как признак моей научной квалификации на запросе, который я собираюсь посылать по случаю вакансии кафедры химии в университете в Бирмингеме...» (оригинал письма хранится в Архиве Марии Кюри в Институте радия в Париже). 20 января 1919 г. Содди поблагодарил М. Кюри за новое рекомендательное письмо; 31 января он послал ей копию своего запроса в университет в Бирмингеме.

В июне 1919 г. Содди уже прочел студентам Абердинского университета свое прощальное послание «Идеалы общеобразовательной школы» [132] — неожиданно он получил только что организованную кафедру Ли (неорганическая и физическая химия) в Оксфордском университете.

В Оксфорде Содди было суждено испытать многие разочарования, но ничто, казалось, не предвещало их в первые годы его переезда в Оксфорд. В 1919 г. он был принят в Шведскую академию наук; в 1922 г. по рекомендации Э. Резерфорда и Дж. Дж. Томсона ему была присуждена Нобелевская премия по химии за 1921 г., в 1924 г. Содди был избран почетным иностранным членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Научная работа Содди в Оксфорде велась в нескольких направлениях: способы химической обработки радиоактивных минералов для выделения радиоэлементов; изучение актиниевого ряда и аномалии  $\alpha$ -излучения радиоактиния и актиния-Х (аномалии в отношении Гейгера — Наттола); завершение работы по изучению генезиса радия.

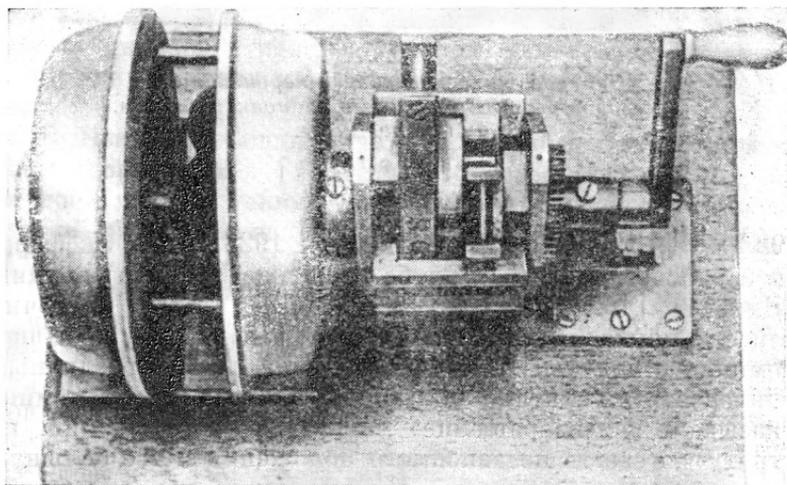
Наряду с научной деятельностью Содди выполнил в Оксфорде большой объем изобретательской работы, сконструировав несколько оригинальных механизмов, которые были запатентованы, но не получили дальнейшей практической разработки. Отметим, что Содди явился одним из предшественников Ванкеля, разработав двигатель внутреннего сгорания без коленчатого вала.

Однако наибольший размах получила деятельность Содди по реконструкции старых и неудобных помещений Оксфордского университета, в которых читались лекции по химии и проводились лабораторные работы. Содди сам делал все необходимые чертежи, говорил с рабочими,

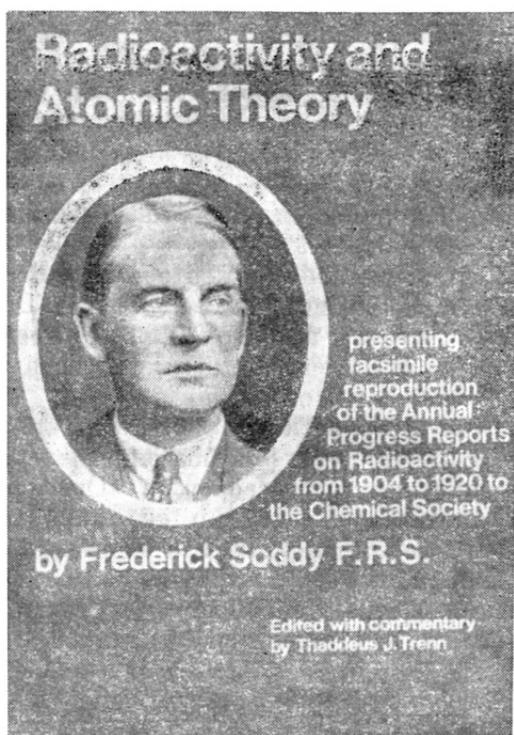
руководил реконструкцией. Не обошлось без стычек со снабженцами и администрацией университета. Новаторство в Оксфорде не поощрялось, там ценились традиции. Содди все чаще чувствовал себя изолированным среди оксфордских профессоров. Не нашел он контакта и с оксфордскими студентами, и последнее обстоятельство, как отмечает Флек, было для него чрезвычайно мучительным [239, с. 905].

Казалось, присуждение ему Нобелевской премии за 1921 г., которую Содди получил вместе с А. Эйнштейном, Н. Бором и Ф. Астоном в декабре 1922 г., несколько подняло его престиж и авторитет в среде оксфордцев (Содди был не только первым Нобелевским лауреатом в Оксфорде, но и первым Нобелевским лауреатом, родившимся непосредственно в Англии); он получил поздравления от группы оксфордских профессоров, в «Оксфордской хронике» был представлен отчет о его научных работах, написанный Расселом. Однако это перемирие оказалось весьма непрочным.

В это время Содди возвращается к своим работам по экономике: вслед за Нобелевской лекцией (12 декабря



*Разработанная Содди модель двигателя внутреннего сгорания без коленчатого вала. Экспонат Музея истории науки в Оксфорде*



*Суперобложка последнего переиздания  
«Обзоров развития учения о радиоактивности».  
Ф. Содди, 1975 г.*

1922 г.) [151] он читает 21 января 1923 г. для Оксфордской рабочей партии (в клубе колледжа Рёскина) лекцию «Деньги» [152], печатает в «Nature» статьи «Рабочий класс и наука в промышленности» [154], «Наука и экономика» [155—156]. Он совершает поездки по различным университетам Англии и всюду в лекциях по экономике указывает на «извращение» науки, на ее деградацию, на утрату ею своего независимого положения и все бóльшую подчиненность капиталу. Прочитанный им в течение 1923 г. в различных университетских центрах курс лекций был опубликован в виде книги «Извращение науки и схема научных преобразований» [158]. Свои экономич-

ческие воззрения Содди подытожил в книге «Богатство, подлинное богатство и долг: решение экономического парадокса» [160] и сжато изложил в книге «Деньги против человека: утверждение мировой проблемы с точки зрения новой экономики» [165].

Экономические идеи Содди не встречали горячей поддержки в Оксфорде, а тезис Содди о справедливом распределении результатов труда между всеми членами общества вызвал град насмешек и газетных пасквилей. Со временем изоляция Содди в Оксфорде росла, поэтому, вероятно, он был удивлен и обрадован, когда группа известных английских ученых — Д. Халл, Дж. Г. Краузер, Дж. Д. Бернал, В. Х. Моттрам, Э. Чарльз, П. А. Гоурер, П. М. С. Блекетт — обратились к нему в 1934 г. с просьбой написать предисловие к их сборнику «Крушение науки» [194], где обсуждались проблемы использования правительствами некоторых результатов науки в противоположных целях. В своем предисловии Содди вновь в очень острой форме напомнил о социальной ответственности ученых и университетов перед обществом. По-видимому, в этом предисловии отчасти отразились «оксфордские» настроения Содди.

В 1936 г. от тромбоза сосудов умерла жена Содди, его верный друг на протяжении последних 28 лет. Ее смерть явилась страшным ударом для Содди; он подал в отставку и уехал из Оксфорда в Брайтон, на юг Англии.

В Брайтоне Содди начинает разрабатывать ряд проблем теории чисел [179, 182—184, 186, 193—195], продолжая читать лекции в различных клубах и писать статьи об экономике [185, 189, 192, 196, 199, 200, 204—206, 214—216].

Вторая мировая война причинила Содди моральные муки — в августе 1945 г. упали атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки. Те возможности военного использования колоссальных запасов атомной энергии, о которых Содди предупреждал в своих научно-популярных книгах 1904 и 1909 гг. и во что никак не могли поверить М. Кюри и Э. Резерфорд, оказались реализованными, когда из пионеров-исследователей радиоактивности в живых остался лишь Содди [283—285, 293, 295, 301, 313, 327, 336, 338, 351]. Все его призывы к социальной ответственности тоже ни к чему не привели.

Содди в короткий срок, используя многочисленные черновые наброски прошлых лет, написал книгу о становлении современной ядерной физики — «История атомной энергии» [203], в заключительной главе которой высказал немало горьких упреков в адрес и политиков и ученых. Мир без войн, окончательное уничтожение войн, использование атомной энергии исключительно в интересах благосостояния всего общества — вот центральные темы этой главы.

В 1953 г. Содди познакомился с энергичной журналисткой Мюриэль Хауртс, много сделавшей для сохранения памяти о выдающемся английском радиохимике, умершем три года спустя, 22 сентября 1956 г., в возрасте 79 лет в Брайтоне, в 15 милях от городка, в котором он родился.

# Монреаль (1900—1903): сотрудничество с Резерфордом

---

## Предпосылки успеха

Содди было лишь 23 года, когда он приступил к сотрудничеству с Резерфордом, Резерфорду тогда еще не было 30. Оба работали вместе всего-навсего около двух лет, но их сотрудничество имело последствия, с которыми, возможно, никакое другое сотрудничество во всей истории науки не может даже надеяться соперничать.

Д ж о н Р о у л а н д

Встреча в 1900 г. Содди с Резерфордом и последовавшая почти двухлетняя совместная их работа по изучению химических свойств радиоактивных веществ, а также полученные ими фундаментальные научные результаты оказали решающее влияние на формирование Содди как исследователя. Отныне и до года присуждения ему Нобелевской премии по химии (1922) его главные научные интересы были связаны с дальнейшей разработкой экспериментальных и теоретических основ учения о радиоактивности; в этой работе он не раз занимал лидирующее положение. По-видимому, если бы не сотрудничество с Резерфордом, успехи Содди в этой новой научной области оказались бы гораздо скромнее (если бы он вообще занялся изучением радиоактивности). Пройденная в лаборатории Резерфорда школа работы с радиоактивными веществами позволила Содди накопить ценный опыт самостоятельных экспериментальных исследований в этой области и выявила у него способность к смелым (но при этом надежно обоснованным экспериментом) и широким научным обобщениям.

Чрезвычайно важным это сотрудничество оказалось и для Резерфорда. Сотрудничество с Содди позволило ему заложить основы теории радиоактивного распада, упрочить свой авторитет лидера среди исследователей радиоактивности и приступить к созданию собственной научной школы, ибо он обнаружил в себе талант руководителя и учителя в науке. Привлекая к исследовательской работе в своей лаборатории перспективную молодежь, Резерфорд в будущем мог значительно быстрее, эффективнее и более

широким фронтом изучать различные стороны явления естественной радиоактивности тория, урана и продуктов их распада.

Для того чтобы обоснованно судить о различных сторонах сотрудничества этих двух ученых, необходимо, по-видимому, рассматривать его на достаточно широком историческом и историко-научном фоне [271]. Так, нужно охарактеризовать общее состояние учения о радиоактивности в те годы; оценить личность Резерфорда, его экспериментальные работы и теоретические взгляды на природу радиоактивных явлений; проанализировать цикл совместных публикаций Резерфорда и Содди и условия их сотрудничества; познакомиться с реакцией научной общественности на совместные статьи Резерфорда и Содди, а также проследить последующие отношения этих ученых, больше никогда не работавших вместе. Бесспорно одно: огромная научная значимость разработанных Резерфордом и Содди основ теории радиоактивного распада еще не раз потребует дополнительных историко-научных реконструкций этого знаменитого сотрудничества, однако весьма вероятно, что перечисленные выше аспекты будут всегда представлять главный интерес для авторов этих исследований.

В чем заключается специфика развития учения о радиоактивности на рубеже XIX—XX вв.? Пионеры-исследователи явления радиоактивности в эти годы приступили к экспериментальному изучению принципиально нового явления. Ему были свойственны чрезвычайно низкая концентрация радиоактивных веществ и переменная интенсивность их излучений, препятствовавшие воспроизводимости результатов эксперимента, вследствие чего было трудно в одном исследовании получить надежные данные и можно было лишь приблизительно судить о характере изучаемого явления [275]. Очевидно, эти объективные экспериментальные трудности требовали дальнейшей перепроверки и уточнения полученных ранее результатов.

Вместе с тем наблюдался кризис теорий, ибо классическое естествознание XIX в. не могло объяснить многие стороны радиоактивных явлений. С самого начала это поставило новую область знания в определенное противоречие (проблема источника энергии радиоактивных излучений) с имевшимися данными физики и химии, а ведь

именно на стыке этих дисциплин учение о радиоактивности начало свое развитие. Углубление и увеличение числа противоречий между теорией и опытом требовали разработки новых теоретических концепций, а острота и разнообразие встававших проблем — фундаментальной перестройки основных (взаимодополняемых) взглядов физики и химии на природу материи. Быстро накапливаемые экспериментальные данные оставались разрозненными и противоречивыми. Они пуждались в объединении в рамках какой-либо общей теории. Очевидно, такая теория должна была явиться своеобразным направляющим руслом, по которому на первых порах пошло бы дальнейшее развитие учения о радиоактивности [273].

Кризис учения о радиоактивности предъявил ряд специальных требований к будущему возможному создателю такой общей теории: глубокое знание экспериментальных и теоретических основ физики и химии (донорских дисциплин учения о радиоактивности); отсутствие догматизма в мышлении; высокий уровень обеспеченности необходимым лабораторным оборудованием и радиоактивными препаратами; наличие времени, энергии, желания и других столь важных лично-волевых качеств исследователя. Очевидно также, что создателем теории мог стать как один ученый, так и двое: физик и химик. Такое сотрудничество специалистов позволило бы теоретически глубже и разностороннее исследовать общую проблему, а также провести значительно большее число необходимых экспериментов. Примером этому может служить опыт совместной работы супругов П. и М. Кюри (физика и химика), открывших полоний и радий и выдвинувших несколько глубоких теоретических идей.

На наличие объективно меняющихся требований к исследователям в разные периоды развития науки указывал в свое время П. Л. Капица: «В науке, как и в истории, определенный этап развития требует своего гения. Определенный период развития требует людей соответствующего склада мышления» [358, с. 504]. Это заключение приобретает особую наглядность, если мы попытаемся выяснить: почему супруги Кюри не стали создателями теории радиоактивного распада — ведь они занимали лидирующее положение в этой области исследований в 1898—1900 гг.

Интересно, что анализ работ этих исследователей показывает: М. Кюри в данный период предлагала объяснять радиоактивность внутриатомным превращением радиоактивных элементов, но, во-первых, П. Кюри сравнительно долго (до 1904 г.) упорно не разделял этой точки зрения и даже выдвинул свою гипотезу, казавшуюся ему более «физичной»; во-вторых, оба они в начале 1900-х годов проводили уже самостоятельные, независимые исследования (М. Кюри определяла атомный вес радия, а П. Кюри изучал образование «возбужденной активности»); в-третьих, как известно, эти ученые были лишены финансовой поддержки и проводили большую часть своих экспериментов в плохо оборудованном для таких целей сарае... Примечательно, однако, что в 1906 г. М. Кюри в своей первой после смерти П. Кюри известной публичной лекции в Сорбонне отмечала, говоря о гипотезе радиоактивных превращений: «Эта гипотеза имеется в числе тех, которые были высказаны Пьером Кюри и мною с самого начала наших исследований радиоактивности... Но она была особенно уточнена и развита Резерфордом и Содди, которым она поэтому обычно и приписывается» [278, с. 82].

Ныне, спустя 70 лет после сотрудничества Резерфорда и Содди, когда в распоряжение историков поступили материалы архивов пионеров-исследователей радиоактивных явлений, а также написаны обстоятельные исследования раннего периода истории учения о радиоактивности, твердо установлено, что к моменту прихода Содди в лабораторию Резерфорда уже имелось несколько важнейших предпосылок для обоснования гипотезы радиоактивного распада [271, с. 193—194].

М. Кюри уже в своей первой статье о радиоактивных явлениях (1898) показала, что радиоактивность есть атомное свойство тяжелых элементов, но не молекулярное.

В 1899 г. Ю. Эльстер и Г. Гейтель, а также независимо М. Кюри предложили<sup>1</sup> для объяснения радиоактив-

---

<sup>1</sup> Для сравнения с последующими выводами Резерфорда и Содди целесообразно привести здесь полностью соответствующие высказывания их предшественников. Так, Эльстер и Гейтель писали: «Придется сделать вывод, что источник энергии находится в самом атоме соответствующего элемента. Отсюда недалеко и до мысли, что атом радиоактивного элемента, подобно молекуле неустойчивого соединения, переходит в устойчивое состояние, излу-

ности возможность внутриатомного превращения элементов.

В 1899 г. Резерфорд открыл эманацию тория и показал, что спад ее активности, равно как и накопление эманации в ториевых препаратах, происходит по простому экспоненциальному закону (статья опубликована в январе 1900 г.).

В 1899 г. Резерфорд для тория, а супруги Кюри для радия открыли явление «возбужденной активности» (позднее переименованной в «активный осадок»), причем Резерфорд первым четко показал, что «возбужденная активность» образуется лишь в атмосфере эманации и имеет материальную природу, так как растворяется в кислотах.

В 1900—1901 гг. В. Крукс и А. Беккерель обнаружили в уране новое активное вещество уран-Х, и А. Беккерель смог показать, что за несколько месяцев это вещество полностью теряет свою активность.

В то же время, несмотря на имевшийся запас идей и открытий, вопрос о природе радиоактивности, однако, оставался открытым, ибо еще ни в одной лаборатории мира не было проведено широкого, а главное, надежного, систематического изучения химических свойств известных радиоактивных элементов.

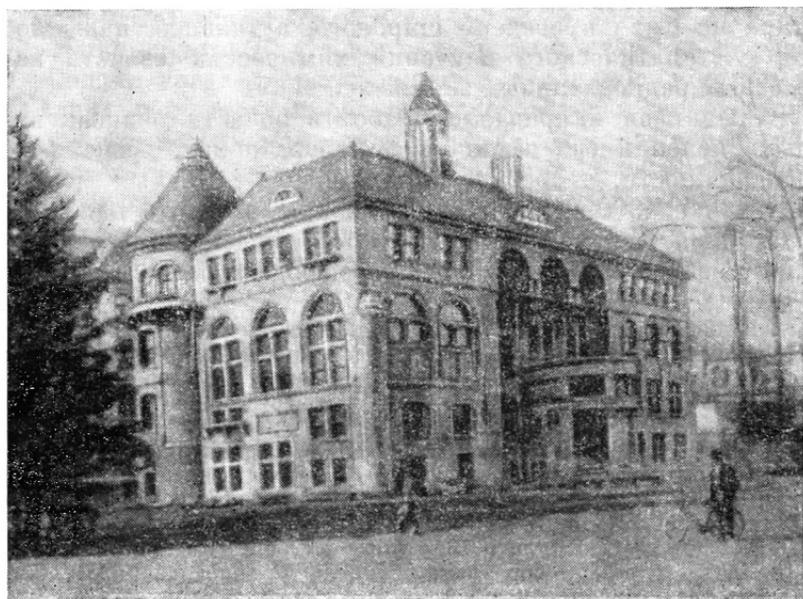
Сравнивая направления работ в области радиоактивных явлений в различных лабораториях, уровень их оснащенности, теоретические воззрения главных исполнителей в 1900—1903 гг., нужно признать, что наиболее благоприятные условия для систематического исследования имелись в лаборатории Резерфорда<sup>2</sup>. Здесь в то вре-

---

чая энергию. Во всяком случае это представление потребовало бы допустить постепенное преобразование активного вещества в неактивное и, следовательно, изменение его элементарных свойств. В свою очередь М. Кюри в качестве одного из возможных объяснений природы радиоактивности предложила «связать радиоактивность с теорией Крукса об эволюции элементов, приписав радиоактивность элементам с высоким атомным весом, которые образовались позднее других и эволюция которых еще не закончена» [278, с. 34—35].

<sup>2</sup> Согласно Резерфорду, это было «одно из лучших зданий этого типа во всем мире; лаборатория великолепно оборудована и стоимость только аппаратуры составляет 25 тыс. фунтов... Миллионер Макдональд предоставил на все это свои средства и продолжает давать их» [378, с. 54]. По словам Содди, это была «в то время лучшая в мире по оснащенности лаборатория» [244, с. 316].

мя был уже развернут широкий фронт работ по актуальным темам, получены важные экспериментальные данные и делались попытки их теоретического осмысления. Однако, анализируя такую теоретическую попытку Резерфорда (его статью в соавторстве с Мак-Клангом 1901 г.), следует признать, что он объяснял природу радиоактивности распадом *молекулы* на мельчайшие составляющие (электроны), но не распадом *атома* (Резерфорд даже противопоставлял эти возможности в пользу молекулярного распада). Так, он писал: «Энергия, необходимая, чтобы разложить молекулу на составляющие ее электроны, возможно, во много тысяч раз больше энергии, необходимой для разложения молекулы на атомы. В случае урана той энергии, которая может быть получена от большой концентрации или сближения компонентов такой сложной молекулы, по-видимому, вполне достаточно, чтобы поддерживать излучение в течение долгого времени... (Тем самым явление радиоактивности.— А. К.) показывает, что современные взгляды на поведение молекул требуют из-



*Физический корпус Мак-Гиллского университета*

менения или расширения, чтобы объяснить такие явления. Энергии, которая может быть получена от перегруппировки деталей атома, не будет достаточно, чтобы поддерживать в течение многих лет постоянную эмиссию энергии сильным радиоактивным веществом, подобным радю» [372, т. 1, с. 180—181]. Это допущение, считал Резерфорд, позволяет решить проблему источника радиоактивных излучений: огромные количества энергии, излучаемой радиоактивным веществом, и колоссальную продолжительность такого излучения (в случае урана и тория).

Таким образом, в данном объяснении Резерфорда, наряду с несомненным наличием идеи о распаде радиоактивного вещества и отрицанием химической (диссоциации молекулы на атомы) природы радиоактивности, имелась и явно ошибочная идея о молекулярном характере природы радиоактивности. Эту ошибку мог вскрыть только химик.

Именно в это время, по-видимому, состоялось знакомство Резерфорда с 23-летним химиком — Фредериком Содди.

Химик понадобился для изучения химических свойств открытой Резерфордом эманации тория, которую он первоначально объяснял с помощью двух гипотез: «1) эманация представляет собой мелкую пыль радиоактивного вещества, выделяемую соединениями тория; 2) эманация представляет собой пар, выделяемый соединениями тория» [372, т. 1, с. 119].

### **Знакомство Содди с Резерфордом и начало совместной работы**

Нужно признать, что Парки были добры к Резерфорду. Ведь он прибыл в Канаду, чтобы открыть, что его сотрудничество с юным оксфордским химиком Фредериком Содди должно было значить для него в то время больше, чем любая кафедра в Европе.

Норман Фезер

Согласно Хауртс, знакомство Содди с Резерфордом состоялось осенью 1900 г. при весьма будничных обстоятельствах. Вернувшись в Мак-Гилл после летних каникул, Содди собирался прочесть студентам химфака шесть

лекций по газовому анализу с демонстрацией необходимых опытов, но для этого ему нужны были соответствующие физические приборы. О возможности их использования он решил поговорить с профессорами физического факультета. Встреченный им профессор электротехники Р. Б. Оуэнс предложил дождаться Резерфорда, который отвечал за аппаратуру. Тогда-то и произошла их первая встреча.

50 лет спустя Содди вспоминал: «Я уже собирался уходить, когда услышал звучный голос, рождавший эхо в коридоре, и мощно сбитый молодой человек широкими шагами пересек прихожую и вступил в лабораторию. По всем приметам это был выходец из колоний, и я сообразил, что передо мной — Резерфорд... Оуэнс подозвал меня и формально нас познакомил. Мак-Брайд, имевший общее жилье с Резерфордом, рассказывал ему обо мне, и оказалось, что Резерфорд уже пытался связаться со мной по телефону. Я увидел, что Резерфорд немногим старше меня. Хотя ему добавляли несколько лет довольно небрежные усики...» [244, с. 65].

Когда же, собственно, началось сотрудничество Резерфорда и Содди? В биографической литературе имеют место разночтения. Если мнение Фезера (1940) — «в начале 1901 г. Содди оставил свои исследования на химическом факультете и присоединился к Резерфорду» [301, с. 78] — было повторено в 1958 г. Хауртс [244, с. 75] и в 1967 г. О. А. Старосельской-Никитиной [378, с. 42], а в 1965 г. даже уточнено Д. С. Даниным — «они приступили к работе в январе 1901 г.» [268, с. 207], то, согласно Т. Дж. Тренну, защитившему в 1972 г. в США диссертацию об этом сотрудничестве, совместная работа Резерфорда и Содди не могла начаться раньше сентября 1901 г. [262, с. 14—15]. В подтверждение своей точки зрения Тренн приводит следующие косвенные доказательства: весной 1901 г. оба молодых ученых (Содди — в марте, а Резерфорд — в апреле) собирались покинуть Мак-Гилл и с нетерпением ожидали известий о предоставлении им профессуры в разных городах Великобритании — соответственно в Аберистуите и Эдинбурге. (В мае — июне сотрудничеству препятствовала бы экзаменационная пора; в июле — августе — летние отпуска.)

Существенно, что сам Фезер в письме Тренну от 21 мая 1971 г. нашел весьма вероятным, что это сотру-



*Эрнест Резерфорд,  
начало 1900-х годов*

ничество могло начаться в сентябре 1901 г. [262, с. 15]. Однако наиболее весомым документом в пользу сентября 1901 г., с нашей точки зрения, является установленная Тренном дата самой ранней записи в лабораторных тетрадях (хранятся в Архиве Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета) о первых экспериментах Резерфорда и Содди с прокаливанием порошка окиси тория — 12 октября 1901 г. [262, с. 19]. Поэтому в нашей книге мы будем пользоваться датой Тренна, считая, что сотрудничество Резерфорда — Содди началось в сентябре 1901 г.

Работа Содди в лаборатории Резерфорда началась, по-видимому, с чтения небольшого числа имевшихся работ по радиоактивности и изучения экспериментальных методов работы с радиоактивными веществами. Новая тема исследований быстро захватила Содди, он с головой ушел в работу, а Резерфорд, бывший (как быстро убедился

Содди) одним из главных лидеров в этой области, умело поддерживал его энтузиазм на высоком уровне. Недаром Н. Бору среди личностных качеств Резерфорда больше всего импонировали «обаяние и энергия — качества, с помощью которых ему (Резерфорду.— А. К.) удалось достигать почти невероятных вещей, где бы он ни работал» [348, т. 2, с. 545].

Итак, кем же был и что успел сделать в науке Резерфорд, будущий старший партнер Содди?

### Старший партнер

Смерть Резерфорда вырвала из науки самую выдающуюся личность нашей эпохи.

Фредерик Содди

Рассматривая Содди и Резерфорда в пору их сотрудничества в Монреале, мы должны помнить, что они были еще молоды, их характеры полностью не сформировались, вследствие чего становится особо интересной всякая информация о том, какими чертами характера они обладали в молодости. В отношении Резерфорда значительный интерес представляет следующее место из воспоминаний Содди: «Мои наиболее яркие воспоминания о нем, естественно, относятся к осени 1900 г. и двум последующим годам, когда я работал с ним в Мак-Гилле. Он был прирожденным экспериментатором, всецело поглощенным своей работой, имевшим мало (если только вообще они были) посторонних интересов,— хотя теперь я в состоянии видеть более отчетливо, чем тогда, что он не пренебрегал возможностью лучше развить их. Хотя те качества, за которые его в конце жизни столь откровенно любили, тогда еще не развились, они уже, бесспорно, существовали и именно эти качества помогли разворошить Мак-Гилл тех дней и сделать его чарующим местом, каким он и стал» [187, с. 753].

Эрнест Резерфорд родился 30 августа 1871 г. в многодетной (12 детей) трудовой семье новозеландского сельского механика Джемса Резерфорда и учительницы Маргарет Томпсон. Мать рано заметила и развила в Эрнесте любовь к знаниям, а условия жизни семьи и пример отца познакомили его с необходимостью постоянного чест-

ного и упорного труда, что сформировало, как подчеркивает Л. Бадаш, основные черты характера Резерфорда: простоту, прямодушие, внутреннюю цельность и крепость, бережливость, энергию, энтузиазм, а также благоговение перед образованием [285, с. 25]. В 15 лет Эрнест с отличием окончил среднюю школу, а в 22 года (тоже с отличием) — Кентерберийский колледж Новозеландского университета.

В этот период любимыми предметами Резерфорда были математика и физика. Его первая оригинальная работа (за которую он получил степень бакалавра) «Намагничение железа разрядами высокой частоты» была опубликована в 1894 г., когда Резерфорду было 23 года. Осенью 1895 г. Резерфорд получил докторантуру в Кавендишской лаборатории Кембриджа, возглавляемой тогда выдающимся английским физиком Дж. Дж. Томсоном. Первоначально Резерфорд занимался явлением магнетизма и разрабатывал способы регистрации радиоволн, но затем произошло постепенное научное сближение его с Томсоном, вследствие чего он переключился на изучение рентгеновского излучения. В исследовательской работе Резерфорд зарекомендовал себя одним из лучших молодых физиков того времени.

В сентябре 1898 г. Резерфорд получил должность профессора физики в университете Мак-Гилла. В рекомендательном письме Дж. Дж. Томсон писал: «У меня никогда не было молодого ученого с таким энтузиазмом и способностями к оригинальным исследованиям, как мистер Резерфорд, и я уверен, что, если он будет избран, он создаст выдающуюся школу физики в Монреале... Я считал бы счастливым то учреждение, которое закрепило бы за собой Резерфорда в качестве профессора физики» [378, с. 33]. В 1898 г. он впервые приступил к изучению явления радиоактивности.

Его первая работа «Излучение урана и вызываемая им электропроводность» [372, т. 1, с. 66—109], опубликованная в январе 1899 г., сразу поставила Резерфорда в ряд лидеров в новой для него области. В статье он указал на экспериментальные ошибки «отца радиоактивности» А. Беккереля, а главное, доказал наличие  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения урана и показал его отличие от обычных световых лучей (отсутствие преломления, поляризации и т. д.).

К исследованиям радиоактивности Резерфорд вскоре привлек своего коллегу по Мак-Гиллу, профессора электротехники Р. Б. Оуэнса, предложив ему изучить особенности излучений ториевых соединений. Эксперименты Оуэнса, вскоре продолженные и развитые Резерфордом, привели к открытию нового радиоактивного вещества — эманации тория. Статьи Резерфорда об этом открытии были опубликованы соответственно в январе и феврале 1900 г.

Резерфорду требовалось определить химическую природу нового вещества, но он оказался не в состоянии сам провести все необходимые химические эксперименты. Его химическая подготовка была несравненно хуже физической и математической. Отметим, что все биографы, знавшие Резерфорда лично, единодушны в оценке его как химика: «В химической стороне радиоактивности Резерфорд, конечно, нуждался в помощи» [295, с. 74]; «он не знал очень многого о химической стороне дела» [327, с. 50]. Вот почему уже весной 1900 г. Резерфорд заходил в Химический корпус Мак-Гилла. Однако тогда партнера не выбрал. По-видимому, осенью 1900 г. Резерфорд предложил Содди сотрудничество, но, хотя они продолжали видеться и время от времени обсуждали свои проблемы, их совместная работа началась лишь через год, в сентябре 1901 г.

Резерфорду исполнилось 30 лет, Содди — 24 года.

На первый взгляд, их сотрудничество может казаться счастливой случайностью, но, как отметил Л. Пастер, «случай помогает лишь подготовленному уму»: оба были великолепными специалистами — каждый в своей области, и, видимо, уже первые совместные обсуждения проблем радиоактивности оказались полезны обоим, но в первую очередь, бесспорно, для Содди, который ранее не работал в этой области.

Что касается распределения ролей в этом сотрудничестве, то можно почти с полной уверенностью утверждать, что оно не было фиксированным и оба партнера пользовались максимальной свободой в отношении творческого вклада в решение поставленных задач. Анализ оригинальных статей показывает, что большая часть выполненной ими работы имела экспериментальный характер, причем большинство проведенных экспериментов были сугубо химическими. Очевидно, Содди быстро осво-

плся с новыми для него физическими методами и предметом исследований и смог плодотворно дополнить их своим экспериментальным мастерством химика. С нашей точки зрения, все новые результаты подвергались соавторами совместному детальному обсуждению, после чего в план работы вносились изменения, способствовавшие экспериментальной проверке наиболее интересных аспектов общей проблемы. Бесспорно, идеи и опыт Резерфорда, как экспериментатора и теоретика, играли при этом очень важную роль.

В процессе работы Содди, видимо, быстро прочел небольшое количество имевшейся тогда литературы по радиоактивности, что не только помогло ему лучше ориентироваться в этой новой области знания, но и позволило сразу же взять на вооружение имевшиеся теоретические обобщения (например, констатацию М. Кюри атомного характера радиоактивности). Это привело, по-видимому, к обсуждению партнерами общего вопроса о природе радиоактивности. И здесь Содди еще предстояло доказать Резерфорду ошибочность его взгляда на природу радиоактивности как на молекулярное явление.

### **Изучение эманации тория и открытие тория-X**

...Открытие тория-X и его непрерывного образования подсказало верное толкование наших результатов и привело к их достаточно полному объяснению.

**Эрнест Резерфорд, Фредерик Содди**

По-видимому, исходной точкой исследований Содди являлось сравнение химических свойств тория и эманации тория. При этом Содди довольно быстро убедился, что эманация — в отличие от самого тория — это газ, непрерывно выделяющийся из растворов солей тория.

Прежде чем заняться изучением химических свойств эманации, требовалось установить, сам ли торий испускает эманацию или же какая-то неизвестная химическая примесь. Используя общепринятые методики, Содди провел химическую очистку соединений тория и обнаружил, что последние, самые чистые фракции всегда испускают характерную короткоживущую эманацию. Напрашивался естественный вывод, что эманация генерируется только торием, а не какой-либо примесью.

Следующим шагом его исследований стало изучение процесса образования эманации тория. Для этой цели он использовал прокаленную окись тория, из которой во время нагревания была удалена вся эманация (так называемый деэманированный торий). Проводя эксперименты по восстановлению эманационной способности «деэманированного тория» с помощью водяного пара, Содди обнаружил, что водяной пар не оказывает «никакого влияния ни на деэманацию тория, ни на восстановление утраченной им способности выделять эманацию» [372, т. 1, с. 231].

Если не водяной пар, то, может быть, химическая обработка вернет торью способность интенсивно генерировать эманацию? В процессе экспериментов Содди обнаружил, что при восстановлении окиси из водного раствора ториевой соли эманационная способность препарата заметно возрастает. Он попытался проследить влияние различных промежуточных химических реакций на эманационную способность окиси тория. Оказалось, что эманационная способность возрастает еще в большей степени при переводе окиси в гидроксид.

Результаты проведенных экспериментов показали, что прокаливание не устраняет само по себе причину выделения эманации тория, а только вызывает временное ослабление эманационной способности соединений тория. В то же время Содди установил, что способность выделять эманацию зависит не только от природы химического соединения, но и от его предистории.

Другим ценным вкладом Содди в совместную с Резерфордом работу явилось изучение влияния на эманационную способность как молекулярного состояния тория, так и того, находится ли торий в твердом состоянии или в растворах. Он показал, что серно-, щавелево- и азотнокислый торий обладает очень малой способностью выделять эманацию, тогда как эманационная способность карбоната тория значительно выше (она в пять раз превышает способность самого тория).

Новым пунктом исследовательской программы Содди было выяснение химических свойств эманации тория. Ранее Содди обнаружил, что эманация проходит через концентрированную серную кислоту, не претерпевая никаких изменений. Оказалось, что она не вступает в реакцию и с другими чрезвычайно активными реагентами.

Содди соорудил длинную цепь соединенных трубками химических ловушек, каждая из которых была настроена на образование характерного соединения с одним из известных газов. Однако когда он начал продувать эманацию через эту систему, то по скорости движения стрелки электроскопа на выходе системы обнаружил, что эманация не реагирует ни с одним из самых сильных известных реагентов (раскаленные докрасна платиновая чернь и хромат свинца, раскаленные порошок магнезия и палладиевая чернь, раскаленная цинковая пыль). В этих опытах эманация продувалась то в потоке воздуха, то в потоке водорода, то в потоке углекислого газа. Результат всегда был одинаков — эманация не вступала в химические реакции, ее количество на выходе почти не уменьшалось. Был сделан вывод, что «описанные опыты следует объяснить тем, что эманация — это химически инертный газ, по своей природе подобный газам из семейства аргона» [372, т. 1, с. 236]. Поскольку ранее в радиоактивных минералах был обнаружен еще один инертный газ — гелий, то Резерфорд и Содди сделали вывод о возможной радиоактивной природе появления гелия в радиоактивных минералах.

В процессе изучения особенностей образования эманации тория было открыто новое радиоактивное вещество — торий-Х. По-видимому, успешному выделению нового радиоэлемента из растворов солей тория способствовал «большой образец чистейшего нитрата тория», подаренный лаборатории Резерфорда доктором Кнёфлером из Берлина (при содействии В. Крукса). В свое время Содди заметил, что в отдельных случаях гидроокись тория, осажденная аммиаком из разбавленных растворов нитрата тория, обладает необычайно низкой способностью выделять эманацию [372, т. 1, с. 207]. Содди тщательно проверил на активность фильтраты и промывные воды, образующиеся в процессе очистки тория. В результате он получил неожиданный результат: «Оказалось, что фильтраты неизменно обладали способностью выделять эманацию, хотя по своей природе они не содержат тория» [372, т. 1, с. 207]. Содди обнаружил, что если фильтрат выпарить досуха и удалить прокаливанием соли аммония, то можно получить серый осадок, который обладает значительно более высокой активностью, чем равное по весу количество тория: «Обычно эти остатки по весу были по-

рядка 0,001 доли веса первоначально взятой соли и во много сотен, а в отдельных случаях свыше тысячи раз активнее тория равного веса» [372, т. 1, с. 207].

Гидроокись тория, осажденная аммиаком из разбавленных солей нитрата тория, обладала вдвое меньшей активностью по сравнению с окисью тория того же веса. Разница в активности этих продуктов объяснялась наличием нового активного компонента, который можно было отделить от тория химическим путем.

Свое название, *торий-Х*, новый радиоэлемент получил по аналогии с *ураном-Х*, незадолго до того выделенного В. Круксом из растворов солей урана. Существенной особенностью тория-Х являлось уменьшение его активности со временем. Резерфорд и Содди отметили, что с течением времени активность тория-Х падает, тогда как очищенный от него торий за то же время восстанавливает свою активность. Сходное явление восстановления и спада активности обнаружил А. Беккерель в случае урана-Х и урана. Изучая связь между спадом и восстановлением активности радиоактивных тел, Резерфорд и Содди пришли к важному заключению, что радиоактивность тория в любой момент времени представляет собой результат сложения противоположных процессов: образования с постоянной скоростью нового вещества и спада с постоянной скоростью активности нового вещества. Следовательно, обычная радиоактивность есть результат равновесного состояния противоположных процессов. Этот фундаментальной важности результат лег в основу важнейшего теоретического обобщения Резерфорда и Содди — разработки теории радиоактивного распада.

Содди пытался выяснить химические свойства тория-Х. Изучая различные реакции очистки тория, он пришел к выводу, что «фактически из всех опробованных реагентов только аммиак способен отделить торий-Х от тория» [372, т. 1, с. 212]. Но такое разделение уже доказывает, что торий и торий-Х имеют различные химические свойства. Получить более точный результат Содди было нелегко: в его распоряжении имелось чрезвычайно малое количество активного вещества.

## Разработка основ теории радиоактивного распада

Радиоактивность есть атомное явление, одновременно сопровождающееся химическими изменениями, в результате которых появляются новые типы вещества, причем эти изменения должны протекать внутри атома, а радиоактивные элементы должны испытывать спонтанные превращения.

Эрнест Резерфорд, Фредерик Содди

От открытия факта равновесной природы активности тория до формулировки основ теории радиоактивного распада был один шаг — Резерфорд и Содди сделали его.

Чем же отличались их формулировки от формулировок их предшественников?

Напомним, что в своей лекции в Сорбонне в 1900 г. (опубликована 21 июля 1900 г.) Мария Кюри указывала: «Состояние радиоактивной материи не есть обычное химическое состояние, ее атомы неустойчивы, они испускают частицы меньше атомов. Атом, неделимый с точки зрения химии, здесь является делимым, и эти субатомы находятся в движении. Радиоактивная материя претерпевает, следовательно, химические превращения, которые служат источником излучаемой энергии; но это не обычные химические превращения, так как последние оставляют атом неизменным... Итак, материальная теория радиоактивности ведет нас очень далеко. Однако если мы откажемся сделать все соответствующие выводы, мы не выйдем из затруднения» [267, с. 36—37].

С экспериментальной точки зрения важный вклад в решение проблемы внес А. Беккерель, показавший в конце 1901 г., что отделенная от урана активная фракция (уран-Х) со временем утрачивает свою активность, а очищенный уран ее восстанавливает.

Резерфорду и Содди, в определенном смысле, оставалось только обобщить эти наблюдения на большое количество известных ранее радиоактивных веществ, причем весьма желательным было получить доказательства, что все эти вещества имеют различную химическую природу.

Они показали, что торий и торий-Х различаются по своим химическим свойствам, а оба они отличны от химически инертной эманации тория. Эманация распадалась с периодом полураспада в 1 мин, торий-Х — с пе-

риодом полураспада в 4 дня. Торий образовывал сначала торий-Х, который в свою очередь генерировал эманацию.

Экспериментально Содди опроверг мнение Резерфорда, что радиоактивность имеет молекулярную природу: «...активность тория снижается со скоростью, не зависящей ни от химического, ни от физического состояния молекулы» [372, т. 1, с. 215]. Следовательно, радиоактивность могла иметь лишь атомную природу. Образование одного типа атомов из другого можно было объяснить внутриатомным превращением. Однако в первых статьях Резерфорда и Содди [3—4] о распаде атомов сказано глухо, хотя они экспериментально убедились, что имеют дело не с предложенной Беккерелем в качестве объяснения индукцией радиоактивной энергии. Они проводили повторные осаждения тория-Х из одного и того же образца тория, чтобы иметь прямое доказательство воспроизводства тория-Х, и после соответствующего ожидания находили в тщательно очищенном препарате предсказанное математически пополнение тория-Х. И все-таки о теории распада в первых статьях было сказано вскользь. В чем дело?

Американский историк учения о радиоактивности профессор А. Ромер в качестве возможного объяснения говорит об «энергичной атаке» супругами Кюри отмеченной выше статьи Беккереля. По результатам статьи Беккереля выходило, что радиоактивность могла иметь природой внутриатомное превращение, а это явление супруги Кюри не могли подтвердить своими работами [254, с. 22]. (По-видимому, здесь сказалось влияние Пьера Кюри.)

С нашей точки зрения, объяснение Ромера вполне правдоподобно, особенно если вспомнить, что супруги Кюри имели дело лишь с долгоживущими радиоактивными веществами, тогда как Беккерель, а также Резерфорд и Содди столкнулись с короткоживущими радиоактивными веществами. В главном же Кюри были категоричны: на современном уровне науки спекуляции такого рода являются преждевременными. Поэтому, указывает Ромер, в своих первых статьях Резерфорд и Содди «набросали черновик своих собственных идей с величайшей осторожностью, описывая прежде всего эксперименты и не спеша строить доказательства» [254, с. 22].

В этих статьях нет прямых ссылок на Кюри, но само

изложение соответствует их возражениям, из чего, по мнению Ромера, Резерфорд и Содди даже сумели извлечь маленькую выгоду: «...они отметили, что трудно принять радиоактивные вещества как неизменяемые и вследствие этого как неограниченные источники энергии. Без новых открытий это было бы дальше невозможно. Излучение скорее исходит от веществ короткоживущих — урана-Х, тория-Х; кажущееся постоянство их излучения возникает из-за устойчивой скорости их образования» [254, с. 22]. Таким образом, используя на протяжении всей статьи туманное выражение «химическое изменение», они лишь в самом конце предложили главную идею: радиоактивность могла быть внешним проявлением спонтанного превращения радиоактивных элементов.

Однако в осенних публикациях Резерфорд и Содди расставили нужные акценты тверже и уверенней. И они смогли наконец увидеть в статьях Кюри то, чего не видели сами авторы. Вот что писали Резерфорд и Содди о причине и природе радиоактивности:

«Полученные нами результаты проясняют природу этого процесса. Материальный компонент, ответственный за радиоактивность, будучи отделен от тория, создающего его, ведет себя так же, как и другие упомянутые типы радиоактивности. Его активность убывает со временем геометрически, и скорость исчезновения активности не зависит от молекулярных условий. Однако постоянство величины нормальной радиоактивности поддерживается химическим превращением<sup>3</sup>, при котором образуется новое радиоактивное вещество со скоростью, тоже не зависящей от внешних условий. Энергия, необходимая для поддержания излучения, находит свое объяснение, если мы предположим, что энергия системы после превращения стала меньше, чем была до этого.

Работы Крукса и Беккереля по отделению урана-Х и восстановлению активности урана со временем, по-видимому, подтверждают справедливость такого же объяснения и для этого элемента. Работы супругов Кюри, открывших радий, доказывают, что это вещество легко переносит временное уменьшение активности в результате

---

<sup>3</sup> Подразумевается спонтанный распад радиоактивного атома, одновременно сопровождаемый внутриатомным «химическим» превращением.— Примеч. А. К.

химической обработки и что через некоторое время она восстанавливается до нормальной величины; это легко может быть объяснено с новой точки зрения. Таким образом, все известные типы радиоактивности могут быть сведены к одному виду» [372, т. 1, с. 217].

Вершиной совместных теоретических изысканий Резерфорда и Содди явилась статья «Радиоактивное превращение» [12], опубликованная в мае 1903 г. Содди тогда работал уже в Англии, присылая Резерфорду черновые главы будущей статьи [262, с. 244—245]. Резерфорд должен был прислать апробированный им вариант в Истборн, в дом № 6 на Болтон-Роуд, где жила семья Содди. Получив конечный вариант, Содди должен был направить его издателю: датой передачи варианта в издательство является, по-видимому, 14 апреля 1903 г., как это следует из письма Содди Резерфорду от 31 марта 1903 г. (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 95).

К этому времени соавторы подтвердили газообразную природу эманации, сконденсировав последнюю в жидком воздухе. Сделал это Резерфорд. 26 декабря 1902 г. он писал о проведенной работе Дж. Дж. Томсону: «...работая с Содди, я сконденсировал эманацию в жидком воздухе. Эманации тория и радия имеют приблизительно одинаковую температуру конденсации...» (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7654/S 67).

Интересно, что, продолжая излагать совместные результаты работы с Содди, Резерфорд пишет Томсону «мы нашли», «мы показали». Однако детальное изучение работ Резерфорда показывает, что это «мы» в значительной степени имело формальный оттенок. Так, Резерфорд не соглашался с Содди по некоторым принципиальным пунктам, в частности во взглядах на природу радиоактивности. Полностью разделяя идею превращения, Резерфорд считал (и продолжал отстаивать свою точку зрения), что превращение происходит в молекуле, а не в атоме. Так, в своей статье «Возбужденная активность и способ ее переноса», подписанной 29 июля 1902 г., Резерфорд писал: «...эманация состоит из вещества, находящегося в нестабильном состоянии и претерпевающего дальнейшее химическое превращение. Это превращение заключается в том, что нейтральная молекула испускает отрицательную

частицу» [372, т. 1, с. 274]. Отметим, что из историков науки впервые на это обстоятельство указал Т. Дж. Тренн [262, с. 210].

Заслугой Содди явилось не только экспериментальное доказательство того, что превращения происходят в атомах радиоактивных элементов (на это раньше пророчески указывали Эльстер и Гейтель, а также Мария Кюри), но и в значительной степени разработка теоретических основ теории радиоактивного распада — об этом прямо писал и сам Резерфорд [271, с. 199].

В их последней короткой статье — лишь семь параграфов, но эти короткие разделы и сейчас поражают своей насыщенностью, сжатостью, точностью и логичностью. Соавторам хотелось сделать все необходимые выводы из полученных экспериментальных результатов.

В первом параграфе Резерфорд и Содди обсудили различные продукты радиоактивного распада и их специфическую материальную природу. Они отметили, что радиоактивность известных им исходных элементов — радия, тория и урана — обусловлена непрерывным образованием новых видов материи, обладающих менее продолжительной активностью. В ряде конкретных случаев новые продукты отличаются по своим химическим свойствам от исходных элементов; их можно отделить друг от друга посредством различных химических методов. Особое место среди новых продуктов занимают, согласно Резерфорду и Содди, радиоактивные эманации, являющиеся инертными газами и не вступающие в химические реакции. Однако надежным доказательством материальной природы эманаций служит тот факт, что в лабораторных условиях при понижении температуры эманации удается сконденсировать, а потом вновь перевести в газообразное состояние, как и любой обычный «материальный» газ. При распаде эманаций в свою очередь образуются вещества активной природы; они также обладают материальной природой, различаясь по степени летучести и химическим свойствам.

Столь подробное обоснование материальной природы недавно открытых радиоактивных тел требовалось потому, что среди многих ученых было распространено скептическое отношение к результатам исследования радиоактивных веществ: они встречались в природе в ничтожно малых количествах и их нельзя было «подержать в ру-

ках», взвесить, чтобы определить атомный вес, измерить оптический спектр. Самые чувствительные приборы химии конца XIX в. — микробалансные весы и спектрометр — оказывались недостаточно чувствительными для работы с радиоактивными веществами (поэтому с легкой руки президента Химического общества Г. Армстронга радиохимия в начале XX в. называли «химией призраков»). Вот почему Резерфорд и Содди, столь детально обосновав материальную природу всех без исключения продуктов радиоактивного распада, сделали вывод: «...эти новые вещества отличаются от обычного вещества только одним — их количество столь мало, что не может быть обнаружено обычными методами химического и спектроскопического анализов» [372, т. 1, с. 301].

Во втором параграфе они рассмотрели связь между радиоактивным превращением и одновременным излучением.

Это был чрезвычайно важный момент в теоретической интерпретации радиоактивного процесса: чем можно объяснить наблюдаемое постоянство радиоактивного излучения и где кроется источник энергии? В. Крукс предложил вспомнить идею максвелловского демона при попытке объяснить явление радиоактивности. Резерфорд и Содди выделили несколько экспериментально доказанных фактов в этой области: радиоактивное превращение всегда ведет к образованию одного радиоактивного вещества из другого; при фиксации нескольких превращений можно утверждать об их последовательном (а не одновременном) происхождении; активность всякого продукта распада обусловлена превращением, в котором этот продукт образует следующий новый вид вещества. Все эти факты указывали на то, что излучение возникает в момент распада исходного радиоактивного атома: «Следовательно, — писали Резерфорд и Содди, — радиоактивность нельзя рассматривать как следствие превращений, которые уже произошли. По всей вероятности, испускаемые лучи сопровождают превращение излучающей системы в другую систему» [372, т. 1, с. 302].

Любопытно, однако, что на основании этого вывода было сделано заключение (исходя из его сугубо «химического характера» можно предположить здесь авторство Содди), что все новые продукты распада представляют собой новые химические элементы: «...невозможно, что-

бы любой из новых видов радиоактивного вещества (например, уран-Х, торий-Х, обе эманации и т. д.) был идентичен с каким-либо из известных элементов...» [372, т. 1, с. 302]. Потом Содди понадобится еще десять лет, чтобы опровергнуть это заключение, доказав наличие изотопов среди радиоактивных элементов (1913). Но если учесть, что опубликованные к тому времени (1903) предвосхищения В. Крукса и А. Кекуле казались многим издержками умозрительного теоретизирования [267], а экспериментального материала для открытия нового явления еще явно не хватало [350a], то мы должны признать — на фоне традиционных представлений химии конца XIX в. данное заключение Содди по меньшей мере логично.

В этом же параграфе, обсуждая проблему конечных продуктов радиоактивного распада, Резерфорд и Содди обратили внимание на то, что в радиоактивных минералах за сроки геологических эпох (измеряемых миллионами лет) должны накапливаться в достаточных для обнаружения количествах конечные продукты распада (если они при этом не улетучиваются). В качестве возможного конечного продукта распада радиоактивных тел Резерфорд и Содди назвали гелий.

В третьем параграфе была обсуждена материальная природа самих излучений. Основной вклад в экспериментальное обоснование идей этого параграфа внес Резерфорд. В 1898 г. он открыл два различных типа радиоактивных излучений, которым дал название  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучей. Сравнительно быстро (1900) было доказано отклонение  $\beta$ -лучей в магнитном и электрическом полях; в 1902 г. Резерфорду, получившему от супругов Кюри мощный радиевый препарат, удалось наблюдать отклонение  $\alpha$ -лучей в магнитном и электрическом полях. Резерфорду принадлежат также важнейшие результаты в измерении скорости и удельного заряда  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучей, а также их энергетических характеристик. Оба типа излучений были определены как корпускулярные, при этом было отмечено, что масса  $\alpha$ -частицы «по порядку величины совпадает с массой атома водорода и очень велика по сравнению с массой частиц, образующих легко отклоняемые  $\beta$ -лучи того же самого элемента» [372, т. 1, с. 303]. Одновременно был углублен ранее сделанный вывод о связи превращения и излучения. Резерфорд и Содди предложили

следующее обобщение: «В свете этих данных имеются все основания предположить, что испускание заряженной частицы не просто сопровождает превращение, но что это испускание фактически и есть превращение» [там же].

Четвертый параграф назывался «Закон радиоактивного превращения». И здесь главный вклад был сделан Резерфордом. Приводимые в данном параграфе основные уравнения радиоактивного распада были написаны Резерфордом еще в сентябре 1899 г. [там же, с. 116—117]; здесь же эти уравнения были лишь незначительно видоизменены и впервые интерпретированы с точки зрения теории радиоактивного распада. Каноническое уравнение радиоактивного распада было записано Резерфордом в следующем виде:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t},$$

где  $N_t$  — число радиоактивных атомов, не распавшихся к моменту  $t$ ;  $N_0$  — первоначальное число атомов в момент времени  $t=0$ .

Дифференцируя это уравнение, Резерфорд получил выражение

$$\frac{dN_t}{dt} = -\lambda N_t,$$

из которого вытекало, что «скорость превращения все время пропорциональна количеству систем (радиоактивных атомов.— *A. K.*), еще не подвергнувшихся превращению» [там же, с. 304].

Закон радиоактивного превращения был сформулирован следующим образом: относительное количество радиоактивного вещества, распадающегося в единицу времени, — величина постоянная. Было отмечено, что  $\lambda$  является наиболее характерной величиной для каждого типа радиоактивных веществ; было предложено называть эту величину «радиоактивной постоянной». Общая сложность явлений радиоактивности, согласно Резерфорду и Содди, объясняется наличием одновременно нескольких различных радиоактивных веществ в любом изучаемом препарате, причем эти вещества одновременно превращаются из одного в другое, обладая различными радиоактивными постоянными.

Пятый параграф, названный «Сохранение радиоактив-

ности», по-видимому, в основном написан Содди. Здесь проанализированы различные появившиеся в научной литературе описания и объяснения радиоактивных явлений; наиболее важные результаты прокомментированы с точки зрения теории радиоактивного распада. Оценивая возможность существования элементов, более тяжелых, чем уран, авторы сделали допущение, что эти элементы, по всей вероятности, будут радиоактивными.

На фоне предшествующих совместных публикаций Резерфорда и Содди наиболее важным параграфом в статье «Радиоактивное превращение» [12] оказался шестой параграф «Связь между радиоактивным и химическим превращением», также написанный Содди (об этом можно судить из его письма к Резерфорду от 31 марта 1903 г.— Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 95). Содди не только увидел сходство между уравнениями закона радиоактивного распада и закона мономолекулярной химической реакции, но и применил следствие из «химического» закона к объяснению закона «физического». Суть доказательства заключалась в обосновании явления радиоактивности как внутриатомного процесса (а не молекулярного, как ошибочно полагал Резерфорд). Содди писал: «Закон радиоактивного превращения, по которому скорость превращения пропорциональна количеству вещества, претерпевшего превращение, совершенно аналогичен закону мономолекулярной химической реакции. Следовательно, радиоактивное превращение должно быть связано лишь с одной системой, так как если бы оно было связано со взаимодействием двух систем, то скорость превращения зависела бы от концентрации и закон должен был бы включать объемный фактор, что, однако, не имеет места. Поскольку радиоактивность есть специфическое свойство элемента, то превращающейся системой должен быть химический атом, а поскольку в образовании новой системы и одновременно, кроме нее, нескольких тяжелых заряженных частиц участвует только одна система, то химический атом при радиоактивном превращении должен претерпевать распад» [372, т. 1, с. 309].

Содди (вслед за М. Кюри) назвал общей химической характеристикой радиоактивных элементов их высокий атомный вес. Очевидно, ему удалось убедить Резерфорда в правильности объяснения радиоактивности как внутри-

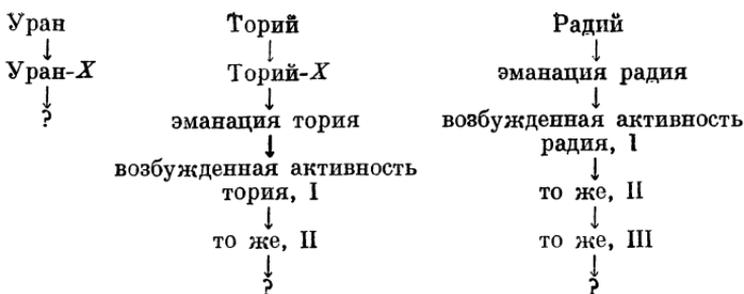
атомного превращения, ибо в дальнейшем Резерфорд сам энергично отстаивал эту точку зрения.

А вот как представляли себе Резерфорд и Содди механизм радиоактивного превращения: «После распада атома и испускания тяжелых заряженных частиц, масса которых по порядку величины совпадает с массой атома водорода, образуется новая, более легкая система, химические и физические свойства которой совершенно отличны от свойств исходного элемента. Начавшийся процесс распада переходит от одной стадии к другой с определенными для каждого случая скоростями, которые поддаются измерению» [там же, с. 309].

Интересна и важна попытка Содди ввести новую терминологию в зарождающееся учение о радиоактивности. Именно он ввел такие понятия, как «радиоактивный элемент» (под этим названием первоначально подразумевались родоначальники радиоактивных рядов), «конечный продукт превращений» (подразумевались результирующие *стабильные* продукты распада), «метаболон» (подразумевались промежуточные продукты распада; этот термин не прижился и вскоре был вытеснен общепринятым в первые десятилетия XX в. термином «радиоэлемент»).

В качестве примера приведем рассуждения Содди о необходимости введения термина «метаболон» (т. е. превращающееся тело): «Представляется целесообразным дать специальное название тем многочисленным атомам-осколкам, новым атомам, которые получаются из первоначального атома после испускания луча и которые существуют лишь ограниченное время, непрерывно претерпевая дальнейшее превращение. Их основная характерная черта — неустойчивость. С одной стороны, это не позволяет им накопиться в достаточном количестве, откуда следует, что их, по всей вероятности, никогда не удастся исследовать обычными методами. С другой стороны, неустойчивость и как ее следствие испускание лучей дают способ, посредством которого они могут быть исследованы. Поэтому мы предлагаем для этой цели термин *метаболон*» [там же, с. 309].

Ценность термина «метаболон» Содди продемонстрировал на примере представленных им первых цепочек радиоактивного распада, прообразов будущих радиоактивных рядов:



Комментируя эту схему, Содди писал: «Три вопросительных знака соответствуют трем неизвестным конечным продуктам. Атомы самих радиоактивных элементов представляют собой нечто среднее между обычными атомами и метаболонами, сочетая в себе свойства тех и других. Так, хотя они и распадаются, скорость их распада столь мала, что эти атомы могут накапливаться в количестве, достаточном для исследования химическими методами. Поскольку скорость распада радия, вероятно, в миллион раз превышает скорость распада тория или урана, мы теперь можем объяснить, почему в природных минералах радий присутствует в ничтожно малых количествах. Все эти соображения указывают на то, что атом радия тоже метаболон в полном смысле слова, т. е. он образуется при распаде одного из элементов, содержащихся в минерале. По приблизительным подсчетам длительность его «жизни» не превышает нескольких тысяч лет (см. § 7). Одним из авторов этой работы сейчас проводится экспериментальное исследование этого вопроса, и более полное его обсуждение следует отложить на будущее»<sup>4</sup> [там же, с. 310].

Седьмой параграф, названный «Энергия радиоактивного превращения и внутренняя энергия химического атома», был написан в основном Резерфордом. Тренн указывает [262, с. 263], что Содди принадлежат в этом параграфе лишь самая первая фраза и два заключительных абзаца. Любопытно, что вступительная фраза Содди свидетельствует о его расположении к широким фило-

<sup>4</sup> Здесь Содди сделал «заявку» на собственные поиски материнского для радия радиоэлемента, не подозревая, что эти исследования доставят ему много огорчений (см. с. 101).

софским обобщениям: «Сравнение энергетических соотношений радиоактивного и химического превращений отчетливо показывает, что в сложном строении материи химический атом есть одна из ступеней, и причём не самая низшая, сведения о которых могут быть уже сейчас получены экспериментальными методами» [372, т. 1, с. 310].

В этом параграфе Резерфорд произвел важные оценки порядка величины энергии, излучаемой единицей массы радиоактивного элемента за время полного превращения. Согласно Резерфорду, «количество энергии, выделяющейся при распаде 1 г радия, не должно быть меньше  $10^8$  кал и может быть заключено в пределах от  $10^9$  до  $10^{10}$  кал» [там же, с. 311]. Другим важным результатом Резерфорда явилась оценка «длительности жизни» радия — «не более нескольких тысяч лет» [там же].

В последних абзацах Содди, со своей стороны, показал, что с помощью электроскопа можно регистрировать распад едва ли не единичного атома, тогда как при обычном взвешивании порогом чувствительности является  $10^{14}$  атомов урана. Интересно, что, сравнивая физические и химические свойства радиоактивных и стабильных элементов, Содди отметил отсутствие у радиоактивных элементов каких-либо специфических химических свойств. Отсюда он сделал вывод, что и атомы стабильных элементов должны обладать такой же огромной внутренней энергией. По мысли Содди, можно объяснить и кажущееся постоянство солнечной энергии, если предположить, что она обусловлена внутренней энергией элементов, из которых состоит Солнце. Иначе говоря, он имел в виду процессы внутриатомного превращения, происходящие, с его точки зрения, на Солнце (однако фактически на Солнце идет процесс не деления или дезинтеграции элементов, но их синтез).

## Оценка открытия современниками

В целом могу сказать, что твердо знаю: самая лучшая часть нас с вами обоих уже навеки «сохранена»...

Фредерик Содди — Эрнесту Резерфорду

Основы теории радиоактивного распада, заложенные Резерфордом и Содди в 1902—1903 гг., стали своеобразным ключом к дальнейшему изучению внутриатомных процессов. Совместные публикации этих ученых, содержавшие важнейший новый экспериментальный материал, подвергнутый смелому и глубокому теоретическому осмыслению, явились для того времени подлинным фундаментом знаний о радиоактивных явлениях. И сейчас, спустя 75 лет после опубликования «Радиоактивного превращения» [12], эта работа Резерфорда и Содди поражает глубиной идей, классической сжатостью, четкостью выводов и ясностью изложения. Ближайшим подтверждением правильности теории радиоактивного распада явилось открытие Рамзаем и Содди в 1903—1904 гг. образования гелия при распаде эманации радия; в 1904 г. теория радиоактивного распада получила дальнейшее обоснование и разработку в первых книгах Резерфорда [332] и Содди [29].

Как уже отмечалось, сотрудничество Резерфорда и Содди, длившееся 18 месяцев и увенчавшееся публикацией девяти совместных статей [3—4, 6—12], было чрезвычайно активным и многогранным. По-видимому, каждый из соавторов стремился внести достойный вклад в каждую часть совместной работы. Если мы рассмотрим конечные результаты их совместной деятельности, все время помня, что у Содди до сотрудничества с Резерфордом вообще не было, очевидно, своего мнения о природе радиоактивности, а мнение Резерфорда было ошибочным именно с точки зрения химика, то мы увидим, что утверждения Резерфорда и Содди в итоговой статье резко противоречат начальному мнению Резерфорда, причем во всех случаях аргументация опирается на чисто химическую трактовку явления. Произошло как бы последовательное логическое отрицание ошибочных положений цитированного выше высказывания Резерфорда (с. 56),

а также конкретизация и углубление его представлений о диссоциации вещества как причине радиоактивности. С точки зрения психологии научного творчества данное сотрудничество было одним из самых удачных, самых «психологически совместимых» в творческом активе обоих ученых. В пользу такого заключения, возможно, говорит как тот факт, что ни с одним из своих будущих соавторов они не опубликовали большего числа работ (цифра 9 так и осталась своеобразным рекордом среди совместных работ каждого), так и то обстоятельство, что в этих работах максимально полно и органично реализовались их творческие потенции.

Причину прекращения знаменитого сотрудничества нужно искать, очевидно, не в психологической несовместимости этих ученых (мнение Д. С. Данина), а во внешних обстоятельствах. Они были особенно неблагоприятны для Содди и в определенной степени повлияли на его оценку собственной деятельности. Так, он не имел твердого заработка, а его пребывание в Монреале было совершенно бесперспективным (с точки зрения поставленной ранее цели — получить кафедру химии в каком-либо университете). В процессе сотрудничества с Резерфордом он быстро накопил опыт работы с радиоактивными веществами и подготовил несколько обзоров исследований по радиоактивности. Однако Содди, имея в Монреале такого сильного конкурента, как Резерфорд, не мог приложить свои знания к какому-либо конкретному самостоятельному делу (лекции, книги и пр.). Для него стала ясной необходимость отъезда из Монреала.

Если бы в Мак-Гилле освободилась кафедра химии, то он, по всей вероятности, остался бы в Монреале. Но этого не произошло, и в феврале 1903 г. Содди покинул Канаду, направляясь в Англию, к Рамзаю. И не ссора с Резерфордом была причиной отъезда, а надежда Содди на то, что в Англии откроется больше возможностей для получения профессуры. Отметим, что в 1953 г. Хауортс прямо спросила Содди о возможности ссоры как причины его отъезда. Содди ответил: «Естественно, нет. Мы были лучшими друзьями, и ими же и остались... Часы, проведенные за радиоактивными экспериментами, были, конечно, чрезвычайно лихорадочными, но они были и наиболее интересными и приятными в моей жизни» [244, с. 96].

Существенным моментом их сотрудничества явилась острая обоюдная заинтересованность в получении наиболее весомых научных результатов в совместных публикациях. О тщательности и высокой ответственности, проявленной учеными в совместной работе, свидетельствуют, в частности, строки письма Содди к Резерфорду от 31 марта 1903 г., касающиеся обработки окончательного варианта пятого параграфа в статье «Радиоактивное превращение» [12]: «Это чрезвычайно трудный и критический раздел, и я бьюсь над ним несколько недель, ибо мне кажется абсолютно необходимым сделать ясной каждую деталь, которую мы считаем важной...» (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 95a).

После отъезда Содди в Англию партнеры, по-видимому, были очень довольны результатами сотрудничества, и, когда в публикациях речь заходила о совместных работах, каждый из них, стремясь подчеркнуть роль другого, ставил его имя перед своим.

Интересно отметить, что в конце апреля 1903 г. Содди писал Резерфорду, что ему посоветовали в Оксфорде представить совместную с Резерфордом работу для получения степени доктора наук. Но для этого требовалось четко указать вклады каждого из соавторов. Содди, в частности, отмечал: «Этот вопрос часто возникает, и мне сказали, что было бы лучше сформулировать это разграничение теперь, чем спустя несколько лет... Поэтому я вкладываю черновик такого разделения... Если бы вы приняли этот вариант... я был бы весьма благодарен... Конечно, я буду рассматривать его как конфиденциальный» (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 102). По мнению Т. Дж. Тренна, «возможно, этот черновик лег в основу рекомендации Резерфорда от 15 января 1904 г.» (262, с. 35); отметим, что эта рекомендация переведена на русский язык и опубликована автором [271]. В ней Резерфорд дал следующую оценку вклада Содди в их совместную работу: «Мистер Содди взял на себя всю чисто химическую работу, требуемую в этих исследованиях. Он быстро познакомился с физическими методами, применяемыми в измерениях радиоактивности, и в последующей работе выполнял весь объем чисто физических измерений. Работа, опубликованная нами, была совместной работой в полном смысле

этого слова, ибо мистер Содди не только принимал участие в экспериментальной работе, но также выдвинул многие из предложений и объяснений, включенных в наши совместные статьи» [244, с. 318—320].

За равную работу полагается равное вознаграждение. Однако вознаграждение за эту «совместную работу в полном смысле этого слова» оказалось слишком неравным.

К 1903 г. у Резерфорда был уже четырехлетний стаж изучения радиоактивных явлений, у Содди — двухлетний; Резерфорд опубликовал 30 статей по радиоактивности (из них — 9 с Содди), Содди — 10 (из них — 9 с Резерфордом); Резерфорд вел большую научную корреспонденцию с ведущими физиками, а Содди почти никто из «великих» не знал. Авторитет Резерфорда и его положение профессора физики способствовали тому, что в глазах сначала научного общества, а затем и все более широких кругов общественности он стал восприниматься единственным автором наиболее фундаментального обобщения в учении о радиоактивности — теории радиоактивного распада, а Содди казался лишь случайно связанным с этим открытием. Эта точка зрения еще более укрепилась<sup>5</sup> после того, как Резерфорд в 1904 г. прочел и опубликовал свою блестящую Бейкерианскую лекцию, в которой развил математический аппарат теории радиоактивных превращений (одновременно и независимо во Франции это сделали П. Кюри и Ж. Данн). С этого момента многие ученые, считая Резерфорда творцом теории радиоактивного распада, стали ссылаться только на эту работу, минуя его совместные публикации с Содди. По-видимому, Резерфорду на первых порах казалось неудобным поправлять каждого такого автора, а Содди сдерживали моральные запреты.

---

<sup>5</sup> Отметим, что за совместные исследования с Содди основные научные награды получил Резерфорд (Содди не получил ни одной награды). По словам О. А. Старосельской-Никитиной: «После публикации статьи „Радиоактивное превращение“ (итоговая публикация Резерфорда и Содди.— А. К.) Резерфорд был рекомендован советом Лондонского Королевского общества для избрания его членом общества... В 1903 г. 32-летний Резерфорд был избран в члены Лондонского общества, а в ноябре 1904 г. общество присудило ему медаль Румфорда. По определению Фезера, это был „предваряющий грохот целой лавины дальнейших почестей“» [378, с. 61].

Такое положение дел привело к тому, что Нобелевская премия по химии за 1908 г. была вручена Эрнесту Резерфорду, как сказано в дипломе, «в качестве награды за Ваши исследования по дезинтеграции элементов и химии радиоактивных веществ» [244, с. 78]. Резерфорд, не сомневаясь в обоснованности такого присуждения, все же писал О. Гану: «Я должен признаться, это явилось полной неожиданностью, и я был очень поражен моим перевоплощением в химика» [278, с. 123]. Свою Нобелевскую лекцию Резерфорд назвал «Химическая природа  $\alpha$ -частиц, испускаемых радиоактивными веществами», в которой о своих совместных работах с Содди отозвался лишь несколькими фразами, отметив: «Если бы время позволило, было бы интересно рассмотреть несколько подробнее сущность этих исследований, которые послужили прочным основанием для построения общепринятой теперь „теории превращений“ в учении о радиоактивности» [372, т. 2, с. 156].

Очевидно, Содди болезненно переживал такое несправедливое одностороннее распределение наград. Его претензии на научное и общественное признание за работу, потребовавшую именно от него больших волевых усилий, трудолюбия, времени, а также определенных лишений, были высокими и, естественно, казались ему справедливыми. Помимо этих субъективных моментов претензии Содди имели и реальную основу: как ученый, он прекрасно сознавал, что именно химическая часть совместного исследования дала наиболее надежную экспериментальную и теоретическую базу для доказательства превращаемости радиоактивных элементов и последующей разработки теории радиоактивного распада. Однако безрезультатные ожидания резко отрицательно сказались на характере Содди. Он еще больше ожесточился в пору своих битв «на экономическом фронте» с банковскими злоупотреблениями, вылившихся в организованную травлю ученого. Происходила постепенная необратимая эволюция личности Содди. Он становился все более подозрителен к вышестоящим на научной и социальной лестнице, колол и едок со своими коллегами, болезненно раздражителен, когда речь заходила о приоритетных вопросах. Почетные награды (в 1910 г. он стал членом Лондонского Королевского общества, в 1913 г. получил премию Канницаро по химии, в 1921 г. награжден Но-

белевской премией по химии, в 1919 г. стал членом Шведской академии наук, в 1924 г.— действительным иностранным членом-корреспондентом АН СССР) казались Содди запоздавшими; к этому времени его научные интересы из области радиохимии постепенно переключились на область экономики и политики (отметим, что и здесь его идеи не получили быстрого признания).

В подавляющем большинстве популярных изданий, излагавших некоторые аспекты истории учения о радиоактивности, Резерфорд признавался единственным автором теории радиоактивного распада. Если и встречались упоминания о Содди, то лишь как об ученике, выполнившем второстепенную и черновую работу. Содди обходился молчанием эти некомпетентные заявления, но когда крупнейший радиохимик О. Ган выступил с подобным утверждением, Содди в декабре 1950 г. послал в «Nature» письмо с соответствующими исправлениями (полный текст этого письма впервые привела Хауртс [244, с. 118—119]).

Все поздние высказывания Содди о его сотрудничестве с Резерфордом в значительной степени направлены на развенчание представлений о его якобы второстепенной роли в открытии радиоактивного распада. И ошибочно было бы полагать, что Содди стал отмечать имевшую место несправедливость лишь после смерти Резерфорда. 22 февраля 1936 г. Содди писал американскому историку В. Нойсу: «Я могу абсолютно отрицать, что Резерфорд в то время усвоил сущность идеи атомного распада. Единственное первое исследование, которое мы выполнили вместе, было изучение странного спада эманулирующей способности окиси тория при прокаливании... в ходе которого мы открыли торий-Х... Я помню, что после публикации наших 6 совместных статей Резерфорд сказал мне, что люди говорят: то, что мы обсуждали, лишь выглядит как „трансмутация“; и я должен был убеждать его, что это было трансмутацией и дать ему *au fait* с химическим доказательством, чтобы опровергнуть всякого, кто оспорит это.

Легко впасть в ошибку, думая, что вещи, которые выглядят очевидными после открытия, были столь же очевидны до него!» [там же, с. 86—87].

В то же время Содди (это говорит об определенной противоречивости его позиции в отношении выяснения

приоритетных вопросов в данном открытии) после смерти Резерфорда писал 22 апреля 1938 г. его первому биографу А. С. Иву: «Скорее даже оскорбительно пытаться выяснить соответствующие вклады каждого из соавторов в совместную работу...» [там же, с. 293]. Наконец, в других своих публикациях и беседах с Хауртс он начиная с 1953 г. подчеркивал свою главенствующую роль в открытии естественной трансмутации радиоактивных элементов. Например, в 1953 г. Содди сказал Хауртс следующее: «Резерфорд не дал — и Вы можете быть уверены в этом — не дал и не мог дать интерпретации результатов этого эксперимента, но он ввел меня в проблему, и я всегда воздавал ему должное за это» [там же, с. 86].

Мы сознательно приводим здесь различные высказывания Содди относительно приоритетных вопросов в истории данного фундаментального открытия с той целью, чтобы читатель смог составить собственное мнение по этому вопросу и оценить возникающую сложность правильной оценки всех этих высказываний<sup>6</sup>.

Бесспорно, эти высказывания Содди обусловили резко полярное отношение (принятие или безоговорочное отрицание) к ним со стороны авторов популярных биографий ученых. Хауртс в книге о Содди (1958) безоговорочно отдала ему приоритет в этом открытии: «Содди,— утверждает она,— открыл трансмутацию» [244, с. 91]; а О. А. Старосельская-Никитина в книге о Резерфорде (1967) осудила Содди за «недостойную старого ученого

<sup>6</sup> После смерти Содди его ученики всегда отмечали несправедливость в распределении наград за это открытие. Так, Рассел писал: «Хотя Резерфорд был талантливее, как это показывает его последующая работа, несомненно, что равная часть почестей должна быть оказана Содди за это открытие» [258, с. 1070]. «Всякий, кто изучал оригинальные статьи,— отмечал Панет,— легко убедится, что в этой выдающейся работе решающая роль сыграла химиком... Однако в последних книгах имя Содди появляется редко; Резерфорду приписывают основную заслугу, иллюстрируя старую истину, хорошо известную изучающим историю науки: великий авторитет заслоняет меньший, хотя сам Резерфорд всегда отмечал важную роль своего коллеги» [251, с. 1085]. Но и при жизни Содди некоторые ученые высоко оценивали его вклад в разработку теории радиоактивного распада. Так, Фредерик Жолио-Кюри писал: «Мария Кюри особо уважала Ф. Содди и всегда особенно заступалась за своего коллегу» [244, с. 304]. Но и при жизни Содди при доказательстве радиоактивных превращений; это доказательство она всегда называла „доказательство Резерфорда — Содди“» [244, с. 304].

речь, полную желчных и клеветнических обвинений в адрес Резерфорда» [378, с. 298]. Резко осудил «гордеца и честолюбца» Содди за эти высказывания и Д. С. Данин. В биографии Резерфорда (1966) он писал: «Как ослепляет людей неудовлетворенное тщеславие! Даже умнейших. Даже взысканных громадными успехами в жизни... Не верится, что виною всему была старость Содди» [268, с. 242].

Историки науки все глубже изучают документы, касающиеся сотрудничества Резерфорда и Содди. В настоящее время кроме девяти совместных работ Резерфорда и Содди известны 29 писем Содди к Резерфорду, написанных в период сотрудничества в 1902—1903 гг., а также одно письмо Резерфорда к Содди, относящееся к этому времени (эти письма хранятся в Архиве Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета). Судя по этим письмам, Содди действительно убеждал Резерфорда в справедливости своих химических доказательств наблюдаемой трансмутации радиоактивных элементов. Более того, письмо Содди к Резерфорду от 31 марта 1903 г. содержит двухстраничный «Комментарий Содди» ко всем пунктам химического доказательства распада радиоактивных элементов.

В то же время этих документов в некоторых отношениях недостаточно для воссоздания полной картины сотрудничества двух выдающихся ученых. Американский историк науки, крупнейший знаток истории учения о радиоактивности и, в частности, творчества Резерфорда, профессор Лоренс Бадаш в 1969 г. после многолетних архивных изысканий признал бесполезность каких бы то ни было усилий провести психологическую реконструкцию сотрудничества Резерфорда и Содди: «Мы... отрицаем возможность проникновения в процесс вынашивания этого известного объяснения радиоактивности» [227, с. 21].

Первым из историков науки, успешно опровергнувшим высказывание Л. Бадаша, явился американский исследователь Т. Дж. Тренн. В 1972 г. он защитил диссертацию (376 с.) о сотрудничестве Резерфорда и Содди. Тренн удачно использовал для доказательств фрагменты переписки Резерфорда и Содди, записи в их лабораторных тетрадях, совместные публикации, статьи последующих лет, книги, воспоминания и другие источники. Главный вывод Тренна: «...сотрудничество было совместным

в полном смысле этого слова и ни один из партнеров не мог получить эти результаты в одиночку» [262, с. 37].

Несколько лет назад автор настоящей книги, будучи еще не знаком с диссертацией Т. Дж. Тренна (опираясь лишь на статьи Резерфорда и Содди, ряд историко-научных монографий и краткую журнальную статью Тренна [261]), попытался провести самостоятельное исследование сотрудничества Резерфорда и Содди. При этом он пришел к выводам, что *«у Содди и Резерфорда не было „психологической несовместимости“ в момент сотрудничества, а „свет и тени“ в этом сотрудничестве, по-видимому, обусловлены неправильной оценкой его обществом»* [271, с. 202]. В настоящее время эта точка зрения становится все более распространенной среди историков науки, и в данной главе автор лишь попытался ее более детально аргументировать.

## Лондон (1903—1904): сотрудничество с Рамзаем

---

### Причины приезда Содди к Рамзаю

Рамзай был олицетворением оригинальности, он был уникальной личностью... В зените своей власти в университетском колледже и в расцвете работы с инертными газами он бесстрашно и безошибочно шествовал трудной дорогой первооткрывателя и завоевал себе право на нечто большее, чем простой титул успешного изобретателя.

Фредерик Содди

Содди покинул Канаду 19 февраля 1903 г. Монреальским поездом он прибыл в Бостон, крупный портовый центр на северо-востоке Соединенных Штатов, купил билет на трансатлантический пароход, прогулялся по городу, успел написать и отправить письмо Резерфорду как раз перед тем, как его судно отвалило от канадского берега и взяло курс на Англию (Архив Резерфорда в Кембридже, 7653/S 93).

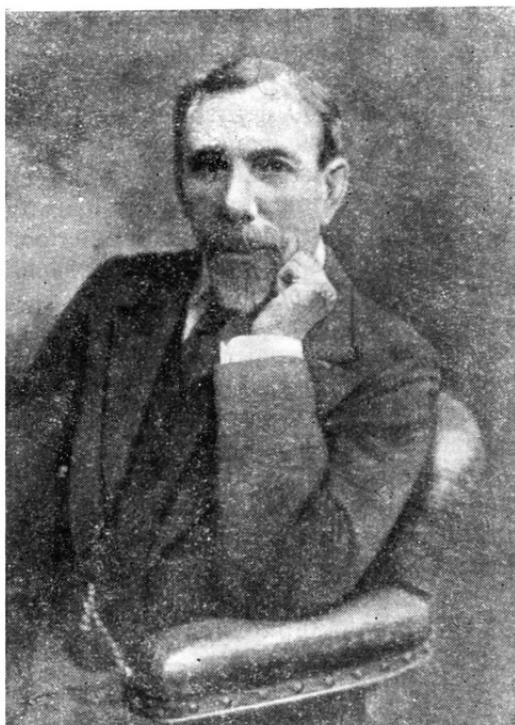
Он плыл в Лондон к своему бывшему экзаменатору Вильяму Рамзаю для дальнейшего изучения в его лаборатории химических свойств радиоактивных тел. После того как Содди доказал, что эманация тория и эманация радия — инертные газы, имя Рамзая, величайшего авторитета в этой области, очевидно, часто стало употребляться в беседах Содди с Резерфордом. Обоим соавторам казалось очень желательным, чтобы этот крупнейший экспериментатор подтвердил надежность химического результата, полученного в физической лаборатории Резерфорда. По-видимому, уже в начале 1902 г. Содди и Резерфорд обсуждали планы поездки Содди в лабораторию Рамзая для проведения соответствующих опытов. При этом если Резерфорда волновали главным образом научные результаты этой поездки, то Содди связывал с этой поездкой надежды на получение профессуры в Англии.

Для таких надежд у него были основания. Чрезвычайно интересные и важные совместные исследования с Резерфордом потребовали от Содди колоссальных затрат времени и сил. Естественно, он очень остро ощущал несоответствие между уровнем производимых им безвозмезд-

но экспериментальных и теоретических изысканий и ничтожным вознаграждением за одновременно выполняемую рутинную и нетворческую работу демонстратора (жалованье Содди равнялось 100 фунтам в год; напомним, что профессорский оклад Резерфорда составлял 500 фунтов в год). Поэтому не удивительно, что Содди вскоре отказался от должности демонстратора на химическом факультете Мак-Гилла, целиком переключившись на исследовательскую работу, а средства к существованию получал благодаря частным урокам [244, с. 75] и незначительной помощи от отца [там же, с. 142]. Зная эти факты, мы можем лучше понять стремление Содди собственными усилиями добиться как можно раньше престижной и хорошо оплачиваемой должности (при этом по-прежнему ему казалось идеальным вариантом получение профессорской кафедры в одном из университетов Англии), а единственный путь к этому он первоначально видел в результативной научной работе с Резерфордом. Поездка в Англию к Рамзаю, когда-то искренне восхищенному успехами Содди, могла не только подтвердить точность химических результатов Содди, но и приблизить его к столь желанной профессуре.

По-видимому, предложение направить соответствующее письмо Рамзаю исходило от Резерфорда, а написать и отослать его должен был Содди. Нам удалось установить, что 12 июля 1902 г. Содди сообщил Резерфорду о получении ответного письма Рамзая: «...Профессор Рамзай в своем ответе на мое письмо отвечает, что стал К.С.В. (кавалер ордена Бани 2-й степени — А. К.) и получает сотни писем, требующих ответа, поэтому не смог прочесть рукопись своевременно. Обещает вскоре прочесть ее. И добавляет, что работа была чрезвычайно важной и, возможно, даст ценные результаты. Будет рад, *если после Рождества я продолжу ее в его лаборатории* (курсив мой. — А. К.). Там есть несколько должностей, о которых объявлено в „Nature“. Бывшая кафедра Колли поместила такое объявление на этой неделе. Крукс закончил печатание первой статьи (Резерфорда и Содди [3]. — А. К.) в „Chemical News“, думаю, в четырех номерах, но не прислал еще оттиски» (Архив Резерфорда в Кембридже, 7653/S 89).

После завершения основной части совместной экспериментальной работы в Мак-Гилле необходимость поездки



*Вильям Рамзай*

Содди к Рамзаю становилась все более очевидной, и прежде всего Резерфорду. Позднее Содди вспоминал: «Исследования, проводившиеся в лаборатории Рамзая, привели к разработке специальных методов экспериментирования с небольшими количествами газов, и эта техника привлекла внимание Резерфорда и его сотрудников, работавших в университете Мак-Гилла. Резерфорд хорошо понимал, что только лаборатория Рамзая могла обеспечить необходимую взаимосвязь между химическими исследованиями и исследованиями в области радиоактивности. Именно здесь можно было окончательно выяснить природу эманации и связь гелия с радиоактивными изменениями» [377, с. 163].

О мастерстве Рамзая-экспериментатора свидетельствует, например, такой факт. Рамзай получил  $1 \text{ см}^3$  ксенона, составляющего 0,00 000 005 часть обычного воздуха,

и провел с ним многочисленные эксперименты, не потеряв при этом ни одного кубического миллиметра газа. В те годы такой высокий уровень исследовательской работы с газами вызывал даже у опытных экспериментаторов почти суеверное восхищение.

Вот почему весной 1903 г. Фредерик Содди переступил порог лаборатории Вильяма Рамзая при Лондонском Королевском колледже.

## Эксперименты с эманацией радия и радием

Содди начал работать в моей лаборатории весной 1903 г., и мы сразу же принялись за исследование свойств эманации радия.

Сэр Вильям Рамзай

Какова точная дата приезда Содди к Рамзаю? Содди покинул американский берег 19 февраля, следовательно, его визит в лабораторию Рамзая должен был состояться в конце февраля — начале марта 1903 г. Однако в монографии Хауортс цитируется по этому поводу следующее место из воспоминаний Содди: «Итак, в апреле 1903 г. я нашел себя в числе штатных сотрудников лаборатории Рамзая» [244, с. 98]. С нашей точки зрения, работа Содди в лаборатории Рамзая могла начаться уже в марте; к такому допущению приводит письмо Содди к Резерфорду от 7 марта 1903 г.: «Я беседовал с Рамзаем и дал ему краткий отчет о нашей последней работе... Я сказал ему, что весьма хотел бы провести эксперимент с ураном в ближайшее время... У меня огромная надежда... сделать какую-либо хорошую работу с ним (Рамзаем.— А. К.)» (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 94).

Свое первое сообщение о совместных экспериментах, помеченное 10 июля, Рамзай и Содди послали в «Nature», где оно и было опубликовано 16 июля [14] в разделе писем к редактору.

Рамзай и Содди попытались для начала изучить химическую природу газов, накапливающихся с течением времени в кристаллах сухого бромида радия. Впервые на выделение каких-то газов при растворении бромида радия указал Гизель [308]. Собранный им газ исследовал Бодлендер. Он показал, что этот газ состоит главным

образом из водорода и кислорода, образуя гремучий газ (по-видимому, в результате радиолиза воды).

В свою очередь Рамзай и Содди отметили, что после удаления водорода и кислорода, остаток составляет преимущественно углекислый газ. Они заморозили углекислый газ, а затем, сконденсировав эманацию радия, перевели остаток в разрядную трубку и, пропуская через газ электрическую искру, обнаружили «легко узнаваемую линию  $D_3$ ». Как считали Рамзай и Содди, присутствие гелия в остатке можно было объяснить тем, что гелий является одним из продуктов распада эманации радия или самого радия. Достаточным основанием для такого заключения, по словам исследователей, являлись результаты специально поставленных экспериментов Резерфорда, который обнаружил, что масса  $\alpha$ -частиц вдвое превышает массу водородного атома. Рамзаю и Содди нужно было только предположить, что  $\alpha$ -частицы, возможно, являются ионизированными атомами гелия. Полного и четкого отождествления  $\alpha$ -частиц с атомами гелия в статье сделано не было, хотя Рамзай и Содди отметили, что эти частицы «легко поглощаются твердыми телами и должны были бы накапливаться в твердых солях и радиоактивных минералах» [14].

По-видимому, более полно эта точка зрения была высказана в статье Содди «Последние успехи в радиоактивности» [13]. К сожалению, мы не смогли обнаружить в отечественных библиотеках выпуск данного журнала, поэтому нашим единственным ориентиром на содержание данной статьи Содди стала короткая рецензия в «Nature». Этот журнал в выпуске от 21 мая 1903 г. в разделе научных новостей отмечал появление в майском номере «Contemporary Review» статьи «мистера Фредерика Содди, чье имя ныне хорошо известно в качестве сотрудника профессора Резерфорда в Мак-Гиллском университете в Монреале...» Кратко резюмируя содержательную часть статьи, безымянный референт сравнительно много места уделил взглядам Содди на связь гелия с радиоактивными минералами: «...здесь предположено, что гелий — неизменная составляющая радиоактивных минералов — является, возможно, последним и стабильным продуктом распадающихся атомов тория. Согласно этой точке зрения, которая не может быть принята без усилий химиками, приученными верить в сохранение материи и неиз-



*Содди в пору сотрудничества с Рамзаем*

менность элементов, энергия радия образуется при распаде минимальной и почти невесомой части как бы „взрывающихся“ атомов радия» [320].

Интересно также отметить, что во многих книгах о ранней стадии учения о радиоактивности отмечается следующий факт. Летом 1903 г. лабораторию Рамзая посетил приехавший на каникулы в Англию Резерфорд. По совету Содди он купил 30 мг дешевого для тех лет бромида радия и дал на время свой препарат Рамзаю и Содди для подтверждения их открытия, что гелий является одним из продуктов распада радия. Однако, насколько нам известно, во всех этих работах не указывается дата этой важной встречи.

По-видимому, первая встреча Содди с Резерфордом «на территории Рамзая» произошла где-то в середине июня 1903 г. По крайней мере, в июльском номере «Che-

mic News» мы находим упоминание о том, что 19 июня 1903 г. на собрании Лондонского Королевского общества Резерфорд и Содди продемонстрировали опыты по конденсации радиоактивных эманаций радия и тория в жидком воздухе [290].

Ключом к установлению даты передачи Резерфордом своего препарата Рамзаю и Содди, с нашей точки зрения, должна служить указанная выше статья последних в «Nature». Дело в том, что печатный вариант их статьи представляет собой публикацию под одним заглавием двух последовательных писем: первого — от 10 июля 1903 г. и второго (постскрипту) — от 13 июля. В этом дополнении говорилось: «Мы повторили этот эксперимент с 30 мг свежего бромида радия, любезно переданного в наше распоряжение профессором Резерфордом; этот препарат, кажется, хранился в течение нескольких месяцев в твердом состоянии. Совершенно новая установка была сконструирована для этой цели, и более тщательные предосторожности были предприняты для удаления из спектральной трубки углекислого газа и эманации радия. Мы обнаружили практически чистый спектр гелия с двумя новыми линиями» [14].

Естественно предположить, что если бы 30 мг радия были в распоряжении Рамзая и Содди до 10 июля, то они выполнили бы с ним исходный эксперимент и отобрали полученный результат в первом письме. Очевидно, однако, что Резерфорд передал свой препарат Рамзаю и Содди не раньше 11 и не позже 13 июля; ориентировочно можно сказать, что датой передачи явилось 12 ( $\pm 1$  день) июля.

Отмеченная в постскрипту от 13 июля «совершенно новая установка» позволила Рамзаю и Содди приступить к серии детальных исследований свойств эманации радия. По словам Рамзая, эманация радия была выбрана потому, что «продолжительность ее жизни настолько больше жизни эманации тория (в отношении 463 000 : 87), что к ней возможно применить обычные физические методы» [377].

Статья Рамзая и Содди, посвященная этим исследованиям, была получена Королевским обществом 28 июля и опубликована в ближайшем выпуске «Proceedings of the Royal Society» от 15 августа 1903 г. Вскоре эту статью перепечатали многие научные журналы [17].

Статья состояла из четырех частей. В первой части Рамзай и Содди обсудили проведенные эксперименты по выявлению радиоактивных свойств известных ранее инертных газов атмосферы. Эти эксперименты представлялись ученым актуальными не только потому, что обе эманации оказались, как вытекало из ранее проведенных экспериментов Резерфорда и Содди, инертными газами, но и потому, что к середине 1903 г. были проведены известные эксперименты Эльстера и Гейтеля, Резерфорда, Стрэтта, Аллена и других по регистрации присутствия эманации радия и ее продуктов распада в атмосферном воздухе. В экспериментах Рамзая и Содди электроскоп поочередно помещался в атмосферу гелия, неона, аргона, криптона, ксенона на 36 часов, после чего регистрировалось уменьшение заряда. Во всех случаях скорость спада листочков электроскопа была пропорциональна плотности и давлению газа. Был сделан вывод о том, что сами по себе инертные газы свойством радиоактивности не обладают.

Во второй части было проверено доказательство Резерфорда и Содди о химической инертности эманации тория и радия. В опытах Рамзая и Содди эманация радия, смешанная с кислородом, в течение многих часов подвергалась искровому разряду, после чего так же долго эта смесь контактировала с раскаленным порошком магния и известью. Обнаружив, что эманация радия сохранила свои радиоактивные свойства неизменными, экспериментаторы признали, что она действительно с химической точки зрения представляет собой инертный газ.

В третьей части статьи Рамзай и Содди обсудили свои результаты по обнаружению гелия в газах, выделяемых при растворении бромида радия в воде. Для этих опытов использовалась новая экспериментальная установка, отвечавшая самым высоким запросам Рамзая. С ее помощью можно было проводить различные эксперименты с минимальными количествами эманации радия, избегая потерь драгоценного газа за счет утечек (рис. 1).

Бромид радия помещался в сосуд *A*, сообщавшийся посредством соединительной трубки с сосудом *B*, снабженным двумя кранами. Из сосудов откачивался воздух, нижний кран закрывался, и в сосуд *B* наливалось небольшое количество воды, подвергнутой ранее длительному кипячению с целью удаления растворенного в ней возду-

ха. Затем верхний кран закрывался и оба сосуда припаивались к соединительной трубке основного прибора. В трубку *C* была впаяна тонкая медная спираль, которую можно было нагревать электрическим током от батарей. В сосуде *D* помещался фосфорный ангидрид, предназначенный для поглощения водяных паров.

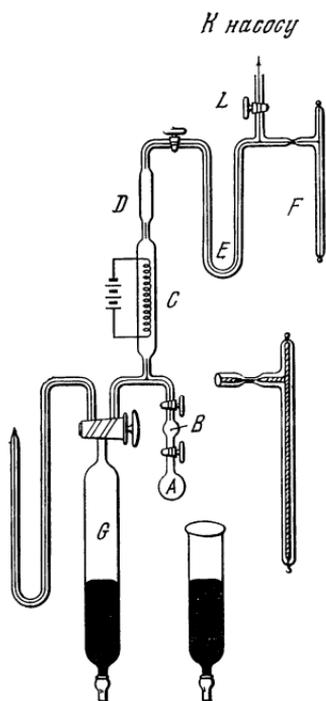


Рис. 1. Экспериментальная установка Рамзая и Содди

Накаленная докрасна медная спираль поглощала из смеси весь кислород и водород, пары воды захватывались ловушкой в сосуде *D*. Подливая ртуть в сосуд *G*, можно было переводить выделившиеся газы из сосуда *C* в спектральную трубку через *U*-образный конденсатор-улавливатель. Пропуская искру в разрядной трубке, можно было видеть полный спектр гелия: видны были линии 6677, 5876, 5016, 4932, 4713 и 4472. Три линии не были идентифицированы (6180, 5695, 5455).

Четвертая часть статьи Рамзая и Содди была посвя-

Капиллярная *U*-образная трубка *E* во время эксперимента погружалась в жидкий воздух для конденсации эманации радия и углекислого газа, которые иначе могли бы попасть в спектральную трубку *F*. Кран *L* соединялся шлангом с ртутным насосом, на рисунке не изображенным. Длина спектральной трубки составляла приблизительно 6,5 см. Предварительно медная спираль незначительно окислялась при нагревании током докрасна (окисление происходило за счет кислорода в сосуде *G*). Перед экспериментом прибор откачивался до высокого вакуума, и в нем перекрывались все краны. В момент начала эксперимента вода из сосуда *B* переливалась в сосуд *A*; бромид радия растворялся и выделял накопленные в нем газы, которые переходили в сосуд *C*.

щена описанию доказательства образования гелия в результате распада эманации радия. В этом эксперименте эманация радия, собранная над раствором 50 мг бромида радия, была сконденсирована в спектральной трубке, а все остальные летучие газы, включая и гелий, были откачаны с помощью насоса. После этого трубка запаивалась. За срок с 17 по 21 июля в трубке появилась первая желтая линия  $D_3$ , а 22 июля были видны уже желтая, зеленая, две голубых и одна фиолетовая линия гелия. Повторный эксперимент показал те же результаты.

Здесь полезно обсудить другую неточность, часто встречающуюся в литературе. Кому первоначально принадлежали исходные 20 мг бромида радия, с которыми Рамзай и Содди начали эксперименты? В литературе есть указания, что это количество радия купил Рамзай до приезда Содди [244, с. 30], отмечается и противоположный факт: этот радий приобрел Содди [203, с. 47; 377, с. 164]. Однако допустимо, что Рамзай и Содди использовали 20 мг бромида радия, принадлежавшего Химическому обществу. По-видимому, в пользу такого заключения говорят последние строки рассмотренной статьи Рамзая и Содди: «Мы хотим выразить нашу признательность исследовательскому фонду Химического общества за часть радия, использованного в наших экспериментах» [17, с. 355].

Позднее, летом 1904 г., была опубликована заключительная совместная статья Рамзая и Содди по исследованию свойств эманации радия [28]. В этой работе были подробно обсуждены различные эксперименты, проведенные с эманацией радия. Ученые сделали важные выводы: «Эманация радия является монократным химически инертным газом. Эманация радия образуется в результате распада атомов радия; эманация радия распадается с образованием гелия».

Ю. И. Соловьев и Л. П. Петров [377] обратили внимание на следующий интересный факт. 11 сентября 1903 г. на заседании Отделения химии Русского физико-химического общества Н. А. Меншуткин зачитал выдержку из полученного им письма Рамзая от 4 августа 1903 г. Интересно, что в этом письме в неявной форме идет речь и об активном осадке радия: «...бромистый радий является, по-видимому, постоянным источником „эманации“, а эта последняя непрерывно превращается в гелий. Есть

ли кроме гелия еще какое-нибудь вещество и если есть, то какое — пока не знаем» [354].

Как уже отмечалось [244, с. 332], образование гелия при распаде эманации радия явилось «химической сенсацией лета 1903 г.»

Во время работы с Рамзаем в университетском колледже Содди прочел с октября 1903 г. по февраль 1904 г. 12 лекций о радиоактивности [19], а вскоре профессор Дж. Дж. Томсон пригласил его прочитать краткий курс этих лекций с показом экспериментов для сотрудников возглавляемой им в то время Кавендишской лаборатории в Кембридже. Во время этих лекций Томсон сидел напротив лектора, и Содди вспоминал, что испытал чувство, сходное с тем, как «если бы Гомер пришел в зал прослушать лекцию об Илиаде» [244, с. 104]. Среди лекций о радиоактивности, носивших в те годы оттенок научной сенсации, известны также лекции Содди, прочитанные в январе 1904 г. Королевскому корпусу инженеров при Школе военной инженерии в Чезэме, а также Уайльдовская лекция, прочитанная Содди 23 февраля на собрании Манчестерского литературного и философского общества [23]. Интересно, что в этой лекции Содди впервые употребил понятие о среднем времени жизни радиоактивного атома ( $\tau = 1/\lambda$ ) и высказал идею, что искусственная трансмутация навсегда освободит человечество от нехватки топлива и других энергетических проблем.

Летом после поездки в Австралию Содди переехал в Глазго, где ему было предоставлено место лектора по радиоактивности.

# Глазго и Абердин (1904—1919): самостоятельные исследования

---

## Общая характеристика периода

...В науке задача, надлежащим образом поставленная, более чем наполовину решена. Процесс умственной подготовки, необходимый для выяснения того, что существует определенная задача, часто отнимает больше времени, чем само решение задачи.

Фредерик Содди

С приездом Содди в октябре 1904 г. в Глазго, где он занял должность лектора неорганической и физической химии в Глазговском университете, начался третий период его исследований химических свойств радиоэлементов.

Он приехал в Глазго со страстным желанием сделать как можно больше экспериментальных и теоретических работ по радиоактивности и первоначально это привело к некоторому разбрасыванию его научных интересов. Высокая творческая активность ученого в этот период (в Глазго он опубликовал около 80 работ) не должна скрывать главного: Содди долго не мог «найти себя», выбрать центральную задачу и сконцентрировать на ней максимум усилий. Это привело к тому печальному последствию, что часто он первым ставил важную задачу и проводил первые опыты, но автором решающего открытия в данной области становился другой исследователь: Содди к тому времени уже увлеченно экспериментировал в новой перспективной области. Он очень верил в себя, в свою способность быстро получить искомые результаты. Но поскольку с каждым годом число «лежащих на поверхности» открытий резко уменьшалось и каждая частная проблема требовала для своего решения большой работы, то его предварительные отчеты о полученных результатах нередко были и туманными и противоречивыми. В них было зерно истины, но оно еще не было очищено от плевел экспериментальных ошибок и теоретической недоработки. Его теоретические исследования, как правило написанные на самом высоком уровне для тех лет, иногда несли

на себе следы спешки, недоговоренности, в них порой самым удивительным образом сочетались смелые новые идеи и некритически воспринятые устаревшие теоретические положения. Очевидно одно: разбрасывание вело к спешке, а она резко снижала качество исследований. Лишь в начале 1910-х годов Содди в течение нескольких лет оставался на фундаментальной проблеме размещения радиоэлементов в периодической системе, и результат не замедлил сказаться: школа Содди вплотную подошла к открытию изотопии радиоактивных элементов.

Деятельность его в Глазго была посвящена преимущественно следующим аспектам: экспериментальному изучению начального участка уранового радиоактивного ряда (последовательность превращений радиоэлементов, характер их излучений, периоды полураспада и т. д.); ежегодной систематизации знаний в учении о радиоактивности (реферирование статей и емкие обзоры); разработке курса лекций по радиоактивности для студентов университета; написанию научно-популярных книг для широкой аудитории; попытке философского обоснования периодической системы элементов и поиску связей между радиоактивными рядами и периодической системой; изучению химических свойств радиоэлементов; измерению атомного веса свинца ториевого происхождения (после 1913 г.). Много внимания и времени Содди уделял ученикам и стажерам, которые вели большую исследовательскую работу в его лаборатории.

В Глазго Содди написал такие важные книги, как «Радий и его разгадка» (1909), «Химия радиоэлементов» (ч. 1, 1911; ч. 2, 1914), «Материя и энергия» (1912), а также перевел и прокомментировал книгу Ж. Перрена «Броуновское движение и молекулярная реальность» (1910).

Бесспорно, вершиной теоретических достижений Содди в Глазго явились формулировка закона радиоактивных смещений и введение в науку концепции изотопии (декабрь 1913 г.).

В Абердине Содди продолжил исследования, начатые еще в Глазго: опыты по доказательству образования радия в растворах урановых солей; измерение атомного веса свинца ториевого происхождения; поиск радиоэлемента, являющегося материнским по отношению к актинию. Кроме этого, Содди продолжил публикацию своих обзоров развития учения о радиоактивности, а также опубли-

ликовал важные обобщающие статьи (в основе которых лежали его доклады в научных обществах Абердина и Лондона) об изотопии.

### Проблема происхождения радия

В 1903 г. Содди покинул Монреаль ради исследований с Рамзаем химических проблем. Чтобы исключить нежелательное дублирование, я набросал разграничительную схему будущей работы... Содди должен был изучать важную проблему — можно ли зарегистрировать накопление радия в очищенных урановых солях...

Эрнест Резерфорд

Цикл работ 1904—1910 гг., связанных с изучением процесса накопления радия в растворах тщательно очищенного уранил-нитрата, потребовал от Содди значительных усилий. Однако он не достиг положительного итога: решающие открытия в этой области были сделаны другими исследователями, а собственные экспериментальные результаты не были интерпретированы Содди правильно<sup>1</sup>. Это имело серьезнейшие последствия для дальнейшей научной судьбы Содди — в результате неудач он во многом утратил веру в свои способности экспериментатора, стал излишне осторожен и медлителен в отбраковке экспериментальных данных, нередко поручал важнейшие эксперименты своим ученикам.

Если обычно число его публикаций по экспериментальным исследованиям какой-либо проблемы колебалось от 3 до 5 и охватывало промежутки времени в 1—3 года, то данной теме посвящены 19 публикаций Содди, причем 14 из них — экспериментам 1904—1911 гг. [26, 31, 34, 47, 48, 54, 56, 69, 73, 79, 82, 84, 85, 91]; далее он эпизодически возвращался к ней на протяжении 20 лет — в 1915 г. [113], 1919 г. [134], 1924 г. [159], 1931 г. [167], 1932 г. [170]. Конечно, для ученого его ранга эта проблема —

<sup>1</sup> В биографической статье о Содди, напечатанной в БСЭ, ошибочно указывается: «Содди также экспериментально доказал (1915), что радий образуется из урана» (БСЭ, 2-е изд., т. 39, с. 552). Эта ошибка повторена редакторами сборника статей М. Яуэ [365, с. 351], а также Э. К. Соколовской [376, с. 153] и др. К сожалению, она осталась и в новом издании БСЭ (т. 24, кн. 1, с. 69).

после ее решения Б. Болтвудом (не без помощи Э. Резерфорда) в 1906—1907 гг.— уже не имела серьезной научной остроты, и тот факт, что Содди оказался столь «верен» ей, объясняется, на наш взгляд, психологическими, а не научными мотивами. Рассмотрим кратко причины неуспеха Содди.

Вопрос о происхождении радия был поставлен еще в публикации Резерфорда и Содди «Радиоактивное превращение» [12].

О том, что автором этого вопроса явился сам Содди, можно судить из его письма к Резерфорду от 31 марта 1903 г.; характеризуя черновик посылаемой Резерфорду совместной статьи, Содди, в частности, указывал на приоритетный характер этого вопроса: «Затем метаболоны (так Резерфорд и Содди предложили называть последовательные продукты радиоактивного распада.— *А. К.*) наводят на проблему происхождения радия с гарантией дать мне приоритет, если эта задача станет разрабатываться» (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 95а).

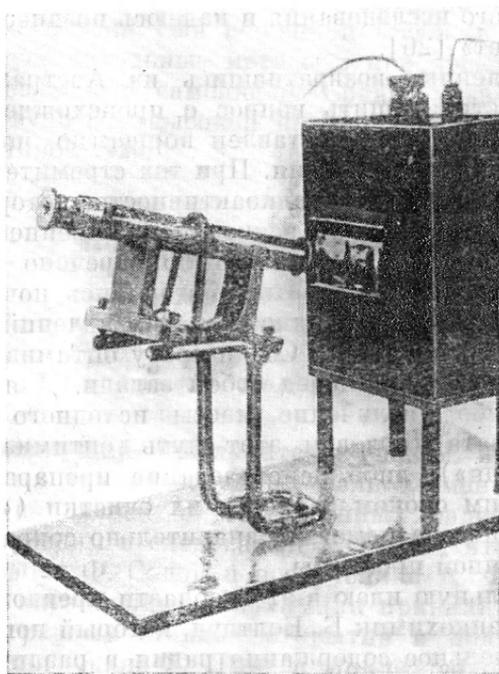
В статье «Последовательность превращений радиоактивных тел» (1904) Резерфорд тоже отметил престижный характер этого утверждения: «...мы с Содди решили, что Содди проведет эксперименты с целью определить, образуется ли радий из урана» [372, т. 4, с. 375].

Однако последовательность событий сложилась таким образом, что о своем приоритете помнил лишь сам Содди. Год спустя после публикации статьи «Радиоактивное превращение», 5 мая 1904 г., в «Nature» появилась краткая заметка В. Везема, в которой автор сообщал о наличии эманации радия во всех старых образцах очищенных солей урана [340, с. 5]. Это наблюдение однозначно свидетельствовало в пользу образования радия солями урана, точнее,— элементарным ураном, входившим в состав этих солей. Для подтверждения своих результатов Везем нуждался в дополнительных образцах очищенных солей урана с известным сроком их очистки, поэтому в заключительных строках своей заметки он обращался ко всем читателям с просьбой помочь ему и прислать такие образцы. (Отметим, что точная дата очистки требовалась для того, чтобы надежно рассчитать  $T_{1/2}$  радия.)

В следующем выпуске «Nature» от 12 мая 1904 г. появилась статья Содди. Он оспаривал результаты Везема

и напоминал «о своем приоритете» в этой области исследований [26].

В статье отмечалось, что год назад Содди очистил 1 кг уранил-нитрата, так что количество радия в нем составляло менее  $10^{-13}$  г — предел чувствительности используемого Содди электроскопа. Но в мае 1904 г. Содди еще работал в лаборатории Рамзая, в которой за год интенсивной работы с эманацией радия образовался значительный «фон» излучений от продуктов активных осадков, вследствие чего было почти невозможно с точностью определить колебания активности в препарате уранил-нитрата. Содди показал, что за год в препарате накопилось менее  $10^{-11}$  г радия. Если считать правильной оценку Рамзая и Содди, что в год распадается 0,001 часть атомов радия, и принять скорость распада урана в 1 000 000 раз мень-



*Электроскоп Содди.  
Экспонат химического факультета  
университета в Глазго.*

шей скорости распада радия, то за год в 1 кг уранил-нитрата должно было распасться  $5 \times 10^{-7}$  г радия. Однако из экспериментов Содди вытекало, что если уран и распадается с образованием радия, то приблизительно в 10 000 раз медленнее теоретического значения.

Содди первым интерпретировал свой результат как возможное свидетельство наличия промежуточных продуктов между ураном и радием в цепи распада. Пытаясь сохранить за собой эту тему, Содди огласил целую программу своих исследований на ближайшие годы: «Поскольку теория радиоактивного распада не претерпела изменений, можно считать установленным, что уран не является родительским веществом для радия. Эксперименты будут продолжаться из года в год с 1 кг уранил-нитрата. Но поскольку я покидаю Англию со дня на день и буду отсутствовать в течение нескольких месяцев, то я и использую возможность представить здесь результаты неоконченного исследования и надеюсь позднее дать о них полный отчет» [26].

К сожалению, возвратившись из Австралии, Содди не смог быстро решить вопрос о происхождении радия. Его эксперимент был поставлен корректно, но рассчитан на большой период времени. При тех стремительных темпах развития учения о радиоактивности, которые наблюдались в начале XX в., всякое искусственное торможение этого процесса развития было обречено на провал: наиболее интересные работы повторялись почти во всех центрах исследований радиоактивных явлений. Финансовые трудности помешали Содди сразу оптимизировать решение поставленной перед собой задачи. Для этого требовалось либо увеличение массы исходного препарата уранил-нитрата (назовем этот путь оптимизированным «путем Содди»), либо использование препаратов с 10—20—30-летним сроком давности их очистки («путь Везема»). Оба способа помогали значительно сократить время решения данной проблемы.

Оригинальную идею в этой области предложил американский физикохимик Б. Болтвуд, который попытался определить удельное содержание радия в различных урансодержащих минералах. Болтвуд обнаружил, что отношение радия к урану почти во всех минералах стремится к некоей постоянной величине (в определенной степени «путь Болтвуда» представлял собой случай *предельной*

оптимизации «пути Везема»). Доказав, таким образом, принадлежность радия урановому семейству, Болтвуд приложил много сил, пытаясь открыть новый радиоэлемент, промежуточный между ураном и радием. В 1906 г. его усилия были вознаграждены: он открыл новый  $\alpha$ -излучатель, который назвал «ионием».

Сравнивая последовательные работы Болтвуда и Содди по этой проблеме, невольно убеждаешься в том, какую огромную «фору» дал Содди Болтвуду — ведь последний мог использовать любое количество уранового минерала (выигрыш в массе), в котором радий и другие продукты распада урана накапливались уже миллионы лет (выигрыш во времени)! Не удивительно, что Содди проиграл эту гонку нервов (Ромер указывает, что Содди лишь в 1910 г. стал использовать название «ионий» в своих работах).

В дальнейшем Содди время от времени возвращался к этой теоретически уже решенной проблеме, используя все более чувствительные методы и приборы. По-видимому, здесь сказалось самолюбие Содди, уязвленное репликой Болтвуда о невысокой научной значимости статей Содди по данной теме.

## Полемика вокруг урана-У

**Вы увидите... что Содди подтвердил результаты работы Антонова. Я очень рад, что так хорошо все кончилось...**

**Эрнест Резерфорд — Георгу Хевеши**

Короткоживущий  $\beta$ -излучатель уран-У является одним из самых труднодоступных радиоэлементов и единственным (из свыше 40 естественных радиоэлементов) открытым русским исследователем (Г. Н. Антонов, 1911). Изучение работ Ф. Содди и его ученика А. Флека показывает, что английские радиохимики приняли деятельное участие на разных стадиях открытия и подтверждения существования урана-У. Так, в цикле работ Содди по изучению начального участка уранового ряда [64, 65, 68, 69, 73, 74, 77] есть упоминания о попытках выделить из растворов урана-Х некий радиоэлемент, о наличии которого, казалось, свидетельствовало сложное излучение ура-

на-Х. Однако экспериментальные трудности, вставшие перед Содди, оказались столь значительными, а теоретическая интерпретация его результатов — столь неоднозначной, что он отказался от продолжения этой работы, хотя тщательно следил за публикациями по этой теме.

В 1911 г. молодой русский стажер в лаборатории Э. Резерфорда, Г. Н. Антонов, опубликовал статью [280], в которой описывал методику выделения нового радиоэлемента —  $\beta$ -излучателя урана-У — из растворов ранее известного  $\beta$ -излучателя урана-Х. Об этом открытии Резерфорд писал Болтвуду в письме от 16 мая 1911 г.: «Антонов, который в течение прошлого года работал как раб, сообщил, что он нашел новый продукт, испускающий  $\alpha$ -лучи (здесь имела место описка Резерфорда.— А. К.) с периодом порядка 1,5 дня, в очищенном уране. Он выполнил огромное количество работы, и его результаты выглядят корректными» [227, с. 250].

В 1911 г. результат Антонова был дважды обсужден Содди — в «Химии радиоэлементов» [92b, с. 60] и обзоре работ по радиоактивности за 1911 г. [93, с. 288—289]. Содди указывал на важное значение этого результата и желательность его проверки. В 1913 г. лаборант Содди, А. Флек, не смог подтвердить результат Антонова, о чем он сообщил в своих публикациях за март и май 1913 г. [306, 307]. Антонов сравнительно спокойно отнесся к этим публикациям Флека. В монографии «Продукты дезинтеграции урана» [344] он подчеркнул, что отделение урана-У от урана-Х «представляет почти непреодолимые экспериментальные трудности». «Лишь после целого года неблагоприятной работы,— отметил Антонов,— мне удалось найти такие условия, при которых этот опыт в моих руках легко повторяется» [344, с. 99]. В августе того же года в «Philosophical Magazine» появилось письмо Антонова к редактору журнала [281], в котором он предполагал, что Флек просто не смог выделить уран-У по причине повышенных экспериментальных трудностей. По словам Л. Л. Зайцевой и Н. А. Фигуровского, этот спор «мог стать затяжным, так как Антонов не мог очистить уран от урана-Х, а Содди не описал детально своих способов очистки урана. Тогда Антонов обратился с письмом к Резерфорду, в котором просил его разрешить спор, причем он готов был повторить этот опыт при экспертах, для чего готов немедленно выехать в Англию. По прось-

бе Резерфорда, видевшего разрешение спора в повторении Антоновым опытов с препаратом урана, очищенным Содди, последний послал Антонову 60 грамм чистого уранилнитрата, из которого Антонов выделил уран-У так же, как и из своих собственных препаратов» [355, с. 114].

Антонов заявил об этом на заседании Отделения химии Русского физико-химического общества 12 сентября 1913 г. «Таким образом,— подчеркнул он,— мне удалось окончательно поставить вне сомнения самый факт существования урана-У и показать, что он действительно растет из урана; уран, разлагаясь, превращается одновременно в два продукта: уран-Х в преобладающем количестве и уран-У в малом количестве и потому относимый к боковой цепи» [345, с. 1464].

В декабрьском номере «Philosophical Magazine» появилось еще одно сообщение Антонова [282]. Он подтверждал выделение урана-У из препарата Содди, а также указывал порядок активности урана-У на фоне активности урана-Х (больше 2%). Последнее, по мысли Антонова, свидетельствовало о том, что «актиниевая серия разветвляется в этой точке» [282, с. 1058].

В декабре 1913 г. за изучение этой проблемы взялся сам Содди, причем его, конечно, волновал престиж своей лаборатории. Если бы Антонову удалось доказать ошибочность результатов Флека, пятно легло бы на все его предыдущие исследования, которые Содди положил в основу своих обобщений.

Результат, полученный Содди, оказался парадоксальным: оба исследователя были одновременно правы и неправы! Прав Антонов, утверждая о наличии нового короткоживущего  $\beta$ -излучателя, названного им ураном-У, и неправ, считая, что уран-У можно отделить химически от урана-Х; прав Флек, говоря, что химически от урана-Х нельзя отделить методом Антонова новый радиоэлемент, и неправ, утверждая, что такого радиоэлемента вообще не существует. Содди показал, что судить о существовании урана-У можно лишь по изучению характера спада активности образца урана-Х *сразу* по отделении его от урана; уран-У является изотопом урана-Х и не может быть отделен от него никаким химическим методом (Содди указал на большую помощь, оказанную ему женой при проведении основных экспериментов в этой области) [108].

Статья Содди была опубликована в январском выпуске «Philosophical Magazine», а 7 января 1914 г. Резерфорд с облегчением писал Хевеши: «Вы увидите в „Philosophical Magazine“ этого месяца, что Содди подтвердил результаты работы Антонова. Я очень рад, что так хорошо все кончилось, ибо я бы очень сожалел, если бы узнал, что лаборатория выпустила плохую работу, что подорвало бы ее авторитет. Я думаю, что Антонов с успехом выиграл этот спор, впрочем, он никогда и не сомневался в своей правоте» [355, с. 114].

Спустя месяц, 6 февраля 1914 г., на заседании Отделения химии Русского физико-химического общества Антонов информировал собравшихся о научной дискуссии вокруг открытия урана-У. Он отметил свое предыдущее успешное повторение опытов по отделению урана-У из очищенного Содди препарата урана, после чего сообщил о подтверждении Содди факта существования урана-У [346, с. 171].

Таким образом, уран-У оказался первым радиоэлементом, для которого изотопия с торием и ураном-Х была доказана сразу же после того, как Содди сформулировал 4 декабря 1913 г. закон радиоактивных смещений и ввел в науку концепцию изотопии [103]: статья Содди «Существование урана-У» была подписана им 10 декабря 1913 г. [108].

Следы этой дискуссии, как автором было ранее показано [275, с. 243—244], заметны при изучении истории открытия нового радиоэлемента в радиоактивном ряду актиноурана — протактиния. Содди и впредь с большим уважением отзывался о работе Антонова по отделению урана-У, а также об его оригинальной идее, что этот радиоэлемент мог бы принадлежать к актиниевому ряду. Интересно, что итоговая статья Содди и Крэнстона, в которой они представили качественное доказательство существования нового радиоэлемента, кончалась словами: «Это исследование проведено с целью проверить и подтвердить точку зрения, что родительский для актиния радиоэлемент занимает место экатантала в периодической системе и образует актиний в результате  $\alpha$ -распада с с большим  $T_{1/2}$ , причем данный радиоэлемент образуется в результате распада урана-У, открытого Антоновым, который предположил, что уран-У является первым членом актиниевого семейства» [124, с. 404]. Однако по-

следнее слово «О месте урана-У в радиоактивных сериях» (именно так называлась его статья) было сказано Г. Н. Антоновым в 1945 г., когда он показал, что уран-У является вторым радиоэлементом в радиоактивном ряду актиноурана [355, с. 115].

### **Эволюция представлений Содди о связи радиоэлементов с периодической системой**

Кажется, химия должна рассмотреть случаи, противоречащие периодическому закону, а именно — полную химическую идентичность элементов с различными предполагаемыми атомными весами...

**Фредерик Содди**

Тщательный анализ публикаций Содди показывает, что на протяжении 1903—1912 годов им были предприняты неоднократные попытки найти «философское» (выражение Содди) объяснение периодического закона и выявить связь радиоэлементов с периодической системой. Уже в обзоре работ по радиоактивности за 1903 г. он использовал представления о периодической системе и радиоактивных рядах для решения спора о месте радия в системе [29, с. 31; 30, с. 249]. При этом Содди первоначально полагал, что короткоживущие радиоэлементы не могут быть размещены в системе, отмечая: «периодическая система становится скорее регистратором тех форм атомных структур, которые стабильны, чем всех тех, которые возможны вообще» [30, с. 276].

В обзоре за 1905 г. Содди выразил уверенность в существовании определенной связи между радиоактивными рядами и периодической системой: «несомненно, какое-либо объяснение одного будет иметь применение и к другому» [37, с. 308]. Он указал, что согласно экспериментальным данным радиоактивные ряды в системе заключены в пределах уран-свинец.

В обзоре за 1906 г. Содди отметил неоднородность имеющейся информации: большая часть данных о радиоэлементах получена физическими методами, а химическая информация о них чрезвычайно скудна и противоречива, вследствие чего представляется преждевременным проводить глубокие химические обобщения [44, с. 334].

Действительно, специфические трудности изучения химических свойств короткоживущих радиоэлементов (преимущественно — в области активных осадков) существенно замедлили развитие представлений о радиоактивных рядах. Основой для надежного размещения радиоэлементов в периодической системе и констатации явления изотопии радиоактивных элементов послужили данные о химической неотделимости радиоэлементов, главным образом — в предэманационной части радиоактивных рядов. Благодаря работам Б. Болтвуда, Г. Дадорьяна, А. Ива, Г. Мак-Коя и В. Росса, Б. Китмана, Д. Стрёмгольма и Т. Сведберга, М. Марквальда и др. [273] к 1911 г. было установлено, что совокупности химически неотделимых радиоэлементов могут принадлежать как к различным радиоактивным рядам, так и встречаться внутри любого радиоактивного ряда.

Стимулирующую роль для перехода малоэффективных разрозненных исследований на качественно более высокий уровень (исследований систематических) сыграли три обобщающие работы Фредерика Содди 1911 г.: обзор работ по радиоактивности за 1910 г., опубликованный в начале 1911 г. [87], статья «Химия мезотория» [88] и монография «Химия радиоэлементов» [92].

В обзоре за 1910 г. (в заключительном разделе «Химические отношения радиоэлементов») Содди указал, что в случае химически неотделимых радиоэлементов наблюдаются «не простые химические аналогии, но химические тождества» [87, с. 285], а поскольку все радиоэлементы незначительно отличаются по своим вычисленным атомным весам, то «химическая однородность не является более гарантией того, что всякий рассматриваемый элемент не есть смесь нескольких с различными атомными весами, или что атомный вес не есть просто среднее число» [87, с. 286].

В статье «Химия мезотория» [88] Содди сделал ударение не на химической близости мезотория-I и радия, а на их полной «химической идентичности». Важен вывод Содди из этой статьи: «Кажется, химия должна рассмотреть случаи, противоречащие периодическому закону, а именно — полную химическую идентичность элементов с различными предполагаемыми атомными весами; несомненно, какой-то глубокий общий закон лежит в основе этих новых отношений... Естественно, возникает во-

прос, а не могут ли некоторые обычные элементы в действительности являться смесями химически неотделимых радиоэлементов в постоянных пропорциях... Это объяснило бы отсутствие регулярных отношений между числовыми значениями атомных весов» [цит. по 254, с. 188].

Отметим, что Содди высказал эти важные идеи в тот момент, когда комментировал работу Стрёмгольма и Сведберга, итоговый вывод которых гласит: «менделеевская система дает только приблизительное правило относительно атомных весов, но она не имеет точности закона природы. Это не бросалось бы так в глаза, если бы элементы представляли из себя смеси нескольких одинаковых элементов с неидентичными атомными весами» [336].

Взгляды Содди на природу радиоэлементов, связь радиоактивных рядов с периодической системой значительно полнее и глубже нашли отражение в главной его теоретической работе 1911 г.— небольшой монографии «Химия радиоэлементов» [92], получившей быстрое признание среди ведущих радиохимиков мира.

### «Химия радиоэлементов»

Книга Содди «Химия радиоэлементов» в литературе радиоактивных веществ представляет собой явление исключительное.

В. А. Бородавский

Закончив перевод и редактирование книги Ж. Перрена «Броунское движение и молекулярная реальность» (1910), Содди, по-видимому, собирался подготовить обобщающую теоретическую работу о химических свойствах радиоэлементов. С нашей точки зрения, кажется весьма вероятным, что его резкий переход от интенсивных экспериментальных исследований предшествующего периода к последовавшему трехлетнему теоретическому изучению проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе был обусловлен в первую очередь отсутствием реальных экспериментальных удач Содди. Вместе с тем ученого все больше начинает занимать парадокс радиохимии тех лет (интерес к нему, по-видимому, был вызван работами 1909 г. шведских химиков Стрёмгольма и Сведберга): если смешать определенные радиоэлементы, отличающиеся по атомным весам на несколько единиц, то по-

том уже нельзя никакими химическими методами добиться их разделения.

В середине 1911 г. Ф. Содди решил упорядочить накопившиеся у него (в результате подготовки ежемесячных рефератов в «Chemical Abstracts» и ежегодных обзоров по радиоактивности в «Annual Reports») разрозненные литературные данные о химических свойствах радиоэлементов. В результате систематизации этого ранее переработанного материала по каждому радиоэлементу и выбраковки противоречивых данных родился емкий обзор, позволявший до некоторой степени уверенно ориентироваться в химических свойствах большинства долгоживущих и некоторых короткоживущих радиоэлементов. Это было ценное подспорье, позволявшее критически оценивать текущие публикации, а также намечать наименее изученные области химии радиоэлементов. Содди решил издать получившееся руководство отдельной книгой. В октябре 1911 г. он написал предисловие, а в ноябре—декабре 1911 г. книга была уже опубликована [92].

Несмотря на малый объем (около 100 с.) и популярный стиль изложения, книга явилась чрезвычайно актуальным для того времени систематическим справочником, в котором были сведены воедино данные о химических свойствах радиоэлементов, способах выделения радиоэлементов в чистом виде, химические аналогии между радиоэлементами и элементами периодической системы Д. И. Менделеева и т. д. Все это обусловило широкое распространение «Химии радиоэлементов» Содди у радиохимиков и ее быстрый перевод на немецкий, французский и русский языки. С рецензиями на эту книгу выступили К. Фаянс [92], Г. Хевеши [310], Л. Мейтнер [92].

Не предлагая конкретного варианта размещения радиоэлементов в периодической системе, Содди тем не менее старался указать для каждого радиоэлемента его гомолог в периодической системе и полно представить имевшиеся данные о его химических свойствах, а также радиоактивных свойствах, положении в данном радиоактивном ряду и аналогиях с радиоэлементами из других радиоактивных рядов.

В этом отношении большой теоретический интерес представлял последний из разделов введения — «Классификация и номенклатура радиоэлементов. Аналогии между тремя рядами последовательных превращений». Здесь

Содди обсудил связь между радиоактивными рядами и периодической системой и сформулировал некоторые общие положения, связывающие тип распада и изменение химических свойств радиоэлементов. Именно эта часть книги содержала в себе важнейшие теоретические предпосылки решения проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе.

Итак, что же конкретно внес Содди в подготовку решения проблемы размещения?

Прежде всего, он качественно сблизили радиоактивные ряды и периодическую систему: «Ряды превращений, насколько они изучены... проливают некоторый свет на неразрешенную проблему о природе вещества, свет, столь же привлекательный и ненадежный, как и тот, который дает периодическая система» [92b, с. 39].

После такого сопоставления он попытался совместить радиоактивные ряды и периодическую систему, причем поставил ее в подчиненное (по уровню общности) отношение к радиоактивным рядам. «Итак,— писал Содди,— уже теперь ряды последовательных превращений представляют чрезвычайно интересную картину совершающегося в настоящее время процесса образования одних элементов из других, следствием которого является периодический закон, как таковой. Подобно тому как на основании моментального фотографического снимка с водопада можно заключить о движении воды, которая кажется неподвижной, так и в периодическом законе увидели указания на непрерывное превращение элементов, кажущихся неизменными» [там же, с. 44]. Из этого сопоставления вытекал логический вывод: поскольку периодическая система является следствием радиоактивного распада тяжелых элементов, то она должна включать в себя все радиоактивные ряды, демонстрируя тем самым «в трех отдельных случаях (для тех рядов.— А. К.) последовательный переход вещества от одной группы периодической системы к другой» [там же].

Этот подход оказался чрезвычайно эффективным и позволил Содди, опиравшемуся на данные о химических свойствах радиоэлементов, впервые указать на характер изменения химических свойств радиоэлемента в процессе  $\alpha$ -распада («альфа-правило Содди»); наличие «зигзагов» в ходе рядов через группы периодической системы, а также поставить химическое следствие  $\alpha$ -распада в



*Александр Флек*

прямую зависимость от потери атомом радиоэлемента двух единиц положительного заряда при испускании  $\alpha$ -частицы.

К сожалению, в книге Содди многие положения были высказаны в весьма нечеткой форме: его взгляды в это время претерпели определенное изменение (как будет показано ниже) под влиянием работ А. фон Вельсбаха; а в ряде мест Содди некритически использовал явно устаревшее для 1911 г. «правило Лерха—Лукаса». Все это требует более строгой и детальной историко-научной переоценки многих высказываний в «Химии радиоэлементов».

Существенной ошибкой Содди явилось жесткое разграничение  $\beta$ -излучателей на две группы [там же, с. 11], что помешало ему увидеть одинаковое следствие (с точки зрения изменения химических свойств) всякого  $\beta$ -распада.

Однако в отношении  $\alpha$ -распада Содди удалось заметить повторяющиеся химические следствия: он обнаружил, что валентность  $\alpha$ -излучателя в результате распада

меняется на две единицы. «В особенности некоторые пункты являются очень важными,— писал Содди.— Потеря атома гелия, или  $\alpha$ -частицы, по-видимому, обуславливает превращение элемента не в элемент ближайшей соседней группы, а в элемент группы, рядом с ней находящейся (так называемое альфа-правило Содди. Курсив мой.— А. К.). Все продукты превращений, которые изучены настолько, что могут быть классифицированы, обладают четной валентностью, и это вопреки тому обстоятельству, что атомный вес тория на шесть приблизительно единиц или на 1,5 атомного веса гелия меньше атомного веса урана и больше атомного веса радия. Группы нечетной валентности нигде не представлены» [там же, с. 44].

В обоснование своего обобщения Содди привел конкретные примеры. Его доказательства охватывали две области: предэманационную часть радиоактивных рядов и их постэманационную часть (радиоэлементы активных осадков). Содди писал: «Итак, в каждом семействе мы имеем резкий переход от четырехвалентной группы (радиоторий, ионий) к двухвалентной (радий и т. п.) и невалентной (эманации). В свою очередь продукт, образующийся из полония (VI группа) при потере последним  $\alpha$ -частицы, по всей вероятности, не висмут, а свинец, так что во всех этих случаях мы имеем переход от одной группы четной валентности к следующей, причем пропускается группа нечетной валентности» [там же, с. 44—45].

Интересно, что в этом месте Содди посредством фразы-связки — «Но это не все» — переходит к изложению другой подмеченной им закономерности в изменениях химических свойств радиоэлементов на фоне периодической системы. Ему удалось первому показать, что на этом фоне процесс распада идет не так однонаправленно, как естественно было бы думать, исходя из очевидного факта уменьшения атомного веса радиоэлемента при любом типе его распада. Все предшественники Содди [269, 273], в том числе Стрёмгольм и Сведберг, думали именно так, но Содди смог указать конкретные участки радиоактивных рядов, в которых путь распада радиоэлементов в трех радиоактивных рядах представляет своего рода «зигзаг» на фоне периодической системы.

Интересно, что и здесь Содди выбрал примеры из предэманационной и постэманационной областей радиоактивных рядов. «Но это не все,— продолжал Содди.— Про-

цесс распада совершается не так прямолинейно, как здесь указано. Иногда радиоэлементы в процессе своих превращений как бы повторяются и проходят через ту же группу не раз, а два. Продуктом тория (IV группа) является мезоторий (II группа). Продуктом последнего служит

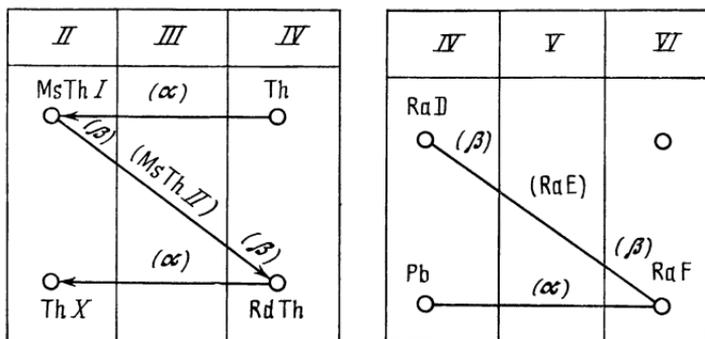


Рис. 2. Фрагменты радиоактивных рядов на фоне периодической системы (по Содди), 1911 г.

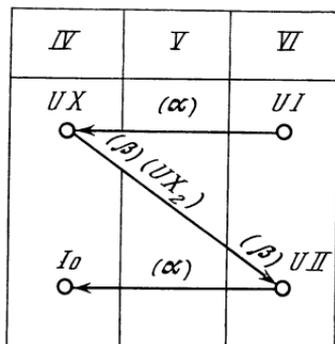


Рис. 3. Возможное предсказание урана- $X_2$

радиоторий (IV группа), который в свою очередь образует торий-X (II группа). Равным образом радий-D нельзя отделить химически от свинца (IV группа) — продуктом его является полоний (VI группа), тогда как продукт последнего почти наверное свинец (IV группа)» [там же, с. 45].

Этот вывод Содди можно проиллюстрировать графически (рис. 2). Необходимо подчеркнуть, что в данном случае иллюстрация Содди является в определенной степени предвзято неполной, ибо ему были известны и мезоторий-II (радиоэлемент, промежуточный между мезо-

торием- $\hat{I}$  и радиоторием), и радий- $\hat{E}$  (радиоэлемент, промежуточный между радием- $\hat{D}$  и радием- $\hat{F}$ , или полонием). Поскольку в данном месте мы фиксируем упущение Содди, то представляется обоснованным попытаться оценить размеры и последствия для Содди этого упущения.

Оба пропущенных Содди радиоэлемента были  $\beta$ -излучателями. Отношение же Содди к  $\beta$ -излучению, как мы уже отмечали, было неоднозначным. Очевидно, внутренне сознавая путаницу в своих представлениях о  $\beta$ -распаде, Содди стремился говорить о нем как можно меньше. Так, он «промолчал», что в обоих указанных им случаях «зигзаги» начинаются с  $\beta$ -излучателей — мезотория- $\hat{I}$  и радия- $\hat{D}$ .

Нет также у Содди четкого разграничения типов распада у каждого радиоэлемента из рассмотренных им участков радиоактивных рядов. В противном случае он указал бы, что торий (IV группа) превращается в результате  $\alpha$ -распада в мезоторий- $\hat{I}$  (II группа), тогда как переход мезотория- $\hat{I}$  в радиоторий (IV группа) шел по крайней мере через одно  $\beta$ -превращение (мезоторий- $\hat{I}$  считался еще «безлучевым», хотя Содди в своей книге отмечал, что «многие превращения, на первый взгляд совершающиеся без всякого излучения, сопровождаются  $\beta$ -лучами весьма малой скорости, которые поэтому легко очень поглощаются; часто путем тщательно поставленных опытов удается распознать в них особый вид излучения» [там же, с. 11]). Аналогично радиосвинец (IV группа) превращается в полоний (VI группа) в результате двух последовательных  $\beta$ -распадов, а полоний — в свинец (IV группа) в результате  $\alpha$ -распада. Таким образом, здесь однозначно прослеживалась связь между  $\alpha$ -распадом и последующим уменьшением валентности, а также между  $\beta$ -распадом и последующим увеличением валентности радиоэлементов, но Содди этой связи не заметил, в противном случае его «альфа-правило» утратило бы свою неоднозначность и он смог бы сформулировать, возможно,  $\beta$ -правило, ибо все предпосылки для этого у него имелись.

Следовательно, первый важный вывод, который мы должны сделать, анализируя упущения Содди в «Химии радиоэлементов», должен фиксировать то обстоятельство, что если бы Содди более последовательно и четко рас-

смотрел на фоне периодической системы зависимость изменения химических свойств радиоэлементов от типа их распада, то, возможно, оба правила радиоактивных смещений были бы сформулированы в данной его работе 1911 г.

Интересно, что первым логическим следствием ранней формулировки правил радиоактивного смещения было бы предсказание нового  $\beta$ -излучателя между ураном-Х и ураном-II (т. е. радиоэлемента, ныне известного как уран-Х<sub>2</sub>). Действительно, Содди отмечал, что «уран, быть может, не простой, а смесь двух химически неотделимых друг от друга элементов, которые различаются на четыре единицы атомного веса и из которых каждый испускает  $\alpha$ -лучи» [там же, с. 56—57], и пояснял, что «такая смесь проявляла бы себя так, как один элемент, каждый атом которого испускает по две  $\alpha$ -частицы» [там же, с. 57]. Но в таком случае, согласно «альфа-правилу» Содди, для того чтобы включить оба таких атома урана в цепочку превращений, нужно было допустить существование «зигзага» между этими атомами. Химическим аналогом первого продукта распада урана— урана-Х, согласно книге Содди, являлся торий. В таком случае и здесь можно было бы наблюдать «зигзаг», подобный другим, отмеченным Содди (рис. 3), и по аналогии с другими участками радиоактивных рядов, например с участком «радиосвинец—полоний», можно было бы предсказывать новый  $\beta$ -излучатель между ураном-Х и ураном-II.

Анализ текста книги «Химия радиоэлементов» показывает, что в момент ее написания у Содди появилось сомнение: действительно ли химически неотделимые радиоэлементы обладают тождественными химическими свойствами. Например, отмечая наблюдаемую химическую неотделимость иония и тория, он считал: «Тем не менее химическая природа иония, если бы возможно было получить его помимо тория, могла бы оказаться *совершенно иной* (курсив мой.— А. К.)» [там же, с. 35—36]. Повидимому, чувствуя возможные возражения, он отметил, что любое мнение о химической неотделимости радиоэлементов «зависит лишь от личного опыта исследователя». Следовательно, и мнение самого Содди «скорее следует считать субъективным, а не общим взглядом» [там же, с. 36].

Можно задаться вопросом: чем же был обусловлен

этот отказ Содди от своих недавних убеждений о фундаментальном значении химической неотделимости радиоэлементов для новейшей химии? Что вынудило его исторически отойти назад, изменить свои теоретические позиции?

Поскольку временной интервал между его статьей «Химия мезотория» [88] и обзором развития учения о радиоактивности за 1910 г. [87], с одной стороны, и книгой «Химия радиоэлементов» [92] — с другой, исчисляется месяцами, а новых собственных экспериментальных исследований за этот срок он не успел провести, то, очевидно, теоретические воззрения Содди, чтобы претерпеть столь существенное изменение, должны были испытать чье-то сильное влияние. Анализ текста книги показывает, что стимулом к пересмотру воззрений Содди на химическую неотделимость радиоэлементов явились работы по изучению химии иония выдающегося австрийского химика Ауэра фон Вельсбаха, имевшего громадный авторитет в области изучения химии редких земель, химические свойства которых очень близки. Вельсбах пытался получить чистый ионий из урановых минералов, избегая его смешивания с торием, тогда как ранее радиохимики специально прибегали к химической неотделимости иония и тория, добавляя торий к растворам урановых солей, чтобы легче было выделить ионий из смеси радиоэлементов.

Содди провел различие (по их ценности для теоретической химии) между методами, в основу которых была положена химическая неотделимость радиоэлементов, с одной стороны, и методом Вельсбаха, заключавшегося в химическом выделении иония без добавления тория, — с другой. «Методы выделения радиоэлемента из смеси путем преднамеренного прибавления его ближайшего химического аналога и выделения последнего скорее усложнили вопрос, — констатировал Содди, — не способствуя выяснению истинных химических свойств радиоэлементов, а потому работы Ауэра фон Вельсбаха, произведенные по поручению австрийского правительства над отбросами смоляной руды, работы, в которых метод этот намеренно не был применен, представляют громадный интерес» [там же, с. 36].

По-видимому, логично было бы задаться вопросом: какие причины помешали Содди извлечь всю полезную информацию из обобщаемых им разрозненных экспери-

ментальных данных? С нашей точки зрения, к определяющим причинам **нужно** отнести следующие:

химия  $\beta$ -излучателей к 1911 г. оставалась плохо изученной (Содди в своей книге опирался именно на данные о валентности радиоэлементов);

некоторые  $\beta$ -излучатели обладали слишком низкоэнергетическим излучением, поэтому Содди, предполагая в таких случаях наличие именно  $\beta$ -распада, все-таки считал его химические последствия неопределенными;

Содди пытался провести качественное различие между некоторыми  $\beta$ -излучателями, что способствовало путанице его представлений в этой области (он считал, что последствием мягкого  $\beta$ -излучения можно пренебречь).

В рецензии на книгу Содди Фаянс высоко оценил попытку Содди найти связь трех радиоактивных рядов со структурой периодической системы: «Можно думать, что рациональная классификация радиоэлементов бросит яркий свет на наши представления о периодической системе, и автор совершенно прав, говоря, что радиоактивные представления представляют своего рода кинематографический снимок радиоактивности, и благодаря этому мы в настоящее время можем представить себе в трех отдельных случаях последовательный переход вещества от одной группы периодической системы к другой» [там же, с. 238]. Однако анализируя высказывания Содди о химии радиоэлементов, Фаянс отметил их малочисленность и неполноту по отношению к использованному материалу: «Хотелось бы, чтобы эти указания были более многочисленными и еще более полными» [там же, с. 239]. Фаянс указал на некритическое использование Содди правила Лерха—Лукаса<sup>2</sup>, а также на неправомерное различение Содди последствий действия жестких и мягких  $\beta$ -лучей. Фаянс назвал конкретные участки радиоактивных рядов, для которых правило Лерха—Лукаса оказалось недействительным, а также указал на необходимость видеть одинаковую причину и одинаковое следствие  $\beta$ -излучения, тогда как Содди был далек от правильной оценки действия этого излучения.

<sup>2</sup> В 1906 г. немецкие радиохимики Ф. фон Лерх и Р. Лукас независимо друг от друга сделали вывод: из двух последовательных продуктов распада последующий всегда электрохимически «более благороден» (т. е. более электроотрицателен) [267, с. 138—143].

Ошибочным оказалось также намерение Содди оставить большую часть радиоэлементов активных осадков за пределами периодической системы. Содди увидел противоречие в том, что радиоэлементы активных осадков включали в себя большое число радиоэлементов, в то время как в периодической системе между эманацией и висмутом было тогда два свободных места. А так как  $T_{1/2}$  радиоэлементов активных осадков преимущественно очень мал, то Содди усмотрел в этом дополнительный повод для исключения радиоэлементов активных осадков из периодической системы. «Изучение радиоактивных рядов,— писал он,— проливает новый свет на периодическую систему и указывает на возможность существования и существование нового вида атомов, хотя часто и чрезвычайно неустойчивых, которые в этой системе не представлены» [там же, с. 46].

Характерно, что здесь Содди даже не пытался применить подмеченные им «зигзаги» в ходе распада, хотя именно такие «зигзаги» способствовали «укорачиванию» радиоактивных рядов в периодической системе. И стимулом к пренебрежению «зигзагами» являлось все то же правило Лерха—Лукаса. Наряду с этим правилом известным тормозом в представлениях Содди стало противопоставление долгоживущих и короткоживущих радиоэлементов, а также недоверие к данным о химической неотделимости радиоэлементов.

Как видим, в книге Содди уживались предпосылки нового и остатки старого: ее создатель творил в критический момент «сложившейся концептуальной системы, которая создает инерцию в мышлении ученых и приводит к причудливому сочетанию в теоретических схемах одного и того же лица, казалось бы, несовместимых новых и устаревших представлений» [349, с. 78].

Эта противоречивость книги Содди оказала известное влияние на ее читателей-радиохимиков, и в первую очередь на Рассела и Хевеши.

## Формулировка правил радиоактивных смещений

...С экспериментальной стороны имя А. Флека, с теоретической — имена Г. Хевеши, А. С. Рассела, но прежде всего имя К. Фаянса ассоциируются с успехами в данной области.

Фредерик Содди

К середине 1912 г. в отношении проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе наметилась любопытная ситуация. Объективно существовало несколько фундаментальных предпосылок для ее решения, но его не было, ибо исследователи продолжали настойчиво накапливать новые предпосылки. Сложившаяся ситуация была крайне неустойчивой, в любой момент имевшиеся предпосылки могли быть реализованы и в печати могло появиться сообщение с конкретным вариантом размещения радиоэлементов в периодической системе.

Изучение соответствующих документов показывает [267, 269—276], что уже в середине 1912 г. было предпринято несколько попыток реализации накопленных предпосылок, но под влиянием определенных сдерживающих факторов (например, осторожность Резерфорда) сообщения о них попали в печать не сразу, вследствие чего проблема была решена лишь в январе-феврале 1913 г.<sup>3</sup>

В 1911 г. Содди предложил своему демонстратору А. Флеку выполнить тщательное изучение химических свойств радиоэлементов активных осадков трех радиоактивных рядов. При этом Содди в полном соответствии со своими теоретическими взглядами, проявившимися в «Химии радиоэлементов», в качестве возможного ориентира указал на предположительную близость химических свойств этих радиоэлементов с химическими свойствами золота. «Я отчетливо помню, — писал позднее Флек, — указание Содди, чтобы я проследил очень тщательно аналогии в химическом поведении таких элементов (активные осадки трех радиоактивных рядов. — А. К.) с химией золота и других «благородных» элементов» [238].

<sup>3</sup> Тщательный анализ всех публикаций, относящихся к данной проблеме, автором был уже выполнен в других работах [267, 272, 273, 274а, 276, 279], поэтому ниже будут изложены лишь основные события в ее истории.

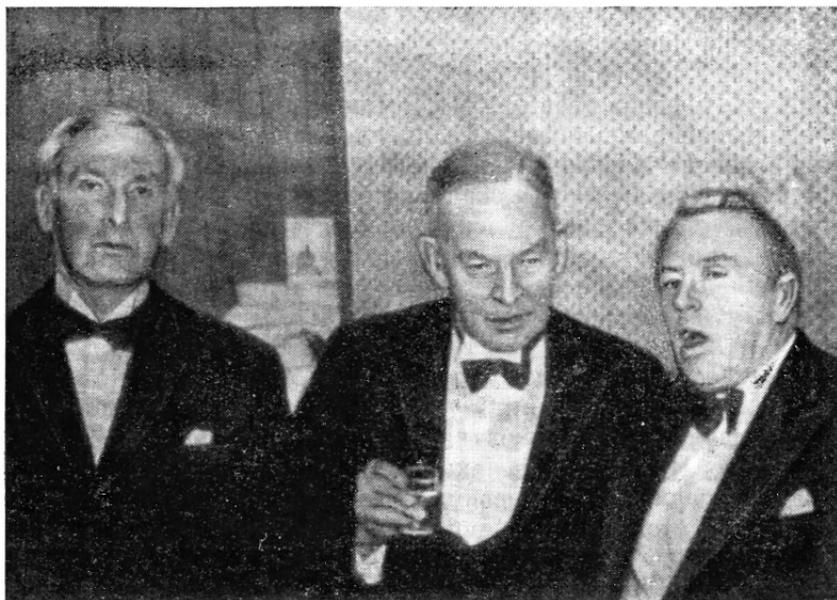
Кажущееся странным на первый взгляд указание Содди на поиск химических аналогов для радиоэлементов среди золота и других благородных элементов объясняется (прослеживаемой в «Химии радиоэлементов») теоретической ориентацией Содди на правило Лерха—Лукаса, согласно которому последовательные продукты распада в области активных осадков должны были бы располагаться в периодической системе слева направо. Это ошибочное представление отчетливо отразилось в варианте размещения радиоэлементов в периодической системе, опубликованном 30 января 1913 г. бывшим учеником Содди, Александром Смитом Расселом [329].

Исследование Флека растянулось на несколько лет, и к концу 1912 г. лишь малая часть его результатов была дважды опубликована в научных журналах [302]. Согласно Нобелевской лекции Содди, он не обсуждал с Флеком своих теоретических предположений (что в определенной степени противоречит воспоминаниям Флека), опасаясь оказать косвенное влияние на результаты последнего (Флек не допустил ни одной ошибки в описании химических свойств изученных им радиоэлементов).

В августе 1912 г. бывший ученик Содди, А. С. Рассел, к тому времени уже стажировавшийся в лаборатории Резерфорда, разработал свой еще недостаточно совершенный вариант размещения радиоэлементов в периодической системе. В основу этого варианта легли теоретические идеи Содди из «Химии радиоэлементов», причем Рассел первым предложил  $\beta$ -правило и предсказал уран- $X_2$ . Однако Резерфорд, ознакомившись с этим вариантом, посоветовал Расселу не спешить с его публикацией (согласно письму Резерфорда Фаянсу от 2 апреля 1913 г.; оригинал хранится в Архиве профессора К. Фаянса при библиотеке Мичиганского университета в Анн-Арборе, США).

Согласно воспоминаниям Бора, он также в 1912 г. обращался к Резерфорду с идеями относительно проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе (достоинством подхода Бора являлось обоснование правил радиоактивных смещений с позиций ядерной модели атома Резерфорда). Однако и его идеи Резерфорд воспринял как преждевременные [348, т. 2, с. 548].

В октябре 1912 г. Георг Хевеши закончил работу над статьей, в которой изложил результаты собственных ис-



*Александр Смит Рассел, Фредерик Содди и Александр Флек*

следований химических свойств радиоэлементов и попытался проследить связь между типом распада материнского радиоэлемента и изменением валентности, сопровождающим превращение материнского радиоэлемента в дочерний. Хевеши из бесед с Расселом знал о его варианте и в своей статье делал ссылки на информацию, почерпнутую из бесед с Расселом. В том же месяце Рассел написал письмо Содди, в котором осветил детали своего варианта размещения радиоэлементов в периодической системе (к сожалению, это письмо и ответ Содди пока не найдены). В ответном письме Содди сообщил Расселу некоторые еще не опубликованные результаты Флека. По-видимому, Рассел поведал о некоторых данных Флека своему коллеге Хевеши (о переписке Рассела и Содди можно судить по упоминаниям в статьях Содди в 1913 г.) [99, 100].

В 1912 г. Казимир Фаянс (для получения должности лектора химии при Высшей технической школе в Карлсруэ) написал доцентскую диссертацию [267, с. 153].

Проанализировав в ней накопленный экспериментальный и теоретический материал о химических свойствах радиоэлементов, он сформулировал следующее важное положение: «В радиоактивных превращениях, которые связаны с испусканием  $\beta$ -лучей, образуется более электроотрицательный продукт по сравнению с материнским радиоэлементом; с другой стороны, полная противоположность имеет место для  $\alpha$ -распадов, в которых последующий продукт более электроположителен по сравнению с материнским радиоэлементом» [там же, с. 154]. Однако лишь в ноябре 1912 г. Фаянс конкретно подошел к проблеме размещения радиоэлементов в периодической системе. 23 ноября, присутствуя на премьере оперы Вагнера «Тристан и Изольда», он нашел однозначное решение этой проблемы, четко сформулировав правила радиоактивных смещений [380, 382].

Согласно Фаянсу, вскоре после этого он обсудил свои результаты с Хевеши, который заехал к нему в Карлсруэ по пути из Будапешта в Манчестер. Хевеши, в свою очередь, сообщил Фаянсу, что Рассел в лаборатории Резерфорда «также рассматривает связь между типом распада радиоэлемента и последующим изменением его химических свойств, однако Рассел пришел к выводу, что  $\alpha$ - и  $\beta$ -распад могут сопровождаться смещениями вправо и влево в периодической системе» (из письма К. Фаянса автору от 9 мая 1973 г.).

Хевеши рассказал в лаборатории Резерфорда о своей беседе с Фаянсом, тем самым еще сильнее запутав клубок событий вокруг этого открытия. Стремясь сохранить престиж своей лаборатории, Резерфорд срочно предпринял меры к тому, чтобы Рассел и Хевеши опубликовали свои результаты раньше, чем Фаянс.

15 декабря 1912 г. редакция «*Physikalische Zeitschrift*» приняла октябрьскую статью Хевеши (опубликована 15 января) [311]; а 31 декабря 1912 г. сюда же поступила большая двухчастная публикация Фаянса (опубликована 15 февраля) [297—298]. Во второй половине января в журнал «*Chemical News*» пришла статья Рассела, представляющая собой почти неизменный августовский вариант размещения (опубликована 31 января 1913 г.) [329]. И только спустя месяц, 28 февраля 1913 г., в «*Chemical News*» была напечатана статья Содди о проблеме размещения [97].

Статьи Хевеши и Рассела имели значительное число ошибок, в то время как вариант Фаянса был точен в подавляющем большинстве деталей; материал Содди не содержал ничего нового по сравнению с публикацией Фаянса. Больше того, Содди сильно исказил ряд приоритетных фактов, касающихся формулировок правил радиоактивного смещения, и в результате выходило, что эта проблема размещения была решена до Фаянса самим Содди и его учеником Расселом, а Фаянс в этой области оказался лишним.

Разразился приоритетный конфликт.

### Приоритетный конфликт и его разрешение

Весьма жаль, что очень неприятный инцидент связан с этой проблемой. Я имею в виду публикацию Содди... Эта статья была послана после того, как Содди прочел мою собственную работу. ...Его публикации, однако, не содержит новой весомой информации, которой не было бы в моей статье, а такая процедура, по-моему, не является допустимым приемом.

К а з и м и р   Ф а я н с — Э р н е с т у   Р е з е р ф о р д у

Формулировка в январе-феврале 1913 г. правил (позднее закона) радиоактивных смещений и одновременное размещение всех известных радиоэлементов (с предсказанием новых) в периодической системе явились итоговыми обобщениями многих теоретических и экспериментальных исследований развивающегося учения о радиоактивности за весь предшествующий период [267, 269, 270, 272, 273, 274а, 275, 276]. Наконец-то была однозначно решена проблема соотнесения структуры радиоактивных рядов со структурой периодической системы; новое освещение получила не только проблема стабильности и нестабильности элементов, но и сама периодическая система. На значительно более высоком уровне экспериментального и теоретического обоснования (по сравнению с работой Стрёмгольма и Сведберга) в периодическую систему на места между ураном и свинцом было помещено по несколько элементарных тел с одинаковыми химическими свойствами, но различными атомными весами. В ходе многолетнего изучения физических и химических свойств радиоэлементов была открыта изо-

топия радиоактивных элементов (в том же 1913 г. на примере неоднородности неона Дж. Дж. Томсон и Ф. Астон открыли изотопию стабильных элементов).

Несмотря на то что явление изотопии было известно уже в январе-феврале 1913 г., термин «изотопия» был введен в науку лишь в декабре 1913 г. Радиохимики, принимавшие участие в этом открытии, понимали его фундаментальное значение. Поэтому понята накал борьбы за приоритет, вспыхнувшей в первую очередь между Фаянсом и Содди.

Из предыдущего раздела достаточно отчетливо видны психологические пружины данного престижного конфликта. Но какова была содержательная сторона доводов главных «соавторов» данного открытия?

Выше (см. раздел «Химия радиоэлементов») было показано, как Содди пришел к своему «альфа-правилу», а также обсуждена его неоднозначность. Более четкой оказалась формулировка Хевеши: « $\alpha$ - и  $\beta$ -распады оказывают противоположные воздействия на валентность образующегося элемента» [311]. В свою очередь формулировка Рассела «зеркально» отражала неоднозначность «альфа-правила Содди» на все последствия  $\beta$ -распада: « $\alpha$ -распад обуславливает переход радиоэлемента или на две группы вверх, или на две группы вниз в периодической системе;  $\beta$ -распад обуславливает переход радиоэлемента или на одну группу вверх, или на одну группу вниз в периодической системе» [329]. Но наиболее правильно правила радиоактивных смещений сформулировал Фаянс: «При  $\alpha$ -распаде, — констатировал он, — происходит смещение радиоэлемента на две группы справа налево в периодической системе, а при  $\beta$ -распаде — на одну группу слева направо в том же горизонтальном ряду» [298].

Содди же в публикации от 28 февраля 1913 г. интерпретировал свое альфа-правило и бета-правило Рассела таким образом, что они стали совпадать с обеими частями формулировки Фаянса. Тем самым Содди попытался сформулировать пригодное для себя и Рассела решение приоритетной проблемы, но при этом исказил важнейшие формулировки.

Естественно, это не устраивало Фаянса — ведь у него отнимали главное: его приоритет в правильной формулировке правил радиоактивного смещения и правильном

размещении радиоэлементов в периодической системе. И он обратился за советом и поддержкой к Резерфорду, у которого стажировался в 1910—1911 гг. 4 марта 1913 г. он писал ему, что лично не знаком с Содди и поэтому не может объяснить появление публикации последнего. Поскольку Содди искажил факты, то Фаянс набросал черновик статьи, где исправил эти искажения (Фаянс собирался опубликовать статью в английском журнале, если только Содди раньше не выступит с печатным опровержением своих искажений). Но прежде чем выступить с таким опровержением, Фаянс хотел узнать мнение Резерфорда по этому поводу и получить его совет: как лучше поступить в сложившейся ситуации?

Два дня спустя, 6 марта 1913 г., даже не подозревая о запросе Фаянса, Содди также написал Резерфорду письмо, в котором попытался объяснить сложившуюся ситуацию со своей точки зрения. Основной мотив претензии Содди: он давно и глубоко разрабатывает экспериментально данную тему, его демонстратор ведет систематическое исследование химических свойств радиоэлементов, и, вот когда Содди подошел к стадии отчета и обобщений, его вдруг обогнали с публикацией другие исследователи. «... Поистине пришлось спешить,— писал Содди,— чтобы стать соучастником завершения, так сказать, полного обобщения периодического закона, и если я оказался последним, то это произошло главным образом потому, что мы изучали здесь этот предмет экспериментально на протяжении нескольких лет, и я не хотел быть предубежденным в этой работе раньше, чем она будет сделана каким-либо частным теоретическим способом. Конечно, Рассел был единственным человеком, внешним нашей лаборатории, который знал наши результаты, прежде чем они были опубликованы. Было бы много менее определенно, если бы я сказал Флеку: «Мистер, я полагаю, Вы обнаружите, что В-члены сходны с тем-то и С-члены сходны с тем-то»,— а он затем принял бы это к сведению и нашел бы, что это действительно так. Я просто предложил ему выяснить, какие из малоизученных радиоэлементов были наиболее сходны и тогда попытаться их отделить посредством фракционирования» (Архив Резерфорда при библиотеке Кембриджского университета, 7653/S 165).

Очевидно, с такими же приоритетными замечаниями могли обратиться к Резерфорду в личной беседе и его мо-

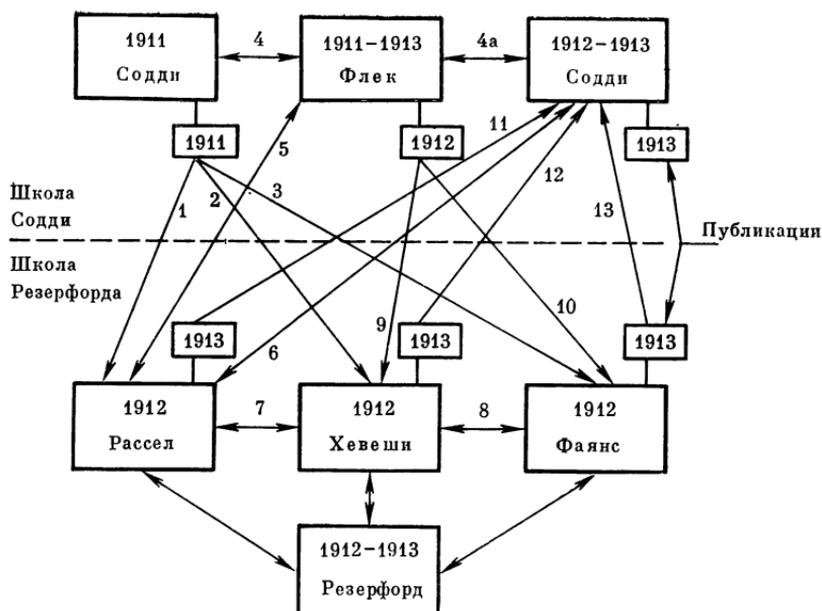


Рис. 4. Схема обмена информацией между основными участниками открытия правил радиоактивных смещений

лодые сотрудники — Хевеши и Рассел. Положение Резерфорда осложнялось еще и тем обстоятельством, что он сам фактически заострил этот конфликт благодаря задержке с публикацией статей Рассела и Бора по этой проблеме.

Резерфорд ответил Фаянсу лишь через месяц — 2 апреля 1913 г. На первой странице письма он размашисто вывел: «Личное, строго секретно». Это письмо свыше 60 лет пролежало в архиве профессора Фаянса, и лишь теперь, когда в живых нет лиц, упомянутых в письме, историки могут использовать его в качестве дополнительного источника.

Обсуждая различные моменты в истории этого открытия, Резерфорд отметил его чрезвычайную запутанность: «...Я в целом чувствую, что вопрос этот чрезвычайно запутан, ибо все связанные с ним люди говорили об этой проблеме друг с другом (см. рис. 4.—А. К.). Рассел говорил о нем с Содди и Хевеши, Хевеши говорил

с Вами и обратно... В итоге я чувствую, было бы желательно... избегать споров по этому вопросу» (письмо Резерфорда Фаянсу от 2 апреля 1913 г. хранится в Архиве Фаянса при библиотеке Мичиганского университета в Анн-Арборе, США).

Резерфорд признавал значительность вклада Содди в решение проблемы: Содди лично выполнил важные химические исследования в этой области и сформулировал «альфа-правило». По его предложению ассистент выполнил важнейшие исследования и т. п. Однако поскольку Содди успел ознакомиться со статьей Фаянса (как полагал Резерфорд), возникла определенная трудность в оценке происхождения идей о правилах радиоактивного смещения.

Фаянсу, по мнению Резерфорда, следовало избрать следующую стратегию поведения в публикациях: а) отмечать работы Рассела и Флека, б) а также отмечать свое независимое и более определенное исследование, обходя молчанием опубликованную позднее статью Содди. В то же время Резерфорд считал, если Содди опубликует по данной проблеме что-нибудь в будущем, то это будет свидетельствовать о его собственных заслугах.

Из этих высказываний Резерфорда видно, что в апреле 1913 г. он весьма невысоко оценивал завершающий вклад Содди в решение проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе. Однако уже год спустя (и до конца своей жизни) Резерфорд полагал, что вклад Содди в ее разработку был решающим.

Чем же была обусловлена такая радикальная эволюция взглядов Резерфорда на распределение приоритета в этом открытии? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно рассмотреть цикл публикаций Содди по этой проблеме до конца 1913 г.

## Открытие закона радиоактивных смещений и концепция изотопии

Я хочу рассказать также о двух важных открытиях, являющихся в большой степени заслугой Содди. Я говорю об открытии закона радиоактивных смещений и открытии изотопов среди радиоактивных элементов.

Эрнест Резерфорд

Несмотря на то что в январе-феврале 1913 г. разработка проблемы размещения радиоэлементов в периодической системе значительно продвинулась вперед, теоретически она еще не была решена. Оставалось много неясных вопросов, на которые «соавторы» правил смещений смотрели по-разному.

Так, Фаянс полагал, что правила радиоактивных смещений указывают на ошибочность ядерной модели атома Резерфорда (по Фаянсу,  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы не могли испускаться ядром атома, ибо, как вытекает из правил смещения, налицо — изменение не внутренней — ядерной — области атома, а внешней, валентной — электронной) [300], тогда как Содди придерживался обратного мнения. Фаянс показал (и в этом мы должны видеть его важную заслугу), что с точки зрения правил радиоактивного смещения «безлучевое превращение» Резерфорда является всего-навсего  $\beta$ -распадом с мягким излучением; Содди ошибочно рассматривал «безлучевое превращение» как полноправный тип распада.

В то же время Фаянс допустил ошибку, противоречащую его же правилам радиоактивных смещений, поместив в радиоактивные ряды по одному щелочному радиоэлементу; Содди этой ошибки не сделал. Ничего не сказал Фаянс о спектрах химически неразделимых радиоэлементов; Содди же не только указал на их идентичность, но и попытался обосновать свои представления на ядерной модели атома Резерфорда.

Содди видел много достоинств у ядерной модели атома Резерфорда, и прежде всего возможность четко выделить «химическую» и «физическую» структуры в такой модели (электронное облако и ядро). В мае 1913 г. он писал: «Химические свойства являются внешними свойствами атома и обуславливаются относительным числом электронов, которые он содержит, причем эти электроны

являются сами внешними по отношению к атому и могут рассматриваться как спутники» [100]. В этой же статье Содди пришел к чрезвычайно важному выводу: не массу элемента нужно класть в основу чередования мест периодической системы, а другое свойство атома — его заряд. «Место отмечает скорее число атомарных зарядов в атоме, нежели атомную массу... — констатировал он. — Химические свойства являются периодическими свойствами двух переменных — массы и заряда... Малые изменения массы... когда электрический заряд остается постоянным, кажется, не оказывают регистрируемого эффекта на химическую природу образующегося атома» [100].

В сентябре 1913 г., аналогичным образом Н. Бор интерпретировал химическую неотделимость радиоэлементов: «Согласно теории, это означает, что заряд ядра, как и расположение окружающих электронов, в некоторых элементах будет одинаковым, и единственное различие будет заключаться в массе и внутренних свойствах ядра» [348, т. 1, с. 130].

Однако наибольшее впечатление на Содди оказала небольшая заметка голландского ученого А. ван ден Брука [312, 334, 366а], опубликованная 27 ноября 1913 г. [289]. В этой заметке ван ден Брук обосновал понятие порядкового номера химического элемента, приравняв его положительному заряду ядра. Неделию спустя, 4 декабря 1913 г., Содди опубликовал в «Nature» краткую статью «Внутриатомный заряд» [103], в которой, опираясь на представления о равенстве заряда ядра атома элемента его порядковому номеру в периодической системе, переформулировал правила радиоактивных смещений, возведя их тем самым в ранг закона [267, с. 162—168], а также ввел в науку понятие изотопии элементов.

В чем же конкретная разница между правилами и законом радиоактивных смещений? Рассмотрим это различие<sup>4</sup> на примерах формулировок Фаянса в феврале

---

<sup>4</sup> Автор с благодарностью отмечает, что на эволюцию его взглядов в этой области огромное влияние оказали как переписка в 1973—1974 гг. с профессором Казимиром Фаянсом (1887—1975), так и многочисленные доказательные беседы с канд. физ.-мат. наук А. Н. Вальцевым, который первым из историков науки выделил стадию правил и закона в истории открытия закона радиоактивных смещений [350а, с. 41; 273, с. 127].

1913 г. (см. с. 127) и Содди в декабре 1913 г. (см. с. 133). Прежде всего напомним, что в февральских статьях и Фаянса и Содди имеются ошибки, противоречившие их обобщениям (щелочные радиоэлементы — у Фаянса и признание Содди с точки зрения изменения химических свойств равных последствий  $\beta$ -распада и «безлучевого превращения»). На стадии закона эти ошибки были бы невозможны.

Фаянс в 1913 г. полагал, что правила радиоактивных смещений противоречат ядерной модели атома Резерфорда. Короткая форма периодической системы, использованная Фаянсом, еще не имела под собой физического обоснования: не был известен критерий, однозначно отделивающий одно место периодической системы от другого.

Методологическая необходимость выделения стадий правил и закона в истории открытия закона радиоактивных смещений как раз и объясняется тем, что закон строго и точно в согласии с другими законами отражает всякое явление материального мира, тогда как правило может опираться лишь на чисто эмпирические основания и допускать исключения. Формулировка Содди закона радиоактивных смещений явилась высшим достижением среди попыток теоретически интерпретировать радиоактивный распад на фоне периодической системы, при этом Содди использовал такие понятия, как « $\alpha$ - и  $\beta$ -распад», «внутриатомный заряд элемента», «место элемента в периодической системе», «изменение атомной массы». «Последовательное испускание одной  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -частиц в трех радиоактивных рядах,— писал он,— в каждом случае возвращает внутриатомный заряд элемента к первоначальному значению, а элемент возвращается к своему первоначальному месту в периодической системе, хотя его атомная масса уменьшилась на четыре единицы» [103, с. 399].

Интересно, что если ныне закон радиоактивных смещений является следствием трех более фундаментальных законов — закона сохранения заряда, закона сохранения числа нуклонов и совмещенного закона сохранения массы и энергии, то в формулировке Содди отчетливо виден учет законов сохранения заряда и массы. Его формулировка, углубляющая формулировку правил радиоактивных смещений, во многом эквивалентна современной:

испускание  $\alpha$ -частицы уменьшает порядковый номер  $Z$  элемента на две единицы (смещает элемент на два места влево в системе), испускание  $\beta$ -частицы увеличивает порядковый номер элемента на одну единицу (смещает элемент на одну клетку вправо в периодической системе).

Таким образом, на первой стадии обобщений (январь-февраль 1913 г.) были сформулированы лишь правила радиоактивных смещений, последовавшая теоретическая «увязка» их с более поздними данными теоретической и экспериментальной физики и химии привела к введению концепции изотопии (декабрь 1913 г.) и одновременно к более высокой ступени обобщения — формулировке закона радиоактивных смещений. При этом правила радиоактивных смещений базировались лишь на сумме экспериментальных данных относительно химической неотделимости радиоэлементов, позволяя непротиворечиво разместить все известные радиоэлементы в периодической системе и предсказать новые радиоэлементы, тогда как закон радиоактивных смещений, как отмечал Б. М. Кедров, «выступил как новая конкретная формулировка периодического закона, примененного к явлениям радиоактивности» [361].

В статье от 4 декабря 1913 г. Содди ввел в науку ныне широко распространенный термин «изотоп». «Одна и та же алгебраическая сумма положительных и отрицательных зарядов в ядре, когда их арифметическая сумма различна,— указал он,— дает то, что я называю «изотопы» или «изотопические элементы», потому что они занимают одно место в периодической системе. Они являются химически идентичными и тождественны физически, кроме небольшого числа нескольких физических свойств, которые прямо зависят от атомной массы. Единичные изменения этого ядерного заряда, подсчитываемые алгебраически, дают последовательные места в периодической системе» [103, с. 400].

## Доказательство изотопии свинца

Содди и его студент Г. Хьюмен были первыми, кто обнаружил естественно встречающийся элемент с атомным весом выше, чем нормальное значение.

Джон Арнольд Крэнстон

Согласно представлениям о радиоактивных рядах, последним продуктом распада урана и тория должен был быть обыкновенный свинец. Согласно закону радиоактивных смещений и концепции изотопии, в результате распада урана должен образовываться свинец с атомным весом 206, а при распаде тория — свинец с атомным весом 208. Тот факт, что измерения атомного веса обычного свинца давали значение 207, Содди предложил интерпретировать как признак того, что обычный свинец является смесью двух изотопов с атомными весами 206 и 208, присутствующих в смеси в приблизительно равных количествах.

А. С. Рассел первым из радиохимиков дал правильное толкование наличия двух разновидностей свинца (до открытия закона радиоактивных смещений и введения концепции изотопии).

«Должен отметить, — писал Содди в феврале 1913 г., — что Рассел год назад сообщил мне: по его мнению, различие между экспериментальным (207,1) и расчетным значением (206,0) атомного веса свинца (уранового происхождения. — А. К.) ...обусловлено тем, что последний продукт радия не является свинцом, но элементом, неотделимым от него» [97]. Однако сам Рассел в своей статье от 30 января 1913 г. не касался проблемы атомного веса свинца, поэтому в печати первым (15 февраля 1913 г.) обсудил ее Фаянс [298]. Он полагал, что атомные веса последних членов уранового и актинового рядов должны совпадать (206,5), а последним членом ториевого ряда должен быть галлий. Взгляды Содди, выраженные в статье от 28 февраля, были другими: «...все конечные продукты... с рассчитанными атомными весами от 210 до 206 должны быть неотделимы от свинца; это должен быть свинец — элемент, имеющий, согласно Международной комиссии, атомный вес 207,1». Доказательство этого положения, считал Содди, можно получить, измеряя атомные веса свинца из различных радиоактивных минералов [97, 100].

К практической проверке этих идей школы Содди и Фаянса приступили, по-видимому, в конце 1913 г. Именно тогда в лабораторию Т. В. Ричардса прибыл молодой докторант Фаянса, М. Лемберт. Он привез полученные от Фаянса образцы свинца уранового происхождения: Лемберту было поручено измерить атомный вес этого элемента, используя богатый опыт гарвардской школы Ричардса [380]. Интересно, что в своих публикациях об этих измерениях Ричардс и Лемберт отметили, что Рамзай уже летом 1913 г. настоятельно советовал Содди изучать свинец радиоактивного происхождения у Ричардса, однако Содди, по-видимому, решил попытаться решить эту проблему в Англии, в своей менее приспособленной для этого лаборатории [267, с. 174].

С этого момента начинается приоритетное соперничество между школами Фаянса и Содди за быстрое доказательство изотопии свинца, причем школа Фаянса сделала упор на изучение свинца уранового происхождения, а школа Содди — свинца ториевого. Анализ появившихся публикаций показывает (и это первым отметил сам Содди), что школа Содди первой пришла к финишу. Статья Содди и Хьюмена «Атомный вес свинца из цейлонского торита» [109] была зачитана в Химическом обществе 7 мая 1914 г., на следующий день резюме этой статьи было опубликовано в «Morning Post», а 18 мая перепечатано в «Proceedings of the Chemical Society» (Лондон) [111, с. 266]. Первое сообщение о результатах совместного исследования Ричардса и Лемберта по определению атомного веса свинца уранового происхождения К. Фаянс сделал 21 мая 1914 г. в Лейпциге в Обществе Бунзена; статья Ричардса и Лемберта появилась в печати лишь в июле 1914 г.

Обе школы получили очень важные экспериментальные результаты. Ричардс и Лемберт показали, что все их препараты свинца уранового происхождения имели атомный вес ниже обычного примерно на 0,74 единицы, что заметно превышало погрешность измерения. Иначе выглядели результаты для свинца ториевого происхождения в опытах Содди и Хьюмена.

Они изучали свинец, полученный из цейлонского торита. Тория в этом минерале содержалось 55%, а урана — лишь 1—2%, при этом (исходя из их периодов полураспада) уран приблизительно в три раза быстрее рас-

падался в свинец, чем торий. Поэтому по возрасту минерала можно было примерно оценить пропорцию свинца ториевого и уранового происхождения. Поскольку содержание свинца в цейлонском торите оказалось небольшим (из 1 кг минерала они получили менее 1 г свинца), авторы заключили, что весь этот свинец радиоактивного происхождения. Можно было ожидать больший атомный вес свинца из торита по сравнению с атомным весом обычного свинца, ибо свинец из торита содержал приблизительно 10 частей свинца ториевого происхождения на одну часть свинца уранового происхождения. Содди и Хьюмен дважды измерили атомный вес свинца из торита (208,5 и 208,3), получив среднее значение атомного веса этого свинца, равное 208,4 (что также заметно превышало ошибку эксперимента). Они тщательно изучили спектр этого образца свинца и не нашли в нем каких-либо новых линий или различий по сравнению со спектром обычного свинца.

Позднее Содди еще дважды возвращался к измерению атомного веса свинца ториевого происхождения, публикуя свои результаты в виде кратких писем к редактору «Nature» в 1915 и 1916 гг. Из 33 кг ториданита Содди отобрал около 20 кг «отборного торита» и выделил из него около 80 г свинца, атомный вес которого оказался равным 207,64 [112]. Содержание висмута составляло менее 0,0 000 001 от веса минерала, что показывало несостоятельность предположения Фаянса о том, что висмут мог быть одним из продуктов распада ториевого ряда [298].

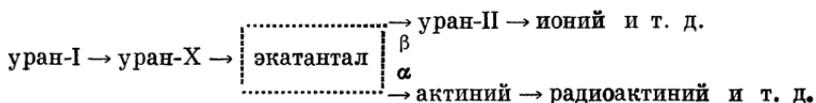
### Поиск протактиния

**Профессор Мейтнер и я уже отмечали, что элемент протактиний был одновременно и независимо открыт Крэкстоном и Содди.**

**Отто Ган — Мюриэль Хауртс**

О существовании протактиния впервые, правда в косвенной форме, заявил Г. Н. Антонов при обсуждении вопроса о месте урана-У в радиоактивном ряду актиния [280]. Первые конкретные прогнозы существования протактиния должны, очевидно, быть связаны с именем Содди [267, с. 177; 275, с. 241].

В публикации от 28 февраля 1913 г. [97] Содди выдвинул предположение, что урановый ряд образует вилку в предсказанном им продукте экатантале, причем, по мысли исследователя, экатантал должен быть долгоживущим продуктом, испускающим  $\alpha$ -лучи с образованием актиниевого ряда и  $\beta$ -лучи (или претерпевающим «безлучевое превращение») с образованием уранового ряда:



Эта идея Содди противоречила более правильному выводу К. Фаянса о наличии короткоживущего  $\beta$ -излучателя урана- $X_2$  между ураном- $X$  и ураном-II [298]. Поэтому единственным положительным доводом в пользу экатантала (долгоживущего  $\alpha$ -излучателя) нужно, по видимому, считать прогноз материнского радиоэлемента для актиния; следовательно, экатантал Содди нужно сразу же рассматривать в русле дальнейших прогнозов протактиния, но не урана- $X_2$ . Логичность такого вывода подтверждается всем последующим ходом прогнозов Содди относительно происхождения актиния, причем ученый последовательно продолжал рассматривать экатантал как весьма долгоживущий  $\alpha$ -излучатель, в результате распада которого образуется актиний.

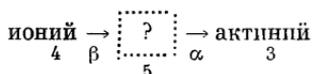
Первыми прогнозы Содди в отношении происхождения актиния рассмотрели немецкие радиохимики О. Ган и Л. Мейтнер. Они предложили аналогичную схему распада, выбрав в качестве радиоэлемента с двойным типом распада (радиоактивная вилка) уран- $X_1$ , а не экатантал (15 августа 1913 г.).

Содди моментально откликнулся на эту статью короткой заметкой в «Nature», подписанной 16 августа. Он отметил, что его эксперименты доказали ошибочность точки зрения Фаянса об образовании актиниевого ряда в результате  $\beta$ -распада радия, так как в тщательно очищенных препаратах радия не наблюдается накопления со временем радиоэлементов актиниевого ряда [101]. О модификации Ганом и Мейтнер его собственной гипотезы Содди писал: «Это почти единственная остающаяся альтернатива для проверки, и ее нетрудно подвергнуть эксперименту» [101]. Отметим, что все прогнозы опирались на

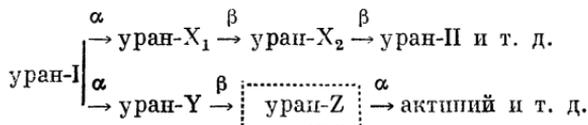
правила радиоактивных смещений, позволяя указать искомому радиоэлементу место в V группе периодической системы в качестве высшего аналога тантала.

В 1914 г. К. Фаянс и Ф. Панет попытались открыть этот радиоэлемент в радиевых препаратах и препаратах иония. Но они не получили положительных результатов, допуская, что новый радиоэлемент можно будет обнаружить в препаратах урана-Х<sub>2</sub>.

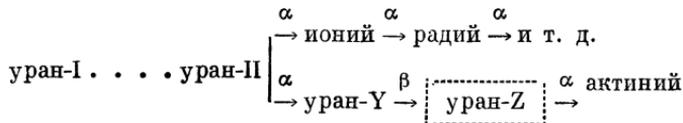
Новую идею в отношении происхождения актиния выдвинул 15 июня 1914 г. О. Гёринг, ученик Фаянса и его соавтор по открытию урана-Х<sub>2</sub>. Опираясь на правила радиоактивных смещений, Гёринг показал, что родительским телом для актиния (III группа периодической системы) должен быть либо β-излучатель (II группа), либо α-излучатель (V группа). Как маловероятные отверг Гёринг модификацию Гана и Мейтнер, а также схему Панета и Фаянса (сообщенную ему в частном порядке):



Сущность подхода Гёринга заключалась в том, что он предложил рассмотреть возможность образования материнского радиоэлемента для актиния в результате распада урана-У, открытого Г. Н. Антоновым в 1911 г. В таком случае, согласно Гёрингу, ответвление могло бы иметь место либо у урана-I, либо у урана-II, потому что только так можно было согласовать химические свойства урана-У (химически неотделимого от тория) с требованиями закона радиоактивных смещений [276, с. 179]:



или



Интересно отметить, что Гёринг (как ранее Содди, Ган и Мейтнер) считал уран-Z долгоживущим α-излу-

чателем и был далек от допущения, что существуют другие радиоэлементы между ураном и ураном-Z, ибо руководящим ориентиром здесь для всех исследователей служил закон радиоактивных смещений («ураном-Z» Гёринг назвал пока неоткрытый «экатантал» Содди).

Гёринг сделал попытку открыть новый радиоэлемент, изотопный с ранее открытым им и Фаянсом ураном- $X_2$ , но не достиг положительного результата.

Необходимо подчеркнуть, что не Гёрингу принадлежит авторство в связывании урана-У с актиниевым рядом. Впервые такую идею высказал в 1911 г. Г. Н. Антонов [280], а в январе 1914 г. ее поддержал Содди [108], который предположил, что уран-У мог бы образоваться либо от урана-I, либо от урана-II.

Важное теоретическое значение имел и последний прогноз, непосредственно предшествовавший открытию протактиния. В 1917 г. А. Пиккар предположил [275, с. 244], что актиний последовательно образуется через уран-У и «экатантал» Содди от неоткрытого еще третьего изотопа урана, который он назвал актиноураном. Согласно Пиккару, этот радиоэлемент не принадлежит к уран-радиевому семейству, но является первичным радиоэлементом с высоким атомным весом — 240, а атомный вес урана-I равен 238,5).

В конце 1917 г. Содди и Крэнстон, работая уже в Абердинском университете, предприняли важную попытку открыть новый радиоэлемент в актиниевом ряду, а именно «экатантал» Содди. Содди и Крэнстон обнаружили, что атомы урана- $X_2$  могут быть легко отделены от атомов урана- $X_1$  посредством сублимации в потоке воздуха с парами тетрахлорида углерода при температуре красного каления. Ученые использовали изотопы урана- $X_2$  в качестве меченых атомов для выделения из нескольких образцов урансодержащих минералов фракций элемента 91. Проверка показала, что полученные ими препараты были первоначально свободны от актиния, но с течением времени один из них стал непрерывно генерировать актиний.

Трудно объяснить, почему опытные радиохимики, Содди и Крэнстон, не продолжили своих экспериментов по изучению обнаруженного ими материнского радиоэлемента для актиния: они не провели точного измерения  $T_{1/2}$  нового радиоэлемента, не измерили длину пробега



*Фредерик Содди накануне отставки  
из Оксфордского университета,  
1936 г.*

его  $\alpha$ -лучей и т. п. (Возможно, этому помешал переезд Содди в Оксфорд.) С общей точки зрения, исследование Содди и Крэнстона [124] можно оценить как качественное, а их основным результатом считать подтверждение прогноза, что родительский радиоэлемент для актиния принадлежит к V группе периодической системы. Содди и Крэнстон сами отмечали, что их исследование было проведено с целью «проверить и подтвердить точку зрения, что родительский радиоэлемент для актиния занимает место экатантала в периодической системе и образует актиний в результате распада с большим периодом полураспада, при этом данный радиоэлемент образуется в результате распада урана-U, открытого Антоновым, который предположил, что уран-U является первым членом актиниевого семейства» [124, с. 404]. Статья Содди и Крэнстона была направлена в редакцию журнала «Proceedings of Royal Society» в декабре 1917 г. (редакция получила ее 28 декабря 1917 г.), но напечатана лишь 1 июня 1918 г.

На полмесяца раньше появилась в печати работа О. Гана и Л. Мейтнер об открытии нового долгоживущего радиоэлемента в актиниевом ряду [275, с. 244], хотя эта работа была сдана в печать после работы Содди и Крэнстона (статья Гана и Мейтнер была получена редакцией журнала «Physikalische Zeitschrift» 16 марта 1918 г.). Отто Ган и Лиза Мейтнер не только выделили новый радиоэлемент и показали, что его химические свойства точно соответствуют предсказанным с помощью закона радиоактивных смещений. Они нашли, что длина пробега  $\alpha$ -частиц этого радиоэлемента в воздухе равна 3,14 см, а его период полураспада заключен в границах 1200 лет  $<T_{1/2}<180\,000$  лет. Образование актиния при распаде этого радиоэлемента было изучено по кривым накопления актиния и эманации актиния, а также по кривым накопления радиоэлементов активного осадка актиниевого ряда. Для самого актиния получено значение периода полураспада равным приблизительно 30 годам, что близко совпадало с более ранним результатом Марии Кюри. Новый радиоэлемент был назван «протактинием».

Очевидно, таким образом, что работа Гана и Мейтнер сыграла определяющую роль при открытии нового радиоэлемента. Поэтому имена Содди и Крэнстона нужно ставить после имен Гана и Мейтнер, когда поднимается вопрос о приоритете в открытии протактиния.

Поскольку протактиний является более долгоживущим изотопом элемента 91, чем ранее открытый Фаянсом и Гёрингом изотоп протактиния уран-Х<sub>2</sub>, Фаянс выступил в печати с предложением изменить название элемента 91 с «бrevia» (название предложено в 1913 г. К. Фаянсом и О. Гёрингом) на «протактиний» (название предложено в 1918 г. О. Ганом и Л. Мейтнер): это соответствовало существовавшему тогда правилу называть элемент по его наиболее долгоживущему изотопу.

Открытие протактиния явилось последним, сделанным непосредственно на основании прогнозов, связанных с законом радиоактивных смещений. К середине 1918 г. закон радиоактивных смещений, сформулированный Содди пятью годами раньше, стал уже мощным инструментом в исследованиях радиоактивных явлений наряду с предложенной Содди концепцией изотопии (декабрь 1913 г.).

Абердинскими работами по измерению атомного веса

свинца и поиску протактиния завершаются многолетние систематические исследования Содди радиоактивных явлений. Уже в Абердине Содди начинает активно интересоваться социальными и экономическими проблемами; в дальнейшем эти проблемы обусловили полный отказ Содди от самостоятельных исследований радиоактивных явлений. В 1920 г. был опубликован последний обзор Содди работ по радиоактивности [146]; последовавший вскоре всплеск числа обобщающих работ [150, 151, 157], был обусловлен присуждением ему Нобелевской премии по химии.

В Оксфорде Содди столкнулся с необходимостью все начинать сначала: обзаводиться лабораторией, изыскивать средства для покупки научных приборов и необходимых радиоактивных препаратов (тогда чрезвычайно дорогостоящих), реконструировать старые тесные и темные залы для лекций и лабораторных занятий со студентами. Первоначально он отложил радиохимические исследования и с жаром принялся за подготовительную организационную работу: чертил детальные чертежи планируемых помещений, пытался найти необходимые средства у администрации Оксфордского университета и в среде представителей большого бизнеса, знакомил со своими планами рабочих и студентов. С огромным трудом удалось реконструировать несколько университетских помещений, но все другие начинания Содди натолкнулись на мощное сопротивление. Денег на научную работу найти не удалось. Лишь эпизодически Содди проводил эксперименты с 50 кг очищенного уранил-нитрата, которые ему были подарены в 1908 г. его тестем — Джоржем Бейлби.

Содди не удалось найти отклик и среди студентов Оксфорда. У него нет своей лаборатории, нет школы и любимых учеников, он в натянутых отношениях с коллегами. От систематических исследований радиоактивных явлений Содди перешел к изучению экономических и социальных проблем: пишет книги, читает многочисленные лекции по экономике, увлеченно конструирует механические модели, изучает историю науки, пытается серьезно заниматься математикой. В 1930—1950-х годах Содди несколько раз использовал свой дар популяризатора науки, написав несколько обзорных книг по истории развития учения о радиоактивности [167, 203, 209, 210—212].

## Публицистика Содди: атомная энергия и цивилизация

---

### «Радий и его разгадка»

Вся наша цивилизация и теперь еще живет в борьбе за ограниченный запас энергии, тогда как кругом находятся неистощимые запасы, способные поддерживать нашу жизнь. Мы знаем о них благодаря естественным процессам, но не умеем использовать их или овладеть ими.

Фредерик Содди

В данной главе из значительного публицистического наследия Содди будет выбрана и кратко прокомментирована лишь та его часть, в которой он излагал свои мысли о неизбежно приближающейся эре практического использования атомной энергии. В начале XX в. эти идеи Содди казались многим слишком смелыми пророчествами, однако он с характерной для него настойчивостью и верой в правоту своих идей вновь и вновь возвращался к ним.

Злой парадокс его судьбы заключался в том, что Содди, который одним из первых обратил внимание на факты «извращения науки» [158], когда научные открытия используются во вред части или всего общества в целом, и с 1909 г. печатно предостерегал [70] общество от возможного военного применения атомной энергии, вынужден был узнать в августе 1945 г. о первых атомных бомбардировках...

В последние годы жизни Содди выступал с призывами к ученым всех стран искать пути для полного уничтожения самой возможности появления будущих войн. В 1955 г. Содди вместе с другими 17 лауреатами Нобелевской премии подписал обращение ко всем народам и правительствам мира, в котором указывалось на недопустимость развязывания мировой ядерной бойни [244, с. 314—315].

Первой рассмотрим книгу Содди «Радий и его разгадка».

Во время беседы с Хауртс о необыкновенно широком успехе данной книги, которую он писал в 1908 г., после возвращения из свадебного путешествия, Содди сделал следующее предположение: «Причина феноменального успеха этой книги лежит в том... что она трактует про-

стым языком о предмете, который был тогда на периферии научного знания» [244, с. 150].

В основу книги Содди «Радий и его разгадка», впервые опубликованной в 1909 г., легли его многочисленные лекции и речи, из которых сам Содди особенно выделял лекцию в честь Уайльда в Литературном и философском обществе в Манчестере в 1904 г. [23], президентский адрес членам Рентгеновского общества в 1906 г. [38], речь при открытии обсуждения проблемы превращаемости элементов на собрании Британской ассоциации в Йорке в 1906 г. [42], лекцию в честь Уатта в Философском обществе в Гринвиче в 1908 г. [61].

В этой книге 11 глав. Из них 10 посвящены популярному освещению различных разделов учения о радиоактивности, тогда как 11-я глава — обсуждению более широких проблем, связанных с возможностью практического использования атомной энергии.

Из всех научно-популярных книг Содди на долю «Радия и его разгадки» выпал самый большой успех: книга выдержала пять изданий в Англии, одно в Германии, два во Франции и шесть в России [70].

Чем же можно объяснить такой успех книги?

В предисловии к книге Содди писал: «Так как значение высказанной нами (Резерфорд и Содди.— А. К.) теории не ограничивается физикой, но широко захватывает все наше естественноисторическое мировоззрение, то я попытался дать в этой книге изложение предмета популярным языком, чтобы идеи, о которых здесь идет речь, и их значение были понятны для читателей, не имеющих специальных знаний. Тем не менее я не жалел труда, чтобы изложить предмет основательно и тщательно, так что книга может быть полезна как для тех лиц, которые работают в других областях знания, так и для широкой публики». Такая широкая ориентация, а также точный и вместе с тем образный язык книги обусловили, по-видимому, ее широкий успех у читателей.

Эта книга выполнила и своего рода пропагандистскую цель: она заинтересовала многих молодых читателей проблематикой исследований в радиоактивности и показала их большую перспективность, вследствие чего наблюдался значительный приток молодых стажеров в крупные центры исследований радиоактивных явлений. В частности, выдающийся французский физик, лауреат

Нобелевской премии по физике Фредерик Жолио-Кюри вспоминал в письме к Хауртс: «Когда я был студентом, мне повезло прочесть о блестящих лекциях о радиации, подготовленных Содди для широкой публики; эти лекции были переведены на французский Лепаном и опубликованы во Франции в издательстве Феликса Алкана. Чтение этой книги оказало величайшее влияние на мою научную карьеру и заставило меня пойти в качестве исследователя в Институт радия, тогда руководимый Марией Кюри» [244, с. 304].

Однако Содди хотел еще привлечь внимание публики к необходимости финансировать научные исследования, ибо работа с радиоактивными препаратами становилась все более дорогой. Он писал: «Обращаюсь ко всем моим слушателям, которые прочтут эту книгу, с надеждой, что чтение ее возбудит интерес не только к научным открытиям, о которых в ней говорится, но также и к тем необходимым условиям, которые вообще делают возможными научные открытия» [70]. В частности, Содди отмечал плохое обеспечение своей лаборатории физической и неорганической химии при университете в Глазго.

Как мы уже отметили, 11-я глава книги обсуждала, в частности, вопросы использования атомной энергии (именно этой главе посвятил Герберт Уэллс свою книгу «Освобожденный мир» [339]).

Содди, говоря о неизбежном оскудении запасов традиционного топлива (уголь, нефть, сланцы), указал на возможность использования в будущем колоссальных запасов энергии, хранимой в атомах радиоактивных элементов. Но для этого человеку нужно было научиться вызывать процесс распада радиоактивных атомов искусственно («искусственная трансмутация»). «Цивилизация, которая могла бы осуществлять трансмутацию вещества, — писал Содди, — не нуждалась бы в том, чтобы зарабатывать свой хлеб в поте лица своего. Если можно судить по тому, что делают наши инженеры с их сравнительно ограниченными запасами энергии, то такая цивилизация могла бы преобразовать пустынный континент, заставить растаять замерзшие полюсы и сделать весь земной шар улыбающимся райским Эдемом» [70, с. 180]. Но, отмечает Содди, безраздельное обладание такими огромными по мощи источниками энергии чревато трагическими последствиями: «Одно можно сказать с

уверенностью: такое человечество должно было бы иметь короткое существование. Один неверный шаг мог бы переместить роль человека в природе, сделав его слугой из господина, и последствия были бы непоправимы: весь мир должен был бы снова познать неограниченную власть природы и вновь начать свой трудный путь среди времен. Может быть, сказание о «падении человека» и есть отголосок такого былого бедствия?» [70с, с. 158].

Интересно, что анализ Содди основных причин существования человечества, выполненный в этой книге, позднее ляжет в основу его воззрений в экономике. Главенствующую роль среди всех факторов жизни Содди отводит материи и энергии, проводя между ними интересное разграничение по возможности повторного использования: «Жизнь зависит столько же от постоянного притока вещества, как и от постоянного притока энергии. Но борьба за энергию, несомненно, представляет собой наиболее существенную и наиболее общую сторону существования. Одно и то же вещество, одни и те же химические элементы служат неизменно для бесчисленных циклов жизни, но для них необходим непрерывный приток свежего запаса энергии... Борьба за существование в основе своей и есть борьба за свежий запас физической энергии» [70с, с. 159—160]. Мысль человека рано или поздно должна была повернуться от поисков недолговечных энергетических ресурсов к более продолжительным и мощным, и Содди отмечал, что наступил тот момент в развитии человечества, когда такой источник энергии — открыт.

Он писал по поводу энергии радия: «Радий научил нас, что в мире нет предела количеству энергии, могущему служить для поддержания жизни, кроме предела, определяемого границами знания» [70с, с. 183]. Тем самым на основании новых данных ставились под сомнение предсказания ученых второй половины XIX в. о тепловой гибели Вселенной и неизбежном вымирании человечества ввиду отсутствия у него достаточно продолжительных источников энергии. «Истинное благополучие мира, — оптимистически восклицал Содди, — лежит в его энергии, и благодаря открытию радиоактивности в первый раз стало ясно, что тяжелая борьба за существование и за остатки той энергии, за счет которой развивался род человеческий, не есть уже больше единственно возможный и неизбежный удел человечества.

Законно стало стремление человека верить в то, что настанет некогда день, когда он получит возможность овладеть для своих целей первоисточниками энергии, которые природа так ревниво охраняет для будущего. До осуществления этой надежды, без сомнения, очень далеко, но сама возможность ее изменяет отношение человека к окружающему и придает высший смысл существованию» [70с, с. 160—161].

Этими словами кончается первое издание книги Содди, высокую оценку которой дал М. Горький в письме к О. П. Руновой: «А все-таки — мир шествует вперед! Мне очень хотелось бы, чтобы Вы посмотрели последние страницы книжки Содди «Радий» — посмотрите, это очень воодушевляет!» (Архив А. М. Горького, ПГ-рл 37-23-2).

### «Материя и энергия»

Деятельность материи и энергии вызвала пока только одну сторону человеческого знания, обычно охватываемую словами «физическая наука», и мы считаем необходимым вначале же оговориться, что будем употреблять слово «наука» в применении лишь к одной этой области.

Фредерик Содди

Книга Содди «Материя и энергия» отличается от многих других научно-популярных книг начала XX в., написанных на тему о «тепловой гибели Вселенной», прежде всего своей острой публицистичностью. Содди далек от мысли просто познакомить неискушенного читателя со вторым законом термодинамики, атомистикой и радиоактивностью; его задача гораздо шире: он хочет донести до сознания читателя чувство ответственности за бесхозяйственное, хищническое растраниживание ограниченных запасов традиционных источников энергии: угля, нефти и газа (но прежде всего традиционного для Англии топлива — угля). Основной тезис Содди — «энергия и богатство — синонимы» [94а, с. 31] — подкрепляется массой примеров из истории цивилизации (использование мускульной силы животных и рабов, энергии ветра и водопадов, угля в паровых машинах и т. д.). Предрекая будущие энергетические кризисы, неизбежные при продолжении хищнической эксплуатации месторождений топ-

лива, Содди писал: «Страх израсходовать запас пищи врожден нам; страх израсходовать запас топлива человек еще должен развить в себе... Нет возможности вычислить, чего стоил уголь в экономии природы, как и определить, сколько потребовалось бы веков для возобновления запаса, сжигаемого нами в один год!.. Только такая наука, которая столько же заготавливала бы, как и тратила, направила бы цивилизацию в широкое русло энергии, способной удовлетворить колоссальные требования мира на безгранично огромные периоды времени,— но такая наука еще не родилась. Век, в который мы живем, век каменного угля, черпает свою жизненную влагу из мелеющей лужи, оставшейся между приливом и отливом великой космической волны» [там же, с. 31—33].

Человечеству нужны новые источники энергии, и ученые должны своевременно приступить к их поиску. Фундаментальным источником энергии, по мысли Содди, продолжает оставаться материя, а способом извлечения энергии из материи является изменение материи. «Общая сумма энергии, заключающейся в материи,— констатировал Содди,— определяется тем, в какой степени материя способна изменяться» [там же, с. 30].

Наиболее привлекательный источник энергии для будущих поколений («чтобы удовлетворить самые неумеренные требования рода человеческого до отдаленных будущих времен») [там же, с. 18] заключен в атомах радиоактивных элементов. Этот источник — цель ближайшего развития физической науки. Но достичь этой цели будет нелегко, отмечает Содди, ибо «чем богаче завоевания, чем изумительнее победы над физическим миром, тем они труднее даются сравнительно с прошлыми достижениями» [там же]. И тем не менее «одна мысль о безграничной неистощимой энергии природы, одна духовная радость и удовлетворение, которое дает эта мысль, уже проясняют для нас перспективу нашего двадцатого века» [там же, с. 19]. Поставив такую цель перед учеными, можно придать столь важную науке вообще *гуманную ценность*, так как «истинная ценность науки в *достижении* знания. Только тот, кто изведал радости открытия, знает, что такое наука. Решенная задача — уже мертвец» [там же].

В книге десять глав, и каждая из них является своеобразной ступенькой, подводящей читателя к пониманию

скорого и неизбежного превращения «века угля» в «век атомной энергии»: в пользу такого вывода, свидетельствует Содди, говорит вся сумма знаний, накопленных «физической наукой». Но если отдаленное «энергетическое будущее» нашей планеты становится известным, то можно ли предусмотреть социальные последствия овладения человечеством атомной энергией? «К чему же приведет открытие, что до сих пор мы существовали только побочными продуктами естественной энергии, не зная о существовании первичных запасов в атомах материи? Едва ли нужно говорить, что это открытие должно оказать глубокое влияние на все области человеческого мышления... Превращения урана в гелий и, быть может, свинец необходимо добиться искусственно, прежде чем энергия этого процесса (Содди рассматривает суммарную энергию распада в радиоактивных рядах.— *А. К.*) будет годиться в дело» [там же, с. 174—175]. Поставленная задача, по мысли Содди, задача будущего, а «покуда все победы науки над природой смахивают на успехи школьника. Но этот период уже проходит. В грядущем наука будет заниматься не расходом запасов, но пополнением расходуемого» [там же, с. 178].

Овладение атомной энергией — грандиозный и неизбежный эксперимент, который человечество поставит не только над природой, но и над самим собой, над условиями своего существования на Земле. Достаточно ли зрело человечество, способно ли оно правильно использовать огромную мощь «первичной энергии атомов материи»? Ведь у такого эксперимента могут быть два последствия — и об этом нельзя забывать: удача и неудача...

Содди так поясняет эти последствия: «Удача в этой сфере навсегда разрушит физическую границу, положенную непрерывному ходу прогресса, и придаст ему долговечный смысл, какого он покуда не имеет. Неудача, с другой стороны, означала бы постепенное возвращение рода человеческого в первобытное состояние и утрату если не всего, то очень многого из атрибутов, отличающих нашу современную жизнь от жизни наших диких предков» [там же, с. 180].

Содди выпала участь не только указать на страшные последствия «неудачного» использования атомной энергии, но и дожить до атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки... Ученому было тогда 63 лет... В определен-

ной степени нравственная трагедия Содди получила отражение в его последнем «научном бестселлере» — прекрасной книге об истории развития ядерной физики, которую он назвал «Историей атомной энергии» [203], а закончил разделом, содержащим призыв навсегда покончить со всеми войнами и использовать атомную энергию «только ради блага всех».

### **«История атомной энергии»**

**Мы живем в столь сложном физическом мире, что аналогии, за исключением лишь самых общих, являются опасными путеводителями.**

**Фредерик Содди**

Последнее замечательное научно-популярное произведение Содди — «История атомной энергии» [203] — представляет собой основательно написанную и великолепно проиллюстрированную книгу, предназначенную для самых широких читательских кругов. Ее первые четыре главы кратко очерчивают развитие основных идей физики и химии (преимущественно атомистические представления и взгляды на природу энергии и электричества) от древности до периода «революции в естествознании» (1895—1897), ознаменовавшегося открытием рентгеновского излучения, радиоактивности и электрона. Две следующие главы — «Открытие атомной энергии» и «Энергия и масса: изотопы» — посвящены становлению учения о радиоактивности, в разработке которого Содди принял активное участие. Седьмая — двенадцатая главы дают представление о важнейших достижениях феноменально быстрого развития ядерной физики, увенчавшегося триумфальным синтезом трансураниевых элементов и трагическими взрывами атомных бомб. Заключительная тринадцатая глава подводит основные итоги и ставит перед читателем вопросы о социальной ответственности ученого, о возникшей дилемме двух противоположных путей развития атомной энергии в руках человечества — мирном и военном.

Точно и сжато написанная, эта книга представляет собой квинтэссенцию раздумий семидесятилетнего ученого об истории развития физической атомистики, творческий отчет о фундаментальной научной работе, выполненной учеными разных стран в первой половине XX в., и в то

же время — своеобразное завещание научных и моральных принципов видного пионера-исследователя более молодому поколению ученых.

Говоря о своих моральных воззрениях на характер социальной ответственности ученого, Содди писал: «Не вина автора, если его взгляды на эти проблемы остаются неизвестными, так как со времени первой мировой войны и на протяжении последних двадцати пяти лет он практически был единственным, кто уделял серьезное внимание перевороту в науке, ведущему к ее извращению, и, насколько это было возможно в те дни для человека, никем не поддерживаемого, делал все от него зависящее, чтобы его взгляды стали известны публике» [203, с. 124].

В качестве основной причины, ведущей к извращению науки, Содди называет «намеренную фальсификацию системы распределения нечестно нажитого капитала» [там же]: это приводит к жутким социальным контрастам в буржуазном обществе — крайней нищеты миллионов на фоне богатства единиц. Ученый с горечью отмечал полный провал своей социальной активности, ибо «публика никогда не проявляла ни малейшего интеллектуального интереса к тому, так ли это на самом деле».

Отмечая симптомы наращивания гонки вооружений под покровом секретности и рост недоверия правительств ядерных держав к заверениям друг друга, Содди считал необходимым поставить мирное урегулирование атомной проблемы под строгий международный контроль. «Для того чтобы сделать применение атомной бомбы в военных целях невозможным и спасти мир, — утверждал он, — требуется настоящий международный научный контроль над исследованиями во всей этой области, а также и потому, что расходуемые средства и усилия колоссально возрастают, и они могут быть оправданы только при централизованном управлении» [там же, с. 127]. Но это лишь часть возникающей проблемы, ибо «неизбежно возникает более широкий вопрос: а именно отношение научного работника к обществу и его ответственность за употребление результатов своей работы во благо, а не во зло» [там же].

Чувство социальной ответственности поставит ученого перед необходимостью постоянно решать самые важные мировые проблемы с полной отдачей, утверждал Содди, опираясь во многом на личный опыт, и здесь его не



*Фредерик Содди  
в последние годы жизни*

должны сломить клевета и злоба, исходящая от части общества: «Клевета на «ученого», неприкрыто злобная во времена молодости автора, а теперь более тонкая и завуалированная, исходит от людей, которые при прошлых режимах обладали всей полнотой власти, а теперь вытеснены ходом истории. Вместо того чтобы отказаться от своих полномочий, они пытаются их сохранить, прибегая для этого к контролю над наукой, хотя до сих пор, часто, являются полными невеждами в ее вопросах».

Книга Содди опередила свое время. Она появилась в период «холодной войны», и только этим обстоятельством мы можем объяснить ее малое распространение (два издания в Англии и одно в Италии). Проблема окончательной ликвидации угрозы войны путем мирных переговоров стала реально решимой лишь в 1970-х годах. Но это обстоятельство должно, по-видимому, способствовать возрождению интереса к последней книге Содди. («Атомиздатом» предполагается в 1979 г. издание этой книги на русском языке.)

Книга Содди развертывает перед неспециалистами-читателями действительно глубоко захватывающую и увлекательную картину неведомых до сих пор тайн природы и рисует в ярких словах — иногда в широких образах — то, что в этой области уже завоевано и что предстоит завоевать будущим поколениям. Под пером автора вопрос из чисто научной задачи разрастается до глубоко философской проблемы и переходит в красивый полет научной мысли.

Н. А. Ш и л о в

Значительный интерес для историка науки и особенно для биографа Содди представляет тот факт, что ни в какой другой стране мира книги Содди, всегда первоначально публиковавшиеся на его родине, не переводились и не переиздавались так часто, как в России. Действительно, успех его работ в России, как будет показано ниже, был удивительно устойчивым и широким.

Чем можно объяснить этот интерес русских читателей именно к книгам Содди, а не какого-либо другого пионера исследований радиоактивных явлений, скажем М. Кюри, Э. Резерфорда, Ф. Гизеля, К. Гофмана и др.? С нашей точки зрения, причину высокой популярности книг Содди в России нужно искать в том специфическом отношении отечественных естествоиспытателей как к результатам изучения радиоактивных явлений, так и к теоретическому истолкованию этих результатов. Представляется необходимым кратко напомнить читателю о наиболее горячих проблемах развития атомистики почти столетней давности.

В мировой естественнонаучной периодике второй половины XIX в. широко дискутировались проблемы строения материи и ее связи с энергией [360, 366, 368, 385]. Наибольшее внимание привлекали идеи о сложном строении атомов химических элементов, представлявшие различные модификации гипотезы Праута [287], а также идеи о диссоциации и эксперименты по осуществлению диссоциации атомов элементов при определенных условиях (например, при сверхвысоких температурах и давлениях) [288,

318, 363]. На рубеже XIX—XX вв. эти идеи развивали также многие естествоиспытатели России<sup>1</sup>, в том числе такие ученые, как А. И. Базаров, Н. Н. Бекетов, Н. А. Умов, Ф. М. Флавицкий, И. И. Шенрок и др. Долгое время эти идеи носили отвлеченный, умозрительный характер и, будучи резко отвергаемы одними исследователями, получали горячую поддержку у других.

В последний период своей жизни Д. И. Менделеев относился резко отрицательно к идеям диссоциации материи, равно как и к теории радиоактивного распада, основы которой были заложены в совместных работах Резерфорда и Содди [367].

Первые работы по изучению радиоактивных явлений, казалось, могли перевести отвлеченную дискуссию о диссоциации материи в русло обсуждения конкретных результатов. Знаменательно, что в своих первых работах Резерфорд и Содди делали ссылки на публикации Дж. Н. Локьера, горячо поддерживавшего идеи диссоциации материи [12; 30, с. 277; 318; 319; 362]. Большая часть пионерских исследований Содди по радиоактивности явилась объектом пристального внимания русских химиков и физиков до и после первой мировой войны, ибо идеи и эксперименты Содди, выполненные им совместно с Резерфордом, Рамзаем, а также самостоятельно, служили надежной основой для опровержения устаревших представлений химии XIX в.

Конечно, высокая наглядность и доказательность обусловили главным образом широкую популярность книг Содди в России, где в течение значительного времени не проводились оригинальные исследования радиоактивных явлений. Однако, с нашей точки зрения, подлинной причиной притягательности книг Содди для русского читателя явился широкий философский охват различных проблем взаимосвязи материи и энергии — проблем, наиболее актуальных и характерных для отечественных естествоиспытателей.

---

<sup>1</sup> При написании этого раздела автором были использованы две рукописи, хранящиеся в библиотеке Института истории естествознания и техники АН СССР: *Альтшулер С. В.* Современники Д. И. Менделеева о природе химических элементов и атомов. Аннотированная библиография. 1971; *Альтшулер С. В.* Очерки по истории химической атомистики во второй половине XIX в. 1971.

О напряженном внимании отечественных ученых к результатам изучения радиоактивных явлений говорит такой факт: в 1903 г. Содди приступил к чтению лекций о радиоактивности в Лондонском университетском колледже, и как только английский еженедельник «Электричество» закончил их публикацию, в России был издан их перевод в виде отдельной книги «Радиоактивные явления» [19a]. На титуле русского издания не указаны ни переводчик, ни редактор книги, но на обороте титульного листа содержится ценная историческая справка: «Печатается по распоряжению Императорского Русского технического общества».

В 1905 г. в России был опубликован перевод первой книги Содди «Радиоактивность. Элементарное изложение с точки зрения теории распада атомов» [29b]. Предисловие к книге (в форме заметки от переводчика) было написано ее переводчиком Ф. Н. Индриксон, выполнившим до этого в России несколько пробных исследований радиоактивных явлений [355].

В своей заметке, датированной 2 ноября 1904 г., сравнивая книги Дж. Дж. Томсона «Прохождение электричества через газы», Э. Резерфорда «Радиоактивность» и Ф. Содди «Радиоактивность», Ф. Н. Индриксон отмечает, что книга Содди адресована более широкой аудитории и «важным ее преимуществом является изложение явлений радиоактивности с точки зрения теории распада атомов, творцами которой явились Резерфорд и автор книги».

Однако наибольший успех в России выпал на долю знаменитого «научного бестселлера» Содди «Интерпретация радия», который выходил на русском языке под названием «Радий и его разгадка» [70h). Эта книга выдержала в России шесть различных переизданий [70c-h]. Переводчик первого московского издания этой книги, магистр химии, адъюнкт-профессор Московского технического училища Н. А. Шилов в своем предисловии очень высоко оценил как научные работы Содди, так и его популяризаторскую деятельность.

Шилов писал о работах Резерфорда и Содди: «Имена Rutherford'a и Soddy были подписаны статьи, в которых впервые была высказана теория распада атомов, которая в короткий промежуток времени несколько лет уже имеет за собой столько блестящих подтверждений и прогнозов. Теория распада атомов стала необходимой рабочей

гипотезой не только для специальной обработки явлений радиоактивности, но и для всей широкой новой области химии атомов, возможность проникнуть в которую мы начинаем осознавать именно благодаря этой теории» [70с, с. IX]. По мнению Шилова, факт участия Содди в разработке теории радиоактивного распада обеспечивает переводимой книге высокую степень научной достоверности: «Участие Soddy в выработке основных понятий и теорий радиоактивности делает его мысли особенно авторитетными и исторически важными: на них лежит печать первоисточника» [там же, с. X].

Характеризуя новую книгу Содди, Шилов отметил широкий и компетентный обзор Содди последовательно научных открытий, приведших к теоретическому пониманию природы радиоактивных явлений. Вместе с тем, замечает Шилов, «книга Soddy не есть только компиляция — она дает понятие о постепенном, упорном научном труде, который был необходим при исследовании радиоактивности и который далеко не всегда сразу приводил к желаемой цели» [там же].

Большой интерес представляет анализ Шиловым стилистических особенностей рассматриваемой книги Содди: «Среди многочисленных книг, имеющих предметом радиоактивность, труд Soddy выделяется по характеру изложения. Автор остается все время строго научным в смысле пользования экспериментальными данными, и в общедоступной форме он сообщает все наиболее существенное, опуская лишь детали. Но вместе с тем он умеет внести в изложение не только необычайную простоту, ясность и живость, но также и широту философского взгляда и жилку художественного чутья... Даже в увлечениях автора, которые местами сильно заметны, чувствуется непосредственность и искренность оригинальной творческой мысли» [там же].

Все эти качества, считал Шилов, могут способствовать успеху у читателей этой строго научной и высоко эмоциональной книги Содди: «Много было говорено по поводу радия, но вряд ли кто-нибудь сумел сказать свое слово с такою верой в науку, с таким убеждением в широкий интерес излагаемого предмета и сказать притом так красиво и увлекательно» [там же].

Одновременно с московским в 1910 г. было осуществлено одесское издание «Радия и его разгадки». Редактором

одесского издания был лаборант Новороссийского университета Д. Д. Хмыров. Под редакцией Хмырова «Радий и его разгадка» выдержал три издания в одесском издательстве «Mathesis» [70d — f]. К третьему изданию (1923), представлявшему собой перевод четвертого пересмотренного и дополненного английского издания, Д. Д. Хмыров написал вступительную заметку «От редактора перевода», в которой дал сжатую оценку значения книги Содди в новейшей научно-популярной литературе. «В популярной литературе о ради, — писал Хмыров, — книга профессора Содди занимает столь же исключительное место, как научные работы ее автора — одного из творцов теории распада атомов — в специальной литературе. Каждая страница книги дышит вдохновением и энтузиазмом и потому читается с одинаковым увлечением как непосвященными, так и знатоками дела; широкие же обобщения, могучий полет научной фантазии автора — вызывают напряженный интерес к самым фактам, иногда, может быть, запутанным и сложным, но изложенным с поразительной ясностью и отчетливостью».

Значительный интерес представляют упомянутая в этой заметке переписка Хмырова с Содди и приводимый фрагмент письма Содди. Вот что пишет Хмыров по этому поводу: «Настоящий перевод сделан с английского издания 1922 г., представляющего перепечатку четвертого издания, вышедшего в 1920 г. В этом издании автором добавлена к книге вторая часть, посвященная учению о строении атома. Приступая к переводу, мы сочли не лишним испросить разрешение автора и осведомились, не найдет ли он нужным сделать какие-либо изменения или дополнения. Мы получили следующий ответ (от 6 апреля 1923 г.): «...Что касается меня лично, то я был бы вполне удовлетворен, если бы вы перевели на русский язык новое и расширенное издание... Новое издание все еще практически соответствует теперешнему моменту, и я не думаю, чтобы требовались какие-либо изменения...»

Как отмечает Д. Д. Хмыров, «согласно этому указанию автора, нами и был сделан полный перевод его книги, без всяких существенных изменений» [70f].

Осуществление Хмыровым переиздания книги Содди «Радий и строение атома» состоялось в 1923 г., а в 1924 г. были осуществлены московское [70g] и ленинградское [70h] переиздания этой книги. Интересно отметить, что

эта книга Содди выдержала, таким образом, пять переизданий в Англии, одно в Германии, два во Франции и шесть в России [70].

Перевод двух других книг Содди — «Химия радиоэлементов» [92] и «Материя и энергия» [94] — был осуществлен в России почти одновременно (1913), причем книга «Материя и энергия» была одновременно опубликована в двух московских издательствах в разных переводах.

Один из первых русских радиологов, В. А. Бородовский, с апреля 1908 г. по январь 1910 г. стажировался по курсу радиоактивных явлений в лабораториях Дж. Дж. Томсона и Э. Резерфорда и др. [355, с. 83—88]. В 1913 г. в петербургском издательстве «Образование» под его редакцией был опубликован перевод книги Содди «Химия радиоэлементов» [92b]. В предисловии к русскому изданию В. А. Бородовский писал: «Книга Содди «Химия радиоэлементов» в литературе радиоактивных веществ представляет собой явление исключительное... Отдельные указания разных авторов о химических свойствах радиоэлементов были разбросаны по многочисленным специальным журналам. Содди взял на себя задачу критически разобрать известные до сих пор исследования о химизме радиоэлементов и в предлагаемой книге дает систематический обзор химических свойств каждого радиоэлемента в отдельности. Одновременное сопоставление (выполненное Содди.— А. К.) физических и химических признаков радиоэлементов в каждом отдельном случае вполне устанавливает его индивидуальный характер». Интересно, что Бородовский отметил тот быстрый прогресс в области изучения радиоактивных явлений (открытие радиоактивных «вилок» в радиоактивных рядах урана и тория и др.), который был достигнут за прошедшие два года. «Несмотря на то что книга Содди издана на английском языке еще так недавно (1911), многие данные, касающиеся главным образом физических констант, пришлось заменить соответственно новейшими исследованиями» [92b].

В 1913 г. в московском издательстве «Природа» в переводе С. Г. Займовского и под редакцией Н. А. Морозова<sup>2</sup> вышла книга Ф. Содди «Материя и энергия» [94a].

---

<sup>2</sup> Н. А. Морозов (1856—1946), русский революционер (в 1883—1905 гг. был заключен в Шлиссельбургской крепости по делу

Морозов снабдил книгу своим вариантом периодической системы химических элементов (недостатком варианта периодической системы Содди являлось отсутствие в нем водорода), написал «Предисловие к русскому переводу» и в ряде мест сделал несколько примечаний к тексту книги Содди. В своем предисловии Морозов так представил русскому читателю Содди и его книгу: «Фредерик Содди (F. Soddy) — третий и самый молодой член блестящей триады современных английских исследователей в области радиоактивных веществ.

Свою научную деятельность он начал как ассистент Резерфорда, а потом Рамзая и принял с ними участие в двух первостепенных открытиях в этой области.

Основное открытие Рамзаем гелия (при распаде эманации радия.— А. К.) было сделано вместе с Содди. Теория распада атомов периодической системы наших минеральных элементов на гелий была высказана Резерфордом вместе с Содди.

Теперь (в 1913 г.) он состоит лектором физической химии и радиологии (lecturer of physical chemistry and radioactivity) в Глазговском университете в Шотландии. Его важнейшие прежние сочинения — «Радий», «Химия радиоэлементов», «Общедоступные лекции о природе радия» — уже имеются в русском переводе. Настоящая книжка (Matter and Energy) является как бы философским обобщением представлений о строении материи и энергии, вырабатываемым последними течениями физической науки» [94а, с. 11].

Интерес представляют отклики, оценки и мнения других видных представителей русской науки и публицистической мысли о русских переводах книг Содди и его оригинальных научных работах. Ниже мы попытаемся охарактеризовать отношение В. И. Вернадского, Л. А. Чугаева и М. Горького к работам Содди.

*В. И. Вернадский и Содди.* О весомом вкладе В. И. Вернадского в развитие отечественных исследований радиоактивных явлений уже неоднократно говорилось в научной литературе [355, 371]. В его научных работах нами были

---

пародовольцев), автор многочисленных трудов по химии, физике, астрономии, математике и истории. С 1932 г.— почетный академик АН СССР. Большую известность приобрела в 1910-х годах книга Морозова «Периодические системы строения вещества».

встречены ссылки (всегда только на оригиналы публикаций) как на совместные работы Содди с Резерфордом [7], Рамзаем [14, 17, 28], Пирре [84], Хитчинс [113], так и на его самостоятельные работы [70, 91, 70b, 100a, 168].

В своей книге «Очерки геохимии» В. И. Вернадский дает 14 ссылок на соответствующие места из книг Содди [350, т. 1, с. 389]. Интересно отметить, что в оценках Вернадским работ Содди чувствуется скорее подход современника-практика, нежели стремление к точности и сдержанности историка,— и это при желании Вернадского оценить историческое значение рассматриваемых работ английского ученого. Очевидно, прежде всего Содди был для Вернадского одним из главных лидеров развивающегося учения о радиоактивности — печать этого восприятия лежит на всех оценках и высказываниях Вернадского о Содди.

Так, говоря о развитии учения о радиоактивности, Вернадский отмечал: «Можно сейчас очень ясно выявить движение мысли, приведшей к новому пониманию мира, так как трое из четырех ее творцов — Э. Резерфорд, Ф. Содди и М. Кюри-Склодовская — не раз излагали, издали годов, историю создания нового представления (здесь Вернадский делает ссылку на книгу Содди [168].— А. К.)» [350, т. 1, с. 334]. В ряде случаев Вернадский проводил сравнение нескольких описаний разными авторами одного и того же открытия и его последствий, что позволяло ему вырабатывать собственную точку зрения. Например, при изложении истории открытия космических лучей Вернадский отмечает: «Правильный очерк влияния этого открытия дает Содди (ссылка на [168].— А. К.)» [350, т. 1, с. 345].

Интересный пример сравнения двух разных изданий книг самого Содди и вывод о чрезвычайно быстром развитии учения о радиоактивности можно найти в разделе «Очерков геохимии», где Вернадский обсуждает возможность всеобщей радиоактивности и недостаточной чувствительности использованных методик. «Явление может идти в огромном масштабе,— констатирует Вернадский,— но мы его не замечаем нашими современными приемами. Это давно отмечено. На это указывал уже в своей замечательной, оказавшей огромное влияние книге о радиоактивности Ф. Содди в 1909 г. [70]. Он указывал предел, ниже которого радиоактивность, даже сильная

( $\alpha$ -частицы со скоростью в 2000 см/сек), не улавливалась тогдашней методикой. Сравнивая с этой книгой новое ее издание (1932), можно видеть, как далеко, несравненно далеко ушло дерзание и изменилось понимание мира в направлении, совершенно неожиданном для самих творцов переживаемого, частью пережитого переворота» [350 т. 1, с. 235—236].

Высоко оценивал Вернадский и вклад Содди в разработку закона радиоактивных смещений, и введение им концепции изотопии. «Содди,— писал он,— создал понятие изотопов и наиболее глубоко охватил явление... Создалась радиохимия, обобщенная впервые Содди» [там же, с. 228—229].

Вернадский одобрительно отзывался о попытках использования отечественными учеными результатов Содди в качестве основы для собственных исследований. В частности, говоря о работах известного радиохимика И. Е. Старика, он писал: «И. Е. Старик, исходя из наведений Ф. Содди (F. Soddy), выставил заслуживающую серьезного внимания и вполне — по подсчетам — допустимую гипотезу, что и свинец ат. веса 204 является конечным продуктом распада тория — распада, длящегося  $10^8$  лет» [там же, с. 690].

Вернадский иногда приводит в своих работах запоминающиеся, яркие примеры Содди: «Уже Содди заметил, что атомы быстро исчезающего радона или еще более радиоактивного торона или актинона не могут собраться в сколько-нибудь заметном количестве. Пятьсот кубических сантиметров, ими заполненные, разрушили бы все окружающее и произвели бы катастрофу на Земле» [там же, с. 691]. Он упоминает о работах Содди и в своей важной, выдержавшей три издания (1910, 1911, 1914) статье «Об исследовании радиоактивных минералов Российской империи» [350, т. 1], а также в книге «Опыт описательной минералогии» [350, т. 2].

В статье «О новых задачах в химии жизни» Вернадский, рассказав о научных заслугах Г. Мозли и его ранней гибели, еще раз высоко оценил и значение научной деятельности Содди. «История научной работы Ф. Содди,— подчеркнул он,— дает нам яркий пример такого же значения отдельной человеческой личности, ее огромной ценности, как и история трагически погибшего Мозли. Ему (Ф. Содди.— А. К.) мы обязаны введением двух со-

вершенно новых представлений в человеческую мысль» [350, т. 5, с. 218].

*Л. А. Чугаев и Содди.* В первом выпуске серии «Пособия при изучении химии» издательством «Образование» была издана монография профессора Петербургского университета Л. А. Чугаева «Периодическая система химических элементов» [383]. В девятой главе монографии «Радиоактивные элементы» — Л. А. Чугаев приводит табличное изображение трех радиоактивных рядов, взятое из обзора Содди работ по радиоактивности за 1911 г. [93], не внося в него никаких изменений [383, с. 232—233].

Такое незначительное внимание Чугаева к работам Содди в данной его монографии обусловлено, на наш взгляд, во-первых, краткостью десятой главы, а во-вторых, характером изложения Чугаева в данной главе, где он в ряде случаев приводит важные теоретические концепции без упоминания имен их творцов.

В значительно большей степени работы отражены в последней, изданной посмертно монографии Л. А. Чугаева «Природа и происхождение химических элементов в связи с новейшими исследованиями о распаде атома и об изотопии» [284]. Не всегда точно с точки зрения современной истории науки указывая даты публикации важнейших обобщений (например, Чугаев писал, что «замечательный» закон радиоактивных смещений был впервые высказан Содди в 1911 г. «и вслед за тем Фаянсом» [384, с. 62], Чугаев достаточно корректно изложил суть рассматриваемого вопроса. В разделе «Закон Содди—Фаянса» Чугаев, объяснив читателю смысл закона радиоактивных превращений и проиллюстрировав его на примере семейства урана, замечает: «Закон Содди оправдался во всех случаях радиоактивных превращений» [там же, с. 63]. В другом разделе — «Учение об изотопии» Чугаев, ссылаясь на монографию Содди «Химия радиоэлементов» [92], писал о том, что «известный английский радиохимик Фр. Содди еще в 1911 г. выдвинул новое оригинальное представление об изотопии, в корне меняющее весь облик периодической таблицы» [384, с. 69]. В качестве предшественников, близко подошедших к идее изотопии на основании умозрительных построений, Чугаев называет имена А. М. Бутлерова и В. Крукса; причем, по мысли Чугаева, идеи Крукса «можно назвать поистине пророческими. По сравнению с ними, собственно, Содди сделал

только один шаг вперед, допустив существование изотопов, которые с помощью обычных методов вообще неразделимы друг с другом» [там же, с. 71].

Имя Содди встречается в монографии Чугаева еще несколько раз при изложении результатов изучения изотопии среди радиоактивных элементов. «Первоначально изотопы стали известны среди радиоэлементов,— отмечал Чугаев,— и это послужило поводом для Содди к созданию самого учения об изотопии» [там же, с. 74]. Чугаев посвятил специальные разделы рассмотрению различных аспектов изотопии: «Изотопия среди радиоэлементов» [там же, с. 74—78], «Учение об изотопии как новое оружие научного исследования в области химии и радиохимии» [там же, с. 78—80], «Радиоторий и мезоторий» [там же, с. 81—82], «Первые случаи изотопии среди радиоэлементов нерадиоактивных. Плеяды свинца» [там же, с. 82—86], «Изотопия — как общее свойство химических элементов. Работа Астона» [там же, с. 90—103].

Любопытно, что Чугаев дает примеры синонимического использования, строго говоря, различных (см. с. 131) понятий — закон радиоактивных смещений (по терминологии Чугаева, «закона Содди — Фаянса» [там же, с. 62]) и правила радиоактивных смещений (у Чугаева — «правило Содди—Фаянса» [там же, с. 79]). По-видимому, это обстоятельство было обусловлено широкой практикой смешивания этих понятий в конце 1910-х — начале 1920-х годов. Отметим также ссылку Чугаева на прогноз Содди урана- $X_2$ , а также сравнительно вольный пересказ Чугаевым одного места из книги Астона [387]: «Когда Дж. Дж. Томсон сообщил на съезде Британской ассоциации в Бирмингеме в 1913 г. о сложности неона, то Содди тут же подчеркнул, что неон и метанеон, без сомнения, изотопичны, и указал на огромную важность этого наблюдения, как дающего основание думать, что изотопия распространена далеко за пределы радиоэлементов. Справедливость его слов не замедлила получить блестящее и полное подтверждение» [384, с. 89].

*М. Горький и Содди*<sup>3</sup>. Известно, что М. Горький был

<sup>3</sup> При подготовке данного раздела автору оказали помощь В. В. Гневашев (Кабинет творчества А. М. Горького, Институт научной информации по общественным наукам АН СССР) и И. В. Дистлер (Архив А. М. Горького, Институт мировой литературы АН СССР).

одним из самых начитанных писателей своего времени, при этом круг чтения писателя охватывал не только беллетристику и публицистику, но и все важнейшие научные и научно-популярные работы в различных областях знания. Будучи самоучкой, Горький читал сам и рекомендовал своим молодым корреспондентам (П. Х. Максимову, И. Н. Захарову, Н. Е. Буренину и др.), спрашивавшим его о программе чтения для самообразования, читать «серьезные книги» по истории, биологии, физиологии, химии, физике, географии, философии, истории русской и зарубежной литературы и пр. Эту черту Горького хорошо знали все те, кто близко общался с ним на протяжении жизни писателя; сам Горький так отозвался о своем стремлении постоянно пополнять свои знания: «Я чувствую себя моложе моих лет, потому что не устаю учиться» [387, с. 7].

По имеющимся материалам, Горький был знаком с тремя научно-популярными книгами Содди: «Радиоактивность» [29b], «Разгадка радия» [70], «Наука и жизнь» [136] (экземпляр был прислан Горькому Г. Уэллсом), но, учитывая повышенный интерес Горького к этим книгам, можно предположить, что он ознакомился и с другими русскими переводами книг Содди: «Материей и энергией» [94] и «Химией радиоэлементов» [92b].

Но первое знакомство Горького с явлением радиоактивности и ведущими учеными в этой области, по-видимому, состоялось до чтения книг Содди, а именно в 1906 г., когда Горький посетил весной в Париже лабораторию М. Кюри, а осенью — лабораторию Э. Резерфорда в Монреале [385, 343].

К. Федин в воспоминаниях о М. Горьком писал: «Он мне рассказывал с проникновенной благодарностью о супругах Кюри, которых лично знал и в лаборатории которых бывал, живя во Франции. Когда из разговоров он увидел, что я немного знаю химию, он сразу бросил популярный язык и начал великолепно, в подробностях, говорить о явлениях радиоактивности элементов» [381, с. 84]. Известно также, что позднее Горький рассказывал о явлении радиоактивности слушателям Каприйской школы [385, с. 62].

В 1908 г. М. Горький, очевидно, впервые прочел книгу Содди «Радиоактивность. Элементарное изложение с точки зрения теории распада атомов». 15 мая 1908 г. он писал

издателю К. П. Пятницкому: «Меня одолевают, может быть, наивные и смешные мысли, но — я все более увлекаюсь ими. Мне кажется, например, что мысль — вид материи или, вернее, один из видов эманации материи. Что мысль и воля — едино суть.

Я делаю отсюда выводы — удивительные, не забывая о том, что они опять-таки могут показаться смешными.

Но я не совсем мечтатель и фантазер: д-р Котик в своей книжке «Эманация психо-физической энергии» позволяет мне опереться на его опыты. Он — не один, на днях я прочитал удивительную книжку Содди о радиоактивности» [352, т. 29, с. 71].

Значительный интерес Горького вызвала и книга Содди «Радий его разгадка», которую он прочел в переводе Д. Д. Хмырова и высоко оценил. Так, в октябре 1911 г. Горький писал А. В. Амфитеатрову: «Хотите испытать большое наслаждение? Прочитайте книжку Содди «Радий», издание «Mathesis» (Архив А. М. Горького, ПГ-рл 1-25-129). Тогда же Горький писал Н. Е. Буренину: «...И прочитай книжку Содди «Радий», издание «Матезис» — удивительная вещь, и это необходимо знать» [352, т. 29, с. 205]. Несколько месяцев спустя, в начале 1912 г., Горький пишет О. П. Руновой: «А все-таки — мир шествует вперед! Мне очень хотелось бы, чтобы Вы посмотрели последние страницы книжки Содди «Радий» — посмотрите, это очень воодушевляет!» (Архив А. М. Горького, ПГ-рл 37—23—2).

Горький рекомендовал И. М. Касаткину прочесть в числе книг о науке «Радий» Содди. «Эти книжки, — писал он 25 октября 1912 г., — введут Вас в самую интересную и революционную область современной опытной науки — в область нового учения о материи. Знание именно этой дисциплины есть фундаментальное знание, совершенно необходимое мыслящему человеку нашей эпохи. Нарождается новая наука, не физика и не химия, а химиофизика, и она перевернет вверх ногами все гипотезы психологии...» [353, с. 139—140]. При этом Горький советовал своему молодому корреспонденту стремиться не попасть под влияние отдельных авторитетов: «Книжки — читайте, каждая из них скажет Вам, как и о чем думает мир, — не Ле-Бон, не Содди, не человек вообще, — а именно — мир. Ибо каждая книга есть квинтэссенция мировой работы духа человеческого, — книга есть последнее

слово множества умов, сказанное одним умом» [там же, с. 140].

В 1920 г. Г. Уэллс по просьбе Горького прислал 13 научных и научно-популярных книг для Дома ученых. В списке посланных книг первой была указана книга Содди «Наука и жизнь» [там же, с. 205].

В ответном письме от 3 декабря 1920 г. Горький писал: «Дорогой Уэллс! До сего дня я получил от Вас тринадцать томов различных книг научного характера, за этот подарок Дом ученых сердечно благодарит Вас, я — тоже. Все книги уже рецензированы различными профессорами, рецензии были публично прочитаны на одном из субботних собраний ученых, некоторые книги переводятся на русский язык, прежде всего — *статьи и речи Содди* (курсив мой. — А. К.)» [352, т. 29, с. 395].

По-видимому, в 1920 г. Горький попытался связаться с Содди, чтобы получить от него статью. Он обратился в Англию к своему переводчику С. С. Котелянскому и вскоре получил от него ответ от 3 июня 1920 г. «Мне казалось бы, — писал Котелянский, — что если бы Вы написали проф. Содди (Soddy) и предложили ему написать статью по его специальности (радиоактивность), или же чтобы он рекомендовал компетентного сотрудника, то я думаю, что он это сделает для Вас, судя по той большой симпатии к Вам, которую он высказал мне, когда в прошлом году я встретился с ним у Уэллса» (Архив А. М. Горького, КГ-П 39-9-1).

Об отношении Горького к Содди свидетельствует и его письмо к членам фонда Горького от 18 мая 1922 г. «Все более дерзкие и фантастические задачи ставит перед собой наука, стремясь обеспечить жизнь людей, и — смело решает эти задачи... — утверждал Горький, — непрерывно работают великие радиоактивисты Резерфорд, бывший профессор в Монреале, и удивительный Содди» (Архив А. М. Горького, ПГ-коу 64-24).

Последнее из известных нам упоминаний Горького о Содди относится к началу 1923 г. В то время Горький был занят организацией нового научно-литературного журнала «Беседа», о задачах которого сообщал С. Н. Сергееву-Ценскому: «Да, — «Беседа» политикой не промышляет, никаких политических статей не печатает. Только положительные науки, история литературы, поэзия и беллетристика. 25 листов в два месяца, с осени сделаем жур-

нал ежемесячником» [352, т. 29, с. 411]. С целью заказа необходимых статей Горький писал 21 февраля 1923 г. Г. Уэллсу: «...Вы знакомы с Содди и Резерфордом? Не напишут ли они небольшие очерки по вопросам о современном состоянии исследований радия или по теории атома?»

Если же незнакомы — сообщите мне их адреса.

Очень прошу извинить меня за то, что беспокою Вас, но так хочется дать своей стране возможность ознакомиться с духовной жизнью Европы, от которой Россия оторвана. Мне кажется, что в наши безумные дни работа разума должна быть особенно подчеркнута. Мы как бы забыли организующее и спасительное значение труда, огромную роль духа.

Итак — я жду от Вас статьи? Вы простите мне навязчивость. Я забочусь не о себе» [370, с. 73].

Очевидно, Горький был настолько уверен в поддержке Уэллсом своего начинания, что на следующий день, 22 февраля 1923 г., писал В. М. Алексею: «...во второй книге будет статья Уэллса и Содди» [352, т. 29, с. 409]. По-видимому, эта фраза Горького позволила комментатору переписки Горького и Уэллса сделать примечание: «В 1923 г. А. М. Горький привлек Ф. Содди к сотрудничеству в журнале „Беседа“» [370, с. 78]. Автором при подготовке данного раздела был просмотрен комплект журнала «Беседа», хранящийся в Кабинете творчества А. М. Горького, но статей Содди и Уэллса там не обнаружено. Известно, что Уэллс прислал Горькому для перевода книгу «Люди как боги». Но публиковать книгу в «Беседе» Горький отказался, потому что ранее ее перевод начал печатать, как отметил Горький в ответном письме Уэллсу, еженедельник «Красная нива»: «Нет смысла давать одну и ту же книгу одновременно в двух разных переводах для одних и тех же читателей» [370, с. 74].

Бесспорно, высшей оценкой работ Фредерика Содди в России явился факт избрания его в АН СССР.

*Ф. Содди и Академия наук СССР.* В 1924 г. Академия наук СССР избрала в свои почетные члены-корреспонденты многих выдающихся зарубежных ученых, в том числе Ф. Астона, Н. Бора, М. Борна, М. Вольфа, П. Дебая, В. Кэмпбелла, П. Ланжевена, М. Лауэ, А. Майкельсона, Р. Милликена, Ж. Перрена, Э. Резерфорда, Ф. Содди, Дж. Дж. Томсона, К. Фаянса и П. Эренфеста (Ленинград-

ское отделение Архива АН СССР, ф. 2, оп. 1 (1925), л. 28—29).

На XII заседании Российской академии наук от 6 декабря 1924 г. были утверждены избранные по отделениям иностранные члены-корреспонденты. Среди других крупных ученых по отделению химии был утвержден Фредерик Содди. В «Известиях РАН» за 1924 г. была опубликована краткая «Записка об ученых трудах Ф. Содди», подписанная академиками Н. Курнаковым, Д. Коноваловым, В. Ипатьевым, П. Лазаревым и А. Иоффе [363а].

В Ленинградском отделении Архива Академии наук СССР нами были обнаружены два благодарственных письма Содди, уведомляющих о получении сообщения об избрании и (второе письмо) о получении диплома.

Вот текст первого письма Содди от 1 апреля 1925 г.:

«Дорогой сэръ! Ваше сообщение от 28 февраля, которое я только что получил, уведомляет меня, что Академия наук России оказала мне честь путем включения моего имени в список своих членов-корреспондентов. Это сообщение доставило мне огромное удовольствие. Будьте любезны сообщить членам академии мою искреннюю благодарность и признательность за мое включение в это знаменитое общество. С искренним уважением — Фредерик Содди» (Ленинградское отделение Архива АН СССР, ф. 1, оп. 2 (1925), № 5/32, § 69).

Во втором письме от 21 марта 1926 г. Содди сообщал о получении диплома:

«Дорогой сэръ! Благодарю Вас за присланный диплом, свидетельствующий о моем избрании в качестве члена-корреспондента Академии наук России. Искренне Ваш — Фредерик Содди» (Ленинградское отделение Архива АН СССР, ф. 2, оп. 1 (1926), № 1686, л. 134).

В перечне документов, хранящихся в архиве Содди при библиотеке Бодлея в Оксфорде, нам не удалось обнаружить соответствующие извещения секретаря АН СССР об избрании Содди членом-корреспондентом АН СССР (по-видимому, эти документы хранятся в других архивах), однако в этом перечне указано приглашение Фредерику Содди посетить Москву и Академию наук СССР в 1945 г. [255, с. 26, № 249].

## Заключение

---

Надо любить истину так, чтобы всякую минуту быть готовым, узнав высшую истину, отречься от всего того, что прежде считал истиной.

Лев Толстой

Фредерик Содди ушел из жизни, оставив в умах современников ощущение далеко не исчерпанной интеллектуальной и духовной мощи, сложности и замкнутости своего внутреннего мира. В статьях его учеников — Рассела, Флека, Крэнстона, Панета, равно как и в книге его первого биографа Хауртс, была сделана попытка нарисовать портрет этого выдающегося ученого, раскрыть основные особенности его творческого метода и проследить эволюцию его духовной жизни. В главном эти портреты дополняют друг друга, в частности — расходятся, позволяя судить скорее об особенностях личных отношений того или иного автора с героем воспоминаний, чем об объективных чертах личности Содди.

История науки показывает: на смену таким воспоминаниям и биографическим очеркам неизбежно приходит очередь обобщающего историко-научного исследования жизни и научной деятельности видного ученого. И чем сложнее и крупнее личность творца в науке, тем осторожнее и внимательнее должен подходить биограф к анализу доступных ему документов. Ибо сделанные при анализе ошибки и поспешные выводы после публикации исследования будут еще долго способствовать формированию ложных представлений у читателей о тех или иных событиях. К сожалению, многие биографии выдающихся ученых XX в. изобилуют такими ошибками [374, с. 99]. В частности, как мы уже отмечали, излишне субъективно и некритично изложила ряд фактов из жизни Содди его первый биограф Хауртс.

В данном коротком биографическом очерке жизни и

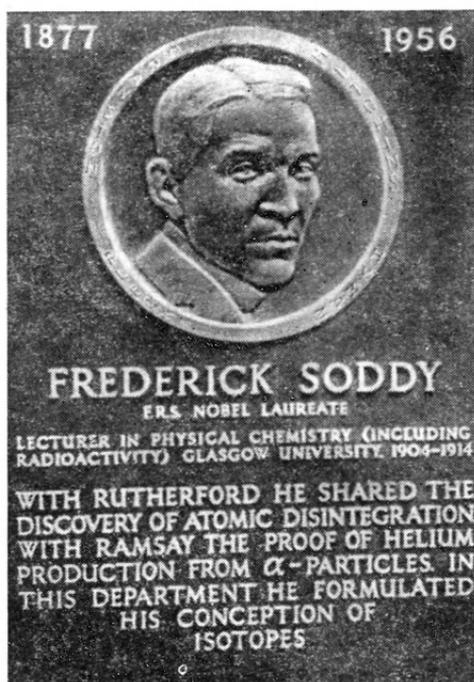
деятельности Фредерика Содди, конечно, лишь частично отражены основные жизненные перипетии и научные достижения выдающегося английского радиохимика. Очевидно, более полное исследование его биографии еще предстоит выполнить, и это потребует соответствующего изучения большого числа опубликованных и неопубликованных работ Содди по математике и экономике. Пока можно лишь говорить о желательности такого исследования, ибо в настоящее время в историко-научной литературе отсутствуют даже пробные исследования этих вопросов.

Важно и другое. С именем Содди и до и после его смерти связывалось много сплетен и клеветы: характер ученого был не из легких. Деятельность биографа и в этом отношении должна быть направлена прежде всего на выяснение главного, бесспорного, что оставил после себя этот ученый. Иначе биограф рискует оказаться среди тех, о которых язвительно писал Абуль-Фарадж: «Глупцы замечают только промахи людей и не обращают внимания на их достоинства. Они подобны мухам, которые норуют сесть только на воспаленную часть тела».

И все-таки даже это краткое биографическое исследование позволяет сделать некоторые выводы о личности Содди и его вкладе в учение о радиоактивности.

С психологической точки зрения личность Содди характеризуется следующими устойчивыми чертами: богатое воображение, широкий круг интересов, хорошая память, острый, цепкий ум с тягой к широким обобщениям, развитая интуиция, большая работоспособность, литературная одаренность, честолюбие, энергия и вера в свои силы. Некоторые его качества, в прямой связи с его жизнью, с годами трансформировались в свои противоположности: будучи в юности и молодости максимально открыт, доверителен со старшими и очень общителен, в конце жизни Содди был известен своей замкнутостью, подозрительностью ко всем вышестоящим на административной и научной лестнице, своим упорным одиночеством. Юношеские впечатлительность, внушаемость были вытеснены в пожилом возрасте отказом от новых впечатлений, одинокой отшельнической жизнью, жестким догматизмом мышления, глубоко органичным презрением к любого рода компромиссам.

По воспоминаниям одного из учеников Содди в Оксфорде, ученый был «одиноким, изолированным человеком,



*Мемориальная доска в честь Содди  
на здании Химической лаборатории  
университета в Глазго*

полностью поглощенным собственными мыслями, с трудом соглашавшимся на дружеские отношения с коллегами, хотя никогда не отказывался помочь любому просителю советом и деньгами» (из письма профессора Е. Дж. Боуэна автору от 20 апреля 1974 г.).

Стоит сравнить портреты Фредерика Содди в шестнадцать лет и незадолго перед смертью, чтобы зримо ощутить перерождение психики Содди. Долгие годы неравной борьбы не прошли для него даром.

Каковы же важнейшие причины этой эволюции личности ученого?

Прежде всего, с нашей точки зрения, мы должны назвать столь ненавистное Содди затяжное несоответствие его честолюбивых надежд, опиравшихся на *реальные* достижения, явно заниженной оценке этих заслуг научным

сообществом. Действительно, Содди ощутил на себе всю тяжесть необходимости после очередного успеха, казалось бы должного помочь ему в достижении его престижных устремлений (получение профессуры), *начинать все сначала*: в Канаде он, окончивший с отличием Оксфордский университет, получает низшую малооплачиваемую должность демонстратора (через год после отъезда из Канады он за недельный курс лекций в Австралии заработал столько же, сколько за полгода в Монреале); блестящее сотрудничество с Резерфордом, где на долю Содди выпала основная нагрузка, лишь упрочило славу Резерфорда, награжденного за это открытие многими премиями, в том числе Нобелевской, а Содди должен был уехать в Англию, чтобы опять все начинать сначала; сенсационное открытие с Рамзаем тоже лишь упрочило авторитет последнего и способствовало ускорению награждения его Нобелевской премией, а Содди тут тоже оказался лишним; в Глазго он столкнулся с положением ученого без лаборатории (вспомним, что радиоактивные препараты стоили чрезвычайно дорого в начале века), поэтому, несмотря на всю продуктивность периода работы в Глазго, результаты Содди не соответствовали его экспериментальным возможностям; фундаментальное открытие закона радиоактивных смещений было осложнено приоритетной полемикой с Фаянсом, и, хотя Содди заложил экспериментальные и теоретические основы этого открытия, его приоритет в глазах ряда современников был «подмоченным». В 1914 г., казалось, сбылось его престижное желание: он получил профессуру в Абердине, но, приехав туда, вновь столкнулся с необходимостью в условиях трудного военного времени заново обзаводиться лабораторией, что, естественно, сказалось на качестве и темпах его экспериментальных исследований; поэтому он не прекращал поиски нового места — в надежде обрести лучшие условия для научной работы; его переезд в Оксфорд вновь столкнул Содди с трудностями (организационными и финансовыми) реорганизации старых непригодных помещений для лабораторий и лекционных залов. Содди всегда болезненно переживал удары самолюбия; он не обладал умением льстить и заискивать, располагая администрацию и финансистов в свою пользу; бескомпромиссностью своих взглядов он чаще наживал врагов, чем друзей. Самым близким и до конца верным человеком была для

Содди его жена; она сглаживала многие противоречия его характера и разделяла все его увлечения; ученый очень тяжело переживал ее раннюю смерть, обусловившую его немедленный уход в отставку и необратимое ужесточение его психики. Впрочем, из имеющихся воспоминаний видно, что Содди до конца своих дней сохранил любовь и трогательную отеческую заботу к своим ученикам, которым он всегда был готов прийти на помощь.

Содди был прирожденным педагогом, способным увлечь студентов своими лекциями и демонстрационными экспериментами. Но наиболее полно его педагогический талант и мастерство лектора раскрывались в искусстве научной популяризации. Конечно, этому в высокой степени способствовал высокий культурный уровень и широкий круг научных интересов, вследствие чего он оказывался компетентным во многих областях знания, завоевывая этим новых читателей.

Содди, очевидно, принадлежал к тому типу ученых, которых Оствальд называл романтиками. В науке его больше всего влекли героическое начало, дух первопроходца и возможности фундаментальных обобщений. Высокое экспериментальное мастерство позволило Содди в ряде важнейших исследований первому получить чрезвычайно трудоемкие и труднодоступные результаты, но в своей научной деятельности он особенно тяготел к теоретическим исследованиям, к обобщениям большого массива экспериментальных данных и определению наиболее перспективных направлений исследований в развивающемся учении о радиоактивности. Среди пионеров радиохимиков именно Содди взвалил на себя тяжесть реферирования огромного числа работ по радиоактивности для «Chemical Abstracts», а также подготовки ежегодных обзоров для «Annual Reports».

Ныне, изучая процесс бурного и на удивление целеустремленного роста учения о радиоактивности, мы должны видеть здесь наряду с вкладом Резерфорда и его школы также вклад Фредерика Содди: в двух первых десятилетиях XX в. научная политика учения о радиоактивности во многом формировалась этими двумя учеными. Не удивительно поэтому, что Содди одним из первых использовал атомную модель Резерфорда, положив ее в основу своей концепции изотопии, а Резерфорд первым прокомментировал открытие закона радиоактивных смещений и

введение концепции изотопии: оба ученых пристально и с большим уважением следили за новейшими работами друг друга.

Содди прожил 79 лет; из них последние 55 лет он наблюдал поразительные успехи, достигнутые в учении о радиоактивности. Навсегда будет принадлежать к самым высоким научным достижениям вклад Содди в развитие новой области знаний: разработка с Резерфордом основ теории радиоактивного распада, а также формулировка закона радиоактивных смещений и введение в науку концепции изотопии.

Отличительной чертой Содди на фоне других пионеров-радиохимиков явилась его любовь к популяризации достижений учения о радиоактивности: в те годы никто не прочитал больше лекций для самой широкой аудитории и не написал таких захватывающе интересных книг о радиоактивности, как Содди. Он мог бы сказать о себе то же, что и Тимирязев: «С первых шагов своей умственной деятельности я поставил себе две параллельные задачи: работать для науки и писать для народа, то есть популярно». С нашей точки зрения, в этих лекциях и книгах ярко проявилось стремление Содди быть полезным всем слоям общества, которое позднее, во время его публицистических выступлений, вылилось в страстные призывы к осознанию каждым ученым своей социальной ответственности.

В своей общественной деятельности, безусловно выступая за прогрессивные социальные преобразования (обеспечение независимости Северной Ирландии, право женщин на голосование, справедливое распределение продуктов труда между всеми членами общества и т. д.), Содди никогда не стремился заручиться поддержкой большинства, опереться на какую-либо политическую партию или сплотить вокруг себя сторонников своих идей. Откровенно бунтуя и распатывая устаревшие социальные устои, он всегда стремился не утрачивать репутацию «независимого ученого», для проявления своей социальной активности ему было достаточно выступлений перед широкой аудиторией и публикаций в газетах и журналах.

Эта позиция явилась основой для многих противоречий в высказываниях и поступках ученого, который, выступая против нищеты, сам боялся в конце концов угодить в ее сети. Именно об этом свидетельствует его вы-

сказывание в статье «Химия и национальное процветание» (1916): «Химик, если он подлинный первопроходец, обычно не отличается особым красноречием и мучительно страдает при всяком столкновении с окружающей нищетой. Он может предложить на половине газетного листа такое решение, которое обеспечит процветание целому классу общества до следующего поколения. Но будучи химиком, а не бизнесменом, к концу этого времени он будет счастлив, если сам не окажется в доме для бедных, и еще более счастлив, если сможет назвать хоть часть своих открытий своими собственными. Ибо он не индивидуалист. Он знает, что каждый шаг на длинной дороге, приведшей его к открытиям — за исключением последнего маленького шага, сделанного им самим,— был старательно пройден его предшественниками и коллегами и подарен ему как свободный дар прошлого» [115; 136, с. 46].

Публикации Содди 1920—1950-х годов охватывают широкий круг вопросов: здесь и научные статьи, и критика политики правительства в области цен, и стихотворное изложение математических доказательств, и призывы к ученым отказаться от сотрудничества с военными ведомствами, и обсуждение приоритетных вопросов в истории науки. Его затяжной битве с злоупотреблениями банков и валютными операциями правительства во многом способствовало усвоенное в детстве романтическое стремление «бросить вызов толпе», подняться на борьбу со злом — каким бы сильным и многоликим оно ни было.

Главный вклад Содди в анализ экономических проблем современного ему буржуазного общества заключался в качественной разработке основной идеи: «...богатством страны являются ее материя и энергия» [115; 136, с. 43], а не деньги. «На благо всем», по мысли Содди, должна была служить искусственная трансмутация радиоактивных элементов, которая позволила бы решить ближайшие энергетические проблемы. Однако уроки первой мировой войны заставили Содди отойти от поисков возможностей искусственного расщепления атома: все эти результаты могли бы привести — в руках военных — к значительно большим по своим масштабам человеческим трагедиям, чем имевшее место использование отравляющих газов и т. д.

Как конкретная историческая личность, Содди обогатил образ ученого XX в., показав, что можно не только

совершать выдающиеся открытия, но и отказываться от них во имя общества. Ни Резерфорд, ни Мария Кюри не верили в практическое и тем более военное применение атомной энергии, и, хотя Содди в течение более чем 30 лет призывал ученых Англии и всего мира объединиться против возможного военного использования атомной энергии, ему было суждено дожить до августа 1945 г. и узнать о катастрофических последствиях двух атомных бомбежек американскими ВВС Хиросимы и Нагасаки. В своей книге «История атомной энергии» (1949), обсуждая в заключительной главе перспективы мирного и военного использования атомной энергии, Содди вновь призвал ученых всей планеты объединить свои усилия в выработке рекомендаций своим правительствам для полного и окончательного уничтожения возможности будущих войн, ибо, по его мысли, атомная и водородная бомбы в перспективе не могут принести ничего иного, кроме возврата человечества в первобытное состояние... Спасение земной цивилизации, утверждал Содди, лежит лишь в мирном использовании колоссальных запасов атомной энергии.

Обладая с детства повышенной чувствительностью ко всякой несправедливости, Содди в своей судьбе, как в зеркале, во многом отразил противоречия между различными слоями английского общества. Однако ученый на протяжении своей жизни старался искать пути построения более справедливых общественных отношений, и это обуславливает дополнительный интерес к его личности в современную эпоху. Социальная ответственность ученого за возможные последствия «извращения науки» (выражение Содди), которую с опозданием осознали Отто Ган и Роберт Оппенгеймер, должна сочетаться, как внушал Содди своим студентам в Абердине, со стремлением человека науки к высшим пределам познания мировой гармонии, к познанию истины и красоты в природе. Содди даже перефразировал строки своего любимого поэта Китса, пытаясь более точно сформулировать заповедь ученого в современном мире: *«Истина, Красота и Моральный Долг — это все, что мы должны знать»* [244, с. 30].

20 лет назад, открывая I Международную конференцию по изотопам, Панет произнес яркую речь, посвященную памяти Фредерика Содди. Он назвал «трагедией жизни Содди» то обстоятельство, что молодое поколение

ученых знает Содди лишь как изобретателя слова «изотоп». Рассматривая свою речь как выражение долга по отношению к Фредерику Содди, Панет на конкретных примерах показал фундаментальный характер вкладов Содди в учение о радиоактивности, отмечая, что «фактически целая область радиоактивности обязана Содди бесконечно больше за другое, чем за придумывание популярного слова, объединившего нас на этой конференции» [251, с. 1085].

Характеризуя позднейшую публицистическую деятельность Содди, Панет указывал: «Наука не была единственным делом его жизни. Он глубоко интересовался социальными проблемами, и всякий раз, когда подозревал, что по отношению к определенной группе общества будет допущена несправедливость или что в социальной структуре имеются неполадки, он предлагал для исправления самые бескомпромиссные решения» [там же, с. 1086]. Прекрасно и кратко прокомментировал Панет и поздние приоритетные высказывания Содди по адресу крупных ученых, в том числе Резерфорда: «Но всякий, кто когда-либо имел счастливый случай знать великодушный характер Резерфорда и его готовность восхищаться и наслаждаться хорошей научной работой, будет совершенно неспособен принять появлявшиеся время от времени едкие ремарки Содди. Чрезвычайно прискорбно, что эти неосновательные жалобы старого и раздраженного Содди пропятали тропы в его последних книгах» [там же].

Панет коснулся и возможных причин изоляции Содди в конце его жизни: «Причины трагической научной изоляции Содди в последние годы должны быть найдены в особенностях его характера. Ведь он был талантлив во многих,— может быть, чересчур во многих,— областях. Он был таким замечательным мастером английской прозы, что ему ничего не стоило написать полемический очерк, преобладающе жалающий того, кого Содди избрал своей мишенью» [там же],— и далее: «Он был чрезвычайно сложной личностью, труднодоступной, да и жил-то он скорее одинокой жизнью — особенно после ранней смерти его очаровательной и преданной жены,— но он был великим идеалистом, всегда готовым к бескомпромиссной битве против того, что он считал морально неправильным, без всякого учета последствий для его собственных интересов. Очень доброжелательный и полезный для мо-

лодых и борющихся людей, он был подозрителен ко всем близким ему по рангу и авторитету... Очень подходящий случай, на конференции по обсуждению научных применений изотопов, вспомнить человека, который первым осознал общее теоретическое значение тогда еще рассеянных наблюдений. Давайте же почтим память о блестящем интеллекте, выдающемся экспериментаторе, не имевшем равных среди основателей радиохимии, и бескомпромиссном борце за свои идеалы» [там же, с. 1087].

Столь же высокую оценку научных достижений Фредерика Содди в свое время высказала Мария Кюри: «Мы обязаны мистеру Содди серией важнейших работ в области радиоактивности, и среди выдающихся личностей, которые посвятили себя этой области знания, мистер Содди является одним из самых известных...» [244, с. 340].

Этими глубоко прочувствованными словами современников ученых мы и закончим книгу о жизни и научной деятельности выдающегося пионера радиохимии Фредерика Содди.

## Основные даты жизни и деятельности Фредерика Содди

---

1877. 2 сентября. Родился в Истборне (Англия).
1891. Поступил в Истборнский колледж для мальчиков.
- 1894, 22 марта. Первая научная публикация.
- 1896—1898. Учеба в Мертон-колледже Оксфордского университета. После окончания университета с отличием занесен на доску почета.
- 1898—1899. Частные исследования по органической химии в Химической лаборатории Балиль-колледжа Оксфордского университета. Степень магистра искусств. Репетиторство.
1899. Путешествие в Канаду и безуспешная попытка получить кафедру химии в университете в Торонто.
- 1900—1901. Занимает должность демонстратора на кафедре химии Мак-Гиллского университета в Монреале (Канада).
- 1901, сентябрь — 1903, февраль. Вместе с Резерфордом изучает свойства эманации тория. Установлена химическая инертность эманаций тория и радия; открыт торий-Х; разработаны основы теории радиоактивного распада.
- 1903, апрель — 1904, май. Сотрудничество с В. Рамзаем по изучению химических свойств эманации радия. Подтверждена химическая инертность эманации радия; открыто образование гелия при распаде эманации радия.
- 1904, май. Издана первая научно-популярная книга Содди — «Радиоактивность. Элементарное изложение с точки зрения теории распада атомов».
- 1904, октябрь — 1914, май. Занимает должность лектора физической и неорганической химии университета в Глазго (Шотландия). Главный рецензент работ по радиоактивности в еженедельнике «Nature» и центральный обозреватель работ по радиоактивности в ежегодных обзорных докладах Химического общества.
- 1905—1906. Президент Общества Рентгена.
1908. Впервые имя Содди появляется в британском справочнике «Who's who».
- 1908 27 марта. Женился на Винифред Меллер Бейлби.
1909. Опубликована лучшая научно-популярная книга Содди «Радий и его разгадка».

1910. Прият в члены Лондонского Королевского общества.
1911. Смерть отца Содди (в возрасте 89 лет).
1911. Издана обобщающая монография Содди «Химия радиоэлементов», в которой сформулировано «альфа-правило Содди».
1912. Публикация «Материи и энергии».
- 1913, январь-февраль. Формулировка правил радиоактивных смещений Хевеши, Расселом и Фаянсом. Последней (28 февраля) опубликована статья Содди. Приоритет в точной формулировке правил радиоактивных смещений принадлежит Фаянсу.
- 1913, 4 декабря. Формулировка Содди закона радиоактивных смещений и введение в науку концепции изотопии.
1913. По рекомендации В. Рамзая награжден премией Каншиццаро Итальянской академии наук.
1914. При содействии Резерфорда, Рамзая и Марии Кюри получает профессиуру в университете Абердина (Шотландия).
1915. 10 августа. Трагическая гибель Генри Мозли и начало «социальных» исследований Фредерика Содди.
- 1916—1917. Президент Научного сообщества Абердинского университета.
1918. Опубликована совместная статья Содди и Крэнстона об открытии нового радиоактивного элемента — протактиния (качественное доказательство).
1919. Избран иностранным членом Шведской академии наук.
1919. Уход из Абердинского университета в связи с получением профессуры в Оксфордском университете.
1920. Вышла в свет публицистическая книга Содди «Наука и жизнь».
1921. Присуждена Нобелевская премия (вручена 12 декабря 1922 г. Содди, Эйнштейну, Астону и Бору).
1924. Избран иностранным членом-корреспондентом Академии наук СССР.
1928. Избран иностранным членом Итальянской академии наук.
1934. Университет в Глазго присвоил Содди почетную степень доктора прав.
1936. Смерть жены; отставка и уход на пенсию.
1949. Издание «Истории атомной энергии» (2-е изд. в 1954 г.).
1951. Награжден медалью Альберта.
1953. Встреча с Мюриэль Хауртс, ставшей его биографом.
- 1955, 15 июля. На конгрессе Нобелевских лауреатов в Лунде подписал Обращение Нобелевских лауреатов в защиту мира (всего 18 подписей).
1956. Помещен 28 августа в центральную больницу Брайтона на операцию, где и скончался 22 сентября в возрасте 79 лет. Похоронен в Брайтоне.

### Библиография трудов Фредерика Содди

1. The Action of Dried Ammonia on Dried Carbon Dioxide Gas. (*Hughes R. E. & Soddy*).—*Chem. News*, 22 March 1894, v. 69, pp. 138—139.
2. The Life and Work of Victor Meyer.—*Trans. Oxford Univ. Junior Scientific Club*, 1898. (see *Howorth*, 1958, p. 281).
3. The Radioactivity of Thorium Compounds. Part I. An Investigation of the Radio-Active Emanation (*Rutherford E. & Soddy*). (Read at the Chemical Society May 15, 1902).—*J. Chem. Soc.*, 1902, v. 81, pp. 321—350. Also in: *Chem. News*, 6 June 1902, v. 85, pp. 271—272; 13 June 1902, v. 85, pp. 282—285; 20 June 1902, v. 85, pp. 293—295; 27 June 1902, v. 85, pp. 304—308.
4. The Radioactivity of Thorium Compounds. Part II. The Cause and Nature of Radio-Activity. (*Rutherford E. & Soddy*). (Read at the Chemical Society May 15, 1902).—*J. Chem. Soc.*, 1902, v. 81, pp. 837—860. Also in: *Chem. News*, 29 Aug. 1902, v. 86, pp. 97—101; 12 Sept. 1902, v. 86, pp. 132—135; 3 Oct. 1902, v. 86, pp. 169—170.
5. The Radioactivity of the Uranium. (Read at the Chemical Society May 15, 1902).—*J. Chem. Soc.*, 1902, v. 81, pp. 860—865. Also in: *Chem. News*, 24 Oct. 1902, v. 86, pp. 199—200; *Proc. Chem. Soc.*, 1902, v. 18, pp. 121—122.
6. The Cause and Nature of Radio-Activity. Part I. (*Rutherford E. & Soddy*).—*Phil. Mag.*, Sept. 1902, Ser. 6, v. 4, p. 370—396.
7. The Cause and Nature of Radio-Activity. Part II. (*Rutherford E. & Soddy*).—*Phil. Mag.*, Nov. 1902, Ser. 6, v. 4, pp. 569—585.
8. Note on the Condensation Points of the Thorium and Radium Emanations. (*Rutherford E. & Soddy*). (Read at the Chemical Society Nov. 19, 1902).—*Proc. Chem. Soc.*, 1902, v. 18, pp. 219—220.
9. The Radioactivity of Uranium. (*Rutherford E. & Soddy*; signed Feb. 20, 1903).—*Phil. Mag.*, April 1903, Ser. 6, v. 5, pp. 441—445.
10. A Comparative Study of the Radioactivity of Radium and Thorium. (*Rutherford E. & Soddy*; signed Feb. 20, 1903).—*Phil. Mag.*, April 1903, Ser. 6, v. 5, pp. 445—457.

11. Condensation of the Radioactive Emanations. (*Rutherford E. & Soddy*; signed March 9, 1903).— *Phil. Mag.*, May 1903, Ser. 6, v. 5, pp. 561—576.
12. Radioactive Change (*Rutherford E. & Soddy*).— *Phil. Mag.*, May 1903, Ser. 6, v. 5, pp. 576—591.
13. Some Recent Advances in Radioactivity.— *Contemporary Review*, May 1903, pp. 708—720. Also in: *The Times Supplement*, 26 June 1903 (See *Howorth*, 1958, p. 283).
14. Gases Occluded by Radium Bromide. (*Ramsay W. & Soddy*; signed July 10, added July 13, 1903).— *Nature*, 16 July 1903, v. 68, p. 246.
15. Radium: a Method for the Treatment of Consumption.— *British Medical Journal*, 25 July 1903 (see *Howorth*, 1958, p. 283).
16. A Method of Applying the Rays from Radium and Thorium to the Treatment of Consumption. (Abridged from *Brit. Journal*, 25 July.)— *Nature*, 30 July 1903, v. 68, p. 306.
17. Experiments in Radioactivity and the Production of Helium from Radium. (*Ramsay W. & Soddy*). (Received at the Royal Society July 28, 1903).— *Proc. Roy. Soc.*, 15 Aug. 1903, v. 72, pp. 204—207. Also in: *Nature*, 13 Aug. 1903, v. 68, pp. 354—355; *Chem. News*, 28 Aug. 1903, v. 88, pp. 100—101; *Phys. Zeit.*, 1903, Bd. 4, S. 651—653; *Natw. Rdsch.*, 1903, Bd. 18, S. 453—455; *Zeit. f. Phys. Chem.*, 1904, Bd. 47, S. 490—494; *Физическое обозрение*, 1903, с. 253—256; *Smiths. Rep. for 1903, 1904*, pp. 203—206.
18. «Experimental Series of Lectures», the Cavendish Laboratory, 1903. (See *Howorth*, 1958, p. 283).
19. Radio-activity. (Lectures on Radioactivity at University College, London, Oct. 1903—Feb. 1904).— *The Electrician*, 1903, v. 52, p. 7—10 (Oct. 23), 43—45 (Oct. 30), 81—82 (Nov. 6), 131—132 (Nov. 13), 162—163 (Nov. 20), 198—200 (Nov. 27), 254—255 (Dec. 4), 296—298 (Dec. 11), 322—323 (Dec. 18), 377—379 (Dec. 25), 402—403 (Jan. 1), 446—447 (Jan. 8), 494—495 (Jan. 15), 521—522 (Jan. 22), 574—575 (Jan. 29), 614—615 (Feb. 5), 645—646 (Feb. 12), 680—682 (Feb. 19), 724—725 (Feb. 26). Translation: а) Радиоактивные явления. (Из журнала «Электричество»). Пер. с англ. 156 стр. СПб., тип. М. Меркушева, 1903.
20. Researches Relating to Radium.— *Nature*, 28 Jan. 1904, v. 69, pp. 297—299.
21. The  $\alpha$ -Rays of Radium.— *Nature*, 11 Feb. 1904, v. 69, p. 343.
22. Radio-Tellurium.— *Nature*, 11 Feb. 1904, v. 69, p. 347.
23. The Evolution of Matter as revealed by the Radio-Active Elements. (The Wilde Lecture delivered before the Manchester Literary and Philosophical Society Feb. 23, 1904).— *Proc. Manchester Lit. and Phil. Soc.*, 1904, v. 48, N 8, p. 42. (See *Howorth*, 1958, p. 283). Also in: *Nature*, 3 March 1904, v. 69, pp. 418—419. Translation: Entwicklung der Materie, enthüllt durch die Radioaktivität. Übersetzt von Prof. G. Siebert. Leipzig: Verlag von J. A. Barth, 1904 (the past reference was kindly given me by Dr. Th. J. Trenn).

24. Radio-Tellurium.— *Nature*, 17 March 1904, v. 69, pp. 461—462.
25. Fluorescent Bodies Excited by Radium.— *Nature*, 31 March 1904, v. 69, p. 523.
26. The Life-History of Radium.— *Nature*, 12 May 1904, v. 70, p. 30.
27. Radium: lecture to Corps of Royal Engineers. Chatham, 1904. (See *Howorth*, 1958, p. 283).
28. Further Experiments on the Production of Helium from Radium. (*Ramsay W. & Soddy*) (Received at the Royal Society Apr. 14,—Read Apr. 28, 1904).— *Proc. Roy. Soc.*, 28 May 1904, v. 73, pp. 346—358. Also in: *Chem. News*, 1904, v. 89, pp. 255—258 (May 27), pp. 266—267 (June 3).
29. Radioactivity. An Elementary Treatise from the Standpoint of the Disintegration Theory. Pp. VII+118. London: «The Electrician» Printing and Publishing Co., 1904. (Review: *Wilson H. A.* Is Radium an Element? — *Nature*, 14 July 1904, v. 70, p. 241—242). Translations: a) Die Radioaktivität. Vom Standpunkt der Desaggregationstheorie elementar dargestellt. Unter Mitwirkung von Dr. L. F. Guttman, übersetzt von Prof. G. Siebert. XII+216 S. Leipzig: Verlag von *J. A. Barth*, 1904 (the German reference was kindly given me by Prof. *J. Hurwic*); b) Радиоактивность. Элементарное изложение с точки зрения теории распада атомов. Пер. с англ. (и предисл.) Ф. Н. Индриксона. XII+243 стр. СПб., тип. М. М. Стасюлевича, 1905.
30. Radioactivity. Annual Progress Report to the Chemical Society for 1904. London: Taylor & Francis Ltd., 1905, v. 1, pp. 244—280. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 53—90.
31. The Origin of Radium. (Signed January 20).— *Nature*, 26 January 1905, v. 71, p. 294.
32. Die Difinition der Radioaktivität.— *Jahrb. d. Rad. und Elektr.*, 1905, Bd. 2, S. 1—4.
33. Charge on the  $\alpha$ -Particles of Polonium and Radium.— *Nature*, 9 March 1905, v. 71, pp. 438—439.
34. The Production of Radium from Uranium (Part I).— *Phil. Mag.*, June 1905, v. 9, pp. 768—779.
35. The Second Law of Thermodynamics.— *Nature*, 7 Dec. 1905, v. 73, p. 125.
36. Atomic Disintegration and the Distribution of the Elements. (Signed Dec. 9).— *Nature*, 14 Dec. 1905, v. 73, pp. 151—152.
37. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1905. London: Taylor & Francis Ltd., 1906, v. 2, pp. 295—312. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 91—110.
38. The Present Position of Radioactivity. (The Presidential Address delivered to the Röntgen Society on January 4, 1906).— *Journ. Röntgen Soc.*, Feb. 1906, v. 3, p. 1—6. Also in: *Nature*, 18 Jan. 1906, v. 73, pp. 285—286. Also in: *Jahrb. Rad. und Elektr.*, 1906, Bd. 3, S. 1—23.
39. The Nature of the Alpha Rays.— *Journ. Röntgen Soc.*, July 1906, v. 3, pp. 3—11.
40. The Positive Charge carried by the  $\alpha$ -Particle. (Signed July 29).— *Nature*, 2 Aug. 1906, v. 74, pp. 316—317.

41. The Internal Energy of Elements. (The Institution of Electrical Engineers, Glasgow Local Section. 13 March, 1906) — J. Inst. elect. Engrs, 1906, v. 37, part. 179.
42. The Evolution of the Elements. (opening a discussion in Section A, British Association Meeting at York). B. A. Reports, 1906 v. p. 122. Also in: *Jahr. Rad. und. Elektr.*, 1906, Bd. 3, S. 247—263.
43. The Recent Controversy of Radium.— *Nature*, 20 Sept. 1906, v. 74, pp. 516—518.
44. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1906. London: Taylor & Francis Ltd., 1970, v. 3, pp. 333—365. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 111—145.
- 44a. Radium.— *Times*, Aug. 31, 1906; *Chem. News*, Sept. 28, 1906, v. 94, pp. 153—154.
45. Calcium as an Absorbent of Gases for the Production of High Vacua and Spectroscopic Research. (Received at the Royal Society Sept. 13,— Read Nov. 15,— Notes added Nov. 20, 1906).— *Proc. Roy. Soc.*, 2 Feb. 1907, Ser. A, v. 78, pp. 429—456 with Appendix (pp. 456—458): Results of Gauging High Vacua by the Evaporation Test.— By *Berry Arthur John*.
46. Is the Electronic Theory of Matter Legitimate? (Review: Electrons, or the Nature and Properties of Negative Electricity. By *Sir Oliver Lodge*, F. R. S. Pp. XV+230, London: George Bell and Sons, 1906).— *Nature*, 9 May 1907, v. 76, pp. 25—26.
47. The Origin of Radium. (Signed June 8).— *Nature*, 13 June 1907, v. 76, p. 150.
48. The Relation between Uranium and Radium. (Part II). (*Soddy & Mackenzie Th. D.*).— *Phil. Mag.*, Aug. 1907, v. 14, pp. 272—295.
49. The Wehnelt Kathode in a High Vacuum.— *Nature*, 21 Nov. 1907, v. 77, pp. 53—54.
50. A Gas generated from Aluminium Electrodes. (*Hirsch R. V. & Soddy*).— *Phil. Mag.*, Dec. 1907, v. 14, pp. 779—784.
51. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1907. London: Taylor & Francis Ltd., 1908, v. 4, pp. 311—343. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 146—182.
52. The Wehnelt Kathode in a High Vacuum.— *Nature*, 2 Jan. 1908, v. 77, pp. 197—198.
53. The Source of Radioactive Energy. (Watt Anniversary Lecture for 1908, of the Greenock Philosophical Society 17 Jan. 1908).
54. The Electric Discharge in Monatomic Gases. (*Soddy & Mackenzie Th. D.*) (Received at the Royal Society Oct. 8,— Addition of Oct. 21,— Read Nov. 7, 1907).— *Proc. Roy. Soc.*, 13 Feb. 1908, Ser. A, v. 80, pp. 92—109.
55. Attempts to detect the Production of Helium from the Primary Radio-Elements.— *Phil. Mag.*, Oct. 1908, Ser. 6, v. 16, pp. 513—530.
56. The Relation between Uranium and Radium. III (Signed Aug. 10, 1908).— *Phil. Mag.*, Oct. 1908, Ser. 6, v. 16, pp. 632—638.
57. A Disclaimer.— *Nature*, 26 Nov. 1908, v. 79, p. 99.

58. Production of Helium from Uranium.— *Nature*, 3 Dec. 1908, v. 79, p. 129.
59. Die Wehnelt-Kathode im hochgradigen Vakuum.— *Phys. Z.*, 1908, Bd. 9, S. 8.
60. Radium.— *Trans. Glasgow Tech. Coll. Scientific Society*, 1908, 5, part 3. (see *Howorth*, 1958, p. 283).
61. The Source of Radioactive Energy (the Watt Anniversary Lecture, 1908).— *Papers of the Greenock Phil. Soc.*, 1908. (see *Howorth*, 1958, p. 283).
62. The Founder of Radioactivity.— *Ion*, Dec. 1908, Fasc. 1, pp. 2—4.
63. The Charge Carried by the  $\alpha$ -Particle.— *Ion*, Dec. 1908, Fasc. 1, pp. 4—24.
64. The Production and Rays of Uranium X. (Postscriptum of Jan. 26).— *Nature*, 28 Jan. 1909, v. 79, pp. 366—367.
65. The Parent of Radium.— *Scientia*, 1 March 1909, v. 5, pp. 256—275.
66. The  $\gamma$ -Rays of Uranium. (*Soddy & Russell A. S.*). (Signed Feb. 27).— *Nature*, 4 March 1909, v. 80, pp. 7—8.
67. Radio-thorium.— *Nature*, 4 March 1909, v. 80, p. 12.
68. The Rays of Uranium X.— *Nature*, 11 March 1909, v. 80, pp. 37—38.
69. Production of Radium from Uranium.— *Nature*, 13 May 1909, v. 80, pp. 308—309.
70. The Interpretation of Radium. Being the Substance of Six Free Popular Experimental Lectures delivered at the University of Glasgow. Pp. XVIII+256. London: John Murray, 1909; Second Edition, 1910; Third Edition, 1913; Fourth Edition, 1920, Reprinted — 1922 (Review: *Nature*, 27 May 1909, v. 80, p. 368; *Meitner L. Phys. Z.*, 1 Feb. 1913, Bd. 14, S. 126). Translations: a) Die Natur des Radiums. Nach sechs an der Universität zu Glasgow im Jahre 1908 gehaltenen freien populären Experimental-vorlesungen. Übers. von Prof. G. Siebert. XII & 272 S. Leipzig: Verlag von J. A. Barth, 1909; b) Le Radium. Interprétation et Enseignements de la Radioactivité. Ouvrage traduit sur la troisième édition Anglaise par A. Lepape. Pp. III+376. Paris: Librairie Felix Alcan, 1919. (Review: *Nature*, 26 Aug. 1920, v. 105, p. 805). Second edition — 1926: III+384 pp. (the French reference was kindly given me by Prof. J. Hurwic); c) Радий. Общедоступные лекции о природе радия, читанные в университете в Глазго в 1908 г. Пер. со 2-го англ. изд. (и с предисл.) Н. А. Шилов, магистр химии, адъюнкт-проф. Имп. Моск. техн. училища. XIV+168 стр. М., типо-лит. т-ва И. Н. Кушнерев и К<sup>о</sup>, 1910; d) Радий и его разгадка. Пер. с англ. под ред. Д. Д. Хмырова, лаборанта Имп. Новорос. ун-та. XIV+184 стр. Одесса, «Mathesis», 1910; e) Радий и его разгадка. Пер. с англ. под ред. Д. Д. Хмырова, прив.-доц. Имп. Новорос. ун-та. XVI+204 стр. Одесса, «Mathesis», 1915; f) Радий и строение атома. Разреш. авт. пер. с англ. под ред. проф. Д. Д. Хмырова, 3-е изд. XII+205 стр. Одесса, «Mathesis», 1923; g) Радий и строение атома. Пер. с 4-го англ. изд. (и предисл.) проф. Н. А. Шилова. XVI+255 стр. М., Гос. изд-во (серия «Природа и культура», кн. 3), 1924; h) Радий и его разгадка. Пер. с 4-го изд. Е. А. Толмачевой, под ред. В. Г. Хло-

- пина. 222 стр. Л., Науч. хим.-техн. изд-во. Науч.-техн. отд. В.С.Н.Х., 1924.
71. The  $\gamma$ -Rays of Uranium and Radium. (Soddy & A. S. Russell). (Signed June, additions of August 1909).— *Phil. Mag.*, Oct. 1909, Ser. 6, v. 18, pp. 620—649.
  72. Multiple Atomic Disintegration. A Suggestion in Radioactive Theory (Signed Sept. 13).— *Phil. Mag.*, Nov. 1909, Ser. 6, v. 18, pp. 739—744.
  73. The Relation between Uranium and Radium. IV. (Signed Oct. 1909).— *Phil. Mag.*, Dec. 1909, Ser. 6, v. 18, pp. 846—858.
  74. The Rays and Product of Uranium X (Signed Oct. 1909; Read at the Physical Society Oct. 22, 1909).— *Phil. Mag.*, Dec. 1909, v. 18, p. 858—865. Also in: *Proc. Phys. Soc., Lond.*, 1909—1910, v. 22, pp. 57—67.
  75. Recent Researches in the Physical Chemistry Laboratory of the University of Glasgow (the Graham Lecture, 1909).— *Proc. Roy. Phil. Soc. of Glasgow*, 1909, v. 41, p. 1 (see *Howorth*, 1958, p. 283).
  76. The Atomic Weight of the Radium Emanation. *Nature*, 16 Dec. 1909, v. 82, p. 188.
  77. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1908/09. London: Taylor & Francis Ltd., 1910, v. 6, pp. 232—267. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 183—220.
  78. Conduction of Heat through Rarefied Gases. (*Soddy & Berry A. J.*). (Received at the Royal Society Nov. 16,— Read Dec. 9, 1909).— *Proc. Roy. Soc.*, 10 Feb. 1910, Ser. A, v. 83, pp. 254—264.
  79. Ratio between Uranium and Radium in Minerals.— *Nature*, 1910, v. 84, pp. 296—297.
  80. The Question of the Homogeneity of  $\gamma$ -Rays. (Part I, by *F.* and *W. M. Soddy*, and *A. S. Russell*. Part II, by *F.* and *W. M. Soddy*. Part III, by *A. S. Russell*). *Phil. Mag.*, May 1910, Ser. 6, v. 19, pp. 725—757.
  81. The Constant of Uranium X. (*Soddy & Russell A. S.*).— *Phil. Mag.*, June 1910, Ser. 6, v. 19, pp. 847—851.
  82. The Relation between Uranium and Radium. Part. V.— *Phil. Mag.*, Aug. 1910, Ser. 6, v. 20, pp. 340—342.
  83. The Rays and Products of Uranium X.— *Phil. Mag.*, Aug. 1910, Ser. 6, v. 20, pp. 342—345.
  84. The Ratio between Uranium and Radium in Minerals. (*Soddy & Pirret R.*).— *Phil. Mag.*, Aug. 1910, Ser. 6, v. 20, pp. 345—349.
  85. Essais pour evaluer la periode de l'ionium.— *Le Radium*, Paris, 1910, v. 7, pp. 295—300.
  86. Brownian Movement and Molecular Reality. By Prof. M. Jean Perrin. Translated from the «*Annales de Chimie et de Physique*», 8<sup>me</sup> Series, September, 1909, by *Soddy F.*, F.R.S. Pp. 93. London: Taylor and Francis, 1910. (Review: *E. R.* Movement of Molecules.— *Nature*, 23 March 1911, v. 86, p. 105).
  87. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1910. London: Taylor & Francis Ltd., 1911, v. 7, pp. 256—286. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 221—252.

88. The Chemistry of Mesotorium. (Read at the Chemical Society. Dec. 15, 1910).— *J. Chem. Soc.*, 1911, v. 99, pp. 72—83.
89. The  $\gamma$ -Rays of Thorium and Actinium. (*Russell A. S. & Soddy*).— *Phil. Mag.*, Jan. 1911, Ser. 6, v. 21, pp. 130—154.
90. Conduction of Heat through Rarefied Gases. Part II. (Received at the Royal Society Aug. 25.— Read Nov. 10, 1910).— *Proc. Roy. Soc.*, 15 Feb. 1911, Ser. A., v. 84, pp. 576—585.
91. The Ratio between Uranium and Radium in Minerals. Part II. (Signed March 22).— *Phil. Mag.*, May 1911, Ser. 6, v. 21, pp. 652—658.
92. The Chemistry of the Radio-Elements. Pp. 92. London: Longmans, Green and G., 1911. (Review: *Chem. News*, 22 March 1912, v. 105, p. 142; *Fajans K. Le Radium*, 1912, v. 9, p. 239; *Meitner L. Phys. Z.*, 1 Feb. 1913, Bd. 14, S. 126).— Translations: a) Die Chemie der Radio-Elemente. Übers. M. Iklé. 178 S. Leipzig: J. A. Barth, 1912; b) Химия радиоэлементов. Пер. с англ. Р. Шмидт, под ред., (с предисл.) и с прим. В. А. Бородавского. 137 стр. СПб., «Образование» (Серия «Пособия при изучении химии», вып. 2), 1913; c) La Chimie des Eléments Radioactifs. Traduit de L'Anglais par E. Philippi. Pp. 174. Paris: Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, 1915 (the French reference was kindly given me by Prof. J. Hurwic).
93. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1911. London: Taylor & Francis Ltd., 1912, v. 8, p. 269—301. Reprinted in: Th. J. Trenn (ed.), 1975, pp. 253—288.
94. Matter and Energy. Home University Library of Modern Knowledge. Pp. 255. London: Williams and Norgate, First published — April 1912; Reprinted — August 1920. (Printed in Edinburgh). Translations: a) Материя и энергия. Пер. с англ. С. Г. Займовского. Под ред., с предисл. и прим. Николая Морозова. 182 стр. М., «Природа», 1913; b) Материя и энергия. Пер. с англ. К. А. Леонтьева. Под ред. А. К. Тимирязева. 223 стр. [М.], «Печатник», [1913].
95. Transmutation, the vital problem of the future.— *Scientia*, 1 March 1912, v. 11, pp. 186—203.
96. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1912. London: Taylor & Francis Ltd., 1913, v. 9, pp. 289—328. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 289—330.
97. The Radioelements and the Periodic Law. (Signed Feb. 18; note added Feb. 22, 1913).— *Chem. News*, 28 Feb. 1913, v. 107, pp. 97—99.
98. The Radio-elements and the Periodic Law.— *Nature*, 20 March 1913, v. 91, pp. 57—58.
99. Die Radioelemente und das periodische Gesetz.— *Jahrb. d. Rad. und Elektr.*, 1913, Bd. 10, S. 188—197.
100. The Periodic Law from the Standpoint of Radioactivity.— *Scientia*, 1 May 1913, v. 13, pp. 356—379.
101. Origin of Actinium. (Signed Aug. 16).— *Nature*, 21 Aug. 1913, v. 91, pp. 634—635.
102. Radium resources.— *Nature*, 27 Nov. 1913, v. 92, p. 376—377.
103. Intra-atomic Charge.— *Nature*, 4 Dec. 1913, v. 92, p. 399—400.

104. The Structure of the Atom.— *Nature*, 1913, v. 92, p. 452.
105. The Technical Production and Utilisation of Cold.— *Nature*, 2 Oct. 1913, v. 92, pp. 134—135.
106. The Radioelements and the Periodic Law.— Reports to 83d Meeting of British Association of Advanced Sciences, 1913, p. 445—447.
107. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1913. London: Taylor & Francis Ltd., 1914, v. 10, p. 262—288. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, p. 331—358.
108. The Existence of Uranium Y. (Signed Dec. 10, 1913).— *Phil. Mag.*, Jan. 1914, Ser. 6, v. 27, pp. 215—221.
109. The Atomic Weight of Lead from Ceylon Thorite (*Soddy & Hyman H.*). (Read at the Chemical Society May 7th, 1914).— *J. Chem. Soc.*, 1914, v. 105, pp. 1402—1408.
110. The Chemistry of the Radio-Elements. Part I. Second Edition (enlarged). London — New York — Bombay — Calcutta — Madras: Longmans, Green and Co., 1914. (Review: *Chem. News*, 12 Feb. 1915, v. 111, p. 83). Part II. The Radio-Elements and the Periodic Law. Pp 46. London: Longmans, Green and Co., 1914.
111. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1914. London: Taylor & Francis Ltd., 1915, v. 11, p. 266—292. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 359—386.
112. The Density of Lead from Ceulon Thorite. (Signed Jan. 30, 1915).— *Nature*, 4 Feb. 1915, v. 94, p. 615.
113. The Relation between Uranium and Radium. Part VI. (*Soddy & Hitchins A. F. R.*).— *Phil. Mag.*, Aug. 1915, Ser. 6, v. 30, pp. 209—219.
114. Physical Force — Man's Servant or his Master? (Address to the Independent Labour Party, Aberdeen, 17th November 1915). Printed in *Soddy's* «*Science and Life*», 1920, pp. 25—42.
115. Chemistry and National Prosperity. (An Address to the Aberdeen Chamber of Commerce of Feb. 8, 1916). Abstract of it in: *Nature*, 30 March 1916, v. 97, pp. 111—112. Reprinted in *Soddy's* «*Science and Life*», 1920, pp. 43—48.
116. Sir William Ramsay.— *Nature*, 10 Aug. 1916, v. 97, pp. 482—484.
117. Science and the State. (Address to the Independent Labour Party, Aberdeen, 1st October 1916). Reprinted in *Soddy's* «*Science and Life*», 1920, pp. 49—64.
118. The Future of Science, and What Bars the Way. (Presidential Address to the Aberdeen University Scientific Society, 3rd November 1916). Printed in *Soddy's* «*Science and Life*», 1920, pp. 65—84.
119. Radioactivity. Annual Progress Report to the Chemical Society for 1915/16. London: Taylor & Francis Ltd., 1917, v. 13, pp. 245—272. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 387—416.
120. A Criticism of the Financial Operations of the Carnegie Trust for the Universities of Scotland.— *Science Progress*, Jan. 1917. Reprinted in *Soddy's* «*Science and Life*», 1920, pp. 207—217.

121. The Evolution of Matter.—Aberdeen University Review, February 1917. Reprinted in *Soddy's «Science and Life»*, 1920, pp. 85—110.
122. The Complexity of the Chemical Elements. (Royal Institution, London, lecture, 18 May 1917).—*Nature*, 19 July 1917, v. 99, pp. 414—418; 26 July 1917, v. 99, pp. 433—438. Also in: *Chem. News*, 1917, v. 116, pp. 73—75 (17 Aug.), 85—87 (24 Aug.), 98—101 (31 Aug.).
123. The Compounds and Mixtures into which the Chemical Elements have been resolved.—*Scientia*, 1 March 1918, v. 17.
124. The Parent of Actinium. (*Soddy & Cranston J. A.*). (Received Dec. 28, 1917).—*Proc. Roy. Soc.*, 1 June 1918, Ser. A, v. 94, p. 384—404.
125. Radioactivity.—Annual Progress Report to the Chemical Society for 1917/18. London: Taylor & Francis Ltd, 1919, v. 15, pp. 195—228. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 417—452.
126. The Conception of the Chemical Element as Enlarged by the Study of Radioactive Change (Address to the Chemical Society, London; delivered Dec. 19, 1918).—*J. Chem. Soc.*, Jan. 1919. Also in: *Nature*, 2 Jan. 1919, v. 102, p. 356—358. «*Science and Life»* by *Soddy* (1920), p. 111—148; *Chem. News*, 1919, v. 118, pp. 85—87 (Feb. 21), 97—99 (Feb. 28), 109—112 (March 7).
127. Science and Life.—The Student Movement, Dec. 1918—Feb. 1919. Reprinted in *Soddy's «Science and Life»*, 1920, pp. 1—24.
128. Matter, Energy, Consciousness, and Spirit (Address to the Aberdeen University Christian Union, April 1919).—Printed in *Soddy's «Science and Life»*, 1920, pp. 149—174.
129. Global Clusters, cepheid variables, and radiation.—*Nature*, 20 March 1919, v. 103, p. 43.
130. To the New Launch!—*The Crucible*, May 1919. Reprinted in *Soddy's «Science and Life»*, 1920, pp. 175—180.
131. Conditions Attached to Government Grants for Scientific Research.—*Nature*, 22 May 1919, v. 103, p. 226.
132. The Ideals of a Science School. (Farewell Address to the Aberdeen University Scientific Association, June 1919). Printed in *Soddy's «Science and Life»*, 1920, pp. 181—206.
133. Labour and the higher values.—*Nature*, 7 Aug. 1919, v. 103, p. 447.
134. The Relation between Uranium and Radium. Part VII.—*Phil. Mag.*, Oct. 1919, Ser. 6, v. 38, pp. 483—488.
135. Atoms and Molecules.—*Nature*, 6 Nov. 1919, v. 104, pp. 230—233.
136. Science and Life: Aberdeen Addresses. Pp. XII+229. London: John Murray, First edition January 1920; Second edition March 1920; Third edition August 1920. (Review: *W. A. T.* *Nature*, 4 March 1920, v. 105, pp. 1—3).
137. The Public Support of Scientific Research.—*Nature*, 6 May 1920, v. 105, pp. 309—310.
138. Applied Science and Industrial Research.—*Nature*, 3 June 1920, v. 105, p. 422.

139. The Separation of the Isotopes of Chlorine.— *Nature*, 24 June 1920, v. 105, p. 516.
140. Education in the New Era.— *Nature*, 1 July 1920, v. 105, p. 561.
141. The Separation of the Isotopes of Chlorine.— *Nature*, 22 July 1920, v. 105, pp. 642—643.
142. University Grants.— *Nature*, 2 Sept. 1920, v. 106, pp. 8—9.
143. The British Association.— *Nature*, 23 Sept. 1920, v. 106, pp. 111—112.
144. Chemical Warfare, the Universities, and Scientific Workers — *Nature*, 4 Nov. 1920, v. 106, p. 310.
145. Name for the Positive Nucleus.— *Nature*, 16 Dec. 1920, v. 106, pp. 502—503.
146. Radioactivity.— Annual Progress Report to the Chemical Society for 1919/20. London: Taylor & Francis Ltd., 1921, v. 17, pp. 217—249. Reprinted in: *Trenn Th. J.* (ed.), 1975, pp. 453—487.
147. Atomic Volume of Isotopes.— *Nature*, 10 March 1921, v. 107, pp. 41—42.
148. Discussion on Isotopes. (March 3, 1921).— *Proc. Roy. Soc.*, 2 May 1921, Ser. A, v. 99, pp. 97—101.
149. Cartesian economics. The bearing of Physical science on state stewardship. (Two Lectures to the Student Unions of Birkbeck College and the London School of Economics. Nov. 10 and 17, 1921). (see *Howorth*, 1958, p. 284).
150. «Isotopes». Institut International de Chimie Solvay: introduction to discussion on «Atomic Structure», Reunion de Bruxelles, April 1922 (see *Howorth*, 1958, p. 284).
151. The Origins of the Conception of Isotopes. (Nobel paper, Stockholm, 12th December 1922). Reprinted in: *Nobel Lectures Chemistry* (1901—1921). Amsterdam — London — New York, 1966.
152. Money (A lecture delivered to the Oxford City Labour Party in Ruskin College, 21st January 1923). (see *Howorth*, 1958, p. 285).
153. Conrad Röntgen (obituary).— *Glasgow Herald*, February 1923. (see *Howorth*, 1958, p. 284).
154. Labour and Science in Industry.— *Nature*, 14 Apr. 1923, v. 111, pp. 497—498.
155. Science and Economics.— *Nature*, 19 May 1923, v. 111, pp. 669—670.
156. Science and Economics.— *Nature*, 14 July 1923, v. 112, pp. 55—56.
157. Origins of the Conception of Isotopes. (Royal Institution lecture, London, 1 May 1923).— *Nature*, 11 Aug. 1923, v. 112, pp. 208—213.
158. The Inversion of Science and a Scheme of Scientific Reformation. Pp. IV+50. London: Henderstons, 1924. (Based on lectures delivered at various University centres through 1923).
159. The Relation between Uranium and Radium. Part VIII. The Period of Ionium and the Ionium — Thorium Ratio in Colorado Carnotite and Joachimsthal Pitchblende. (*Soddy & Hittchins A. F. R.*).— *Phil. Mag.*, June 1924, Ser. 6, v. 47, pp. 1148—1158.

160. Wealth, Virtual Wealth, and Debt: the Solution of the Economic Paradox. Pp. 320. London: G. Allen and Unwin, Ltd., 1926. Second edition 1933. U.S.A. edition, E. P. Dutton and Co., New York, 1933. (Review: *Coates W. H.* The Mystery of Money.—*Nature*, 27 Nov. 1926, v. 118, pp. 760—762).
161. The Mystery of Money.—*Nature*, 8 Jan. 1927, v. 119, pp. 46—47. (Answered by *Coates W. H.*—*Ibid.*, p. 47—48).
162. The Wrecking of a scientific Age. (Terminal Lecture to the students of the University of South Wales and Monmouthshire. Cardiff. 22 Jan. 1927). (see *Howorth*, 1958, p. 285).
163. The Impact of Science on an old Civilization. (Inaugural address to the students of the University College of Wales, Aberystwyth, 19 Oct. 1927). (see *Howorth*, 1958, p. 285).
164. Unemployment and hope.—*Nature*, 8 March 1930, v. 125, p. 345—346.
165. Money versus Man: a statement of the world problem from the standpoint of the new economics. Pp. VIII+140. London: Elkin Mathews and Marrot, 1931.
166. Corpuscular Explanation of Cosmic Rays.—*Nature*, 5 Sept. 1931, v. 128, p. 408.
167. The Relation between Uranium and Radium. Part IX. (Signed June 10, 1931).—*Phil. Mag.*, Nov. 1931, Ser. 7, v. 12, p. 939—945.
168. The Interpretation of the Atom. Part 1, The Radioactive Elements and isotopes; Part II, The General Progress of Atomic Chemistry. London: John Murray, 1932.
169. Poverty Old and New. Published for the New Europe Group by the Search Publishing Company Ltd., London, 1932. (See *Howorth*, 1958, p. 285).
170. The Alpha Rays of Ionium.—*Nature*, 3 Sept. 1932, v. 130, pp. 364—365.
171. Paradox of Plenty.—*The Review of Reviews*, Dec. 1932, v. 82, p. 43—46.
172. Absorption of Cosmical Radiations.—*Nature*, 21 Oct. 1933, v. 132, p. 638.
173. The Roosevelt Experiment from the Soddy standpoint. London: New Atlantis, October 1933.
174. Discussion on Heavy Hydrogen.—*Proc. Roy. Soc.*, 1 March 1934, Ser. A, vol. 144, pp. 11—14.
175. A Physical Theory of Money. (Paper to Liverpool Engineering Society, 31st October 1934).—*Trans. Liverpool Engineering Society*, 1934, v. 56. (see *Howorth*, 1958, p. 285).
176. The Role of Money: What it should be contrasted with what it has become. The New-World series. London: G. Routledge & Sons Ltd., 1934.
177. Money as Nothing for Something.—*Garvin's Gazette*, March 1935. (see *Howorth*, 1958, p. 285).
178. The Gold Standard Snare.—*Garvin's Gazette*, July 1935. (see *Howorth*, 1958, p. 285).
179. The Kiss Precise.—*Nature*, 20 June 1936, v. 137, p. 1021.

180. Is Science a Failure?—Radiography, 2 July 1936. (see *Howorth*, 1958, p. 285).
181. Money and the Constitution: report of the Prosperity Campaign Conference. (Disgwell Park, August 1936). (see *Howorth*, 1958, p. 285).
182. The Hexlet (poem) (signed Nov. 7, 1936).—*Nature*, 5 Dec. 1936, v. 138, p. 958.
183. Bowl of Integers and the Hexlet.—*Nature*, 9 Jan. 1937, v. 139, pp. 77—79.
184. Bowl of Integers and the Hexlet.—*Nature*, 6 Feb. 1937, v. 139, p. 282.
185. Credit, Usury, Capital, Christianity and Chameleons. (Address, 24 May 1937). (see *Howorth*, 1958, p. 285).
186. The Hexlet.—*Nature*, 23 July 1937, v. 139, p. 154.
187. Right Hon. Lord Rutherford of Nelson, O.M., F.R.S.—*Nature*, 30 Oct. 1937, v. 140, p. 753.
188. Social Relations of Science.—*Nature*, 30 Apr. 1938, v. 141, pp. 784—785.
189. The Budget, 1938: Synopsis in one hundred verses of the author's «Reformed Scientific National Monetary System» (Proposed 1926). (See *Howorth*, 1958, p. 285).
190. Mr. J. E. Marsh, F.R.S. (obituary).—*Nature*, 21 May 1938, v. 141, p. 903—904.
191. James Ernest Marsh. 1860—1938.—Obituary Notices of Fellows of the Royal Society, Jan. 1939, v. 2, No. 7, pp. 549—556.
192. Finance and the War (Address to members of the Parliamentary Labour Party at the House of Commons, 9 Nov. 1940). (see *Howorth*, 1958, p. 285).
193. Newton and Leibniz and  $\pi$ .—*School Science Review*, 95, November, 1943. (see *Howorth*, 1958, p. 283).
194. Foreword.—In: *Frustration of Science*. London, 1935.
195. The three infinite harmonic series and their sums (with topical reference to the Newton and Leibniz series for  $\pi$ ). (Received 20 Aug. 1942—Read 17 Dec. 1942.—Revised 22 March 1943).—*Proc. Roy. Soc.*, 16 Dec. 1943, Ser. A, v. 182, pp. 113—129.
196. Present Outlook: A Warning—debasement of the currency, deflation, and unemployment. For Local Administration Authorities, September 1944. (see *Howorth*, 1958, p. 286).
197. The Tomic Era: the week of destiny in the forty-fifth year of the Tomic Era.—Cavalcade, 18 Aug. 1945. (see *Howorth*, 1958, p. 286).
198. The Atomic Age—The Scottish Field, Oct. 1945. (see *Howorth*, 1958, p. 286).
199. An independent scientist's views on the economic and political possibilities of atomic energy for the future. (Luncheon Address to the British Constitutional Research Association, 32. Shaftesbury Avenue, London, W. 1. 30 Oct., 1947). (see *Howorth*, 1958, p. 286).

200. Can a nation be saved by budgets and ever increasing taxation?—The Torch of Truth, May 1948. (see *Howorth*, 1958, p.286).
201. The evil genius of the modern world. Management & human relations in industry. Vol. 1. Industrial Relations Publishing Cor., 1165 Broadway, New York 1, N.Y., U.S.A., 1947.
202. The Story of Atomic Energy.—Engineering, Part I, 3 Oct., 1947, 164, No. 4262, p. 313.
203. The Story of Atomic Energy. A New Atlantis Publication. Pp VIII+136. London: Nova Atlantis, 1949; Second edition 1954. (Review: *Paneth F. A. Nature*, 11 Nov. 1950, v. 166, pp. 799—800). Translation: La Storia della energia atomica. Transl. by Massimo Montagna. Torino: Einaudi, 1951 (the Italian reference was kindly send me by Prof. *Amaldi E.*).
204. Money reform as the preliminary to all reform. (Address to the Birmingham Club, 12 Jan. 1950). (see *Howorth*, 1958, p. 286).
205. Frederick Soddy calling all taxpayers. (Account of High Court proceedings, 28 March 1950 and defendant's affidavit re nonpayment of taxes). (See *Howorth*, 1958, p. 286).
206. Dishonest money and why a larger pay-packet now buys less than it did. (An address, 7 Nov. 1950, New Europe Group). (see *Howorth*, 1958, p. 286).
207. William Higgins and John Dalton.—*Nature*, 5 May 1951, v. 167, pp. 734—735.
208. The constitutional justification for resisting tax-payments. (An address to the Economic Reform Club and Institute, 2 Nov. 1951). (see *Howorth*, 1958, p. 286).
209. Just fifty years ago. (Address to the Inst. of Atomic Information to the Layman on the occasion of the Jubilee of the Interpretation of Radioactivity at Londonderry House Park Lane London, 28 Feb. 1953). London, 1953.
210. Isotopes. Lecture at Nobel Conference, Lindau, 1953.
211. Wider aspects of the Desintegration Theory. Nobel Conference, 1954, (See *Howorth*, 1958, p. 284).
212. The First Quarter-Century of Radioactivity. I. How Modern Alchemy Began. II. The Desintegration Theory of Radioactivity. III. Isotopes. London, New World Publications, 1954.
213. The Cubic Equation with Three Real Roots: Its Geometrical Diagram and a Machine than Solves H. (An Address to the 5th Annual Conference of Nobel Prizewinners at Linday, Lake Constance, Bavaria, under the aegis of Count Bernadotte of Insel — Mainau, 12 July 1955). Second edition (with Addition describing an improved machine with positive mechanical links. Patent applied for). Pp. 1—19. (Postscript added 15 October 1955, pp. 20—21. Addendum added April 1956 on added pages 1—5). London: New World Publications, 1956. (the reference was kindly given me by Prof. *Maddison F. R.*).
214. A Question the Brain Trust did not answer (see *Howorth*, 1958, p. 285).
215. Democracy's other War Reprint of articles in *Cavalcade*, with foreword by the Editor, L. B. Powell. Published by *Cavalcade*, London: 8—10 Temple Avenue, E.C.4. (see *Howorth*, 1958, p. 285).

216. *The Arch-Enemy of Economic Freedom: what banking is, what first it was, and again should be.* (A reply to the *Rt. Hon. R. McKenna's* «What is Banking?») Published by the author. (see *Howorth*, 1958, p. 285).

### Патенты Фредерика Содди

(See *Howorth*, 1958, p. 286).

217. No. 25, 504, 3 Nov. 1910 (date of approval). Separation of mesothorium from Monazite (short title).
218. No. 125, 253, 8 May 1918 (date of approval). Stripping of illuminants from coal gas by charcoal.
219. No. 13,259, 5 May 1928. Imp. in Hooke's joints and universal couplings. (This was never completing: typewritten copy.)
220. No. 358,128, 19 Feb. 1931. Imp. relating epicyclic gearing.
221. No. 361,015, 19 Feb. 1931. Imp. relating to epicyclic gearing.
222. No. 474,743, 16 Dec. 1935. Imp. in buildings and buildings components.
223. No. 572,411, 28 Nov. 1940. Imp. in the separation of thorium of the rare-earth groups from minerals.
224. No. 13,337/52, 26 May 1952. A steam plant of improved thermodynamic efficiency and capacity to service overloads, based on the steam-boiler using as the working fluid a concentrated solution of a non-volatile substance such as the caustic alkalies.

### Материалы о жизни и деятельности Содди

225. Obituaries:— *New York Times*, 23 Sept. 1956, p. 85.— *Engineering*, 28 Sept. 1956, v. 182, p. 392.— *Illustrated London News*, 29 Sept. 1956, v. 229, p. 517.— *Time*, 1 Oct. 1956, v. 68, p. 92.— *Newsweek*, 1 Oct. 1956, v. 48, p. 61.— *Chem. Eng.*, 8 Oct. 1956, No 34, p. 4913.— *Wilson Library Bulletin*, Nov. 1956, v. 31, p. 220.— *Britannica Book of the Year*, 1957, p. 580.— *Unveiling of the Soddy Memorial*.— *Chemistry & Industry*, 8 Nov. 1958, No. 45, pp. 1462—1464.
226. *Anders O. U.* The Place of Isotopes in the Periodic Table: the 50th Anniversary of the Fajans—Soddy Displacement Laws.— *J. Chem. Ed.*, 1964, v. 41, pp. 522—525.
227. *Badash L.* (ed.). *Rutherford and Boltwood: Letters on Radioactivity.* New Haven, 1969.
228. *Beaton C. & Tynan K.* *Persona Grata.* London, 1953, p. 87.
229. *Brewer F. M.* The Place of Chemistry at Oxford.— *Proc. Chem. Soc.*, July 1957, p. 185.
230. *Brüggen N. F. von der Wohlstand für Alle.* (Grundsätzliche Orientierung über eine Neue Nationalökonomie nach Professor Frederick Soddy). Riga: Auslieferung bei E. Bruhns, 1934.

231. *Cranston John A.* Address to the Royal Philosophical Society, Glasgow 13th January 1954. The Discovery of Isotopes by Soddy and his School in Glasgow.— Westminster, 1954, pp. 26—36.
232. *Cranston A. J.* The Soddy Memorial Lecture.— Aberdeen Univ. Rep., 1964, v. 62, p. 78—90.
233. *Cranston J. A.* Concept of Isotope.— J. Roy. Inst. Chem., 1964, v. 18, p. 38.
234. *Feather N.* Tribute to Soddy.— Chem. Age, 13 July 1957 (Abstract of First Soddy Memorial Lecture).
235. *Fleck A.* Frederick Soddy.— Nature, 27 Oct. 1956, v. 178, p. 893.
236. *Fleck A.* Portrait.— Illustrated London News, 14 Sept. 1957, v. 231, p. 439.
237. *Fleck A.* Frederick Soddy.— Biogr. Mem. Fellows Roys. Soc., Nov. 1957, v. 3, pp. 203—216.
238. *Fleck A.* Early Work in the Radioactive Elements.— Proc. Chem. Soc., Nov. 1963, p. 330.
239. *Fleck A.* Frederick Soddy (1877—1956).— The Dictionary of National Biography (1951—1960), Oxford & London, University Press, 1971, pp. 904—905.
240. *Gleditsch E.* Contribution to the Study of Isotopes.— Norske Videnskaps, Academi I. Mat.-Natur. Klasse, No. 3 (Oslo, 1925), p. 7.
241. *Hahn O.* Science & the economic order.— Metallgesellschaft, 1957, p. 97.
- 241a. Editor's outlook. Frederick Soddy.— J. Chem. Educ., July 1931, v. 8, pp. 1245—1246.
242. *Hartley H.* The Old Chemical Department.— J. Roy. Inst. Chem., 1955, p. 126.
243. *Howorth M.* Atomic Transmutation. The Greatest Discovery ever Made from Memoirs of Professor Frederick Soddy. London: New World Publications, 1953.
244. *Howorth M.* Pioneer Research on the Atom. Rutherford and Soddy in a glorious chapter of science. The Life-Story of Frederick Soddy. Pp. 352. London: New World Publications, 1958.
245. *Haworth M.* Facts at the source.— The Author, 1959, v: LXIX, No. 4.
246. *Kent A. J. A.* Cranston. The Soddy Box — Chemistry & Industry, 1960, v. 73, p. 1206, 1411.
247. *Kent A.* Just fifty years ago.— Glasgow Tribune, 1963, p. 1060.
248. *Kent A.* Frederick Soddy.— Proc. Chem. Soc., Nov. 1963, pp. 327—330.
249. *Kent A.* (Review on T. J. Trenn (ed.), Radioactivity and atomic theory. London: Taylor & Francis, Ltd., 1974, XVII+517 pp.).— Annals of Science, Sept. 1976, v. 33, N 5.
250. *Levy S. I.* The Rare Earths. London, 1915, p. 107—108.
251. *Paneth F. A.* A Tribute to Frederick Soddy.— Nature, 23 Nov. 1957, v. 180, pp. 1085—1087.
252. *Partington J. R. A.* History of Chemistry. London: Macmillan & Co. Ltd., 1964, v. 4, pp. 936—947.

253. *Poole L. and G.* Scientists who changed the world. Dodd, 1960, pp. 125—134.
254. Radiochemistry and the discovery of isotopes. Edited by *Romer A.* N.Y.: Dover Publications, 1970.
255. Report on the papers of Professor *Frederick Soddy*, F.R.S. (1877—1956) deposited in the Bodleian Library, Oxford. Reproduced for the Contemporary Scientific Archives Centre (CSAC 14/8/74) by the Royal Commission on Historical Manuscripts. Quality House, Quality Court, Chancery Lane, London WC2A1HP. 1974.
256. *Riedman S. R.* Men and Women behind the atom. Abelard, 1958, pp. 110—112.
257. *Romer A.* The Restless Atom. New York; Dover, 1960.
258. *Russell A. S. F.* Soddy, Interpreter of Atomic Structure.— Science, 30 Nov. 1956, v. 124, pp. 1069—1070.
259. *Russell A. S.* Frederick Soddy.— Chem. & Ind., 1 Dec. 1956, pp. 1420—1421. Reprinted in: Ed. Farber (ed.). Great Chemists. New York & London: Interscience Publishers, 1961, pp. 1465—1468.
260. *Tilden W. A. & Glasstone S.* Chemical Discovery and Invention in the Twentieth Century. London, 1936, p. 140.
261. *Trenn T. J.* Rutherford and Soddy: from a Search for Radioactive Constituents to the Disintegration Theory of Radioactivity.— Rete, 1971, Bd. 1, H. 1, S. 51—70.
262. *Trenn T. J.* The rise and early development of the disintegration theory of radioactivity. Thesis. University of Wisconsin, 1972.
263. *Trenn Th. J.* Frederick Soddy.— Dictionary of Scientific Biography, vol. XII, New York, Charles Scribner's Sons, 1975, p. 504—509.
264. *Trenn Th. J.* (ed.). Radioactivity and atomic theory, presenting facsimile reproduction of the Annual Progress Reports on Radioactivity from 1904 to 1920 to the Chemical Society by Frederick Soddy, F.R.S. Pp. XVII+517. London, Taylor and Francis Ltd, 1975.
265. *Williams T. I.* Frederick Soddy and the Concept of Isotopes.— Endeavour, 1964, v. 23, p. 54.
266. *Williams T. I.* Frederick Soddy.— A Biographical Dictionary of Scientists. London: Adam & Charles Black, 1969
267. *Вяльцев А. Н., Кривомазов А. Н., Трифонова Д. Н.* Правило сдвига и явление изотопии. М., Атомиздат, 1976.
268. *Данин Д. С.* Резерфорд. М., «Молодая гвардия», 1966.
269. *Кривомазов А. Н.* К истории открытия явления изотопии и формулировки правила сдвига.— В кн.: Учение о радиоактивности. История и современность. М., «Наука», 1973, с. 155—171.
270. *Кривомазов А. Н.* Формулировка закона радиоактивных смещений и обоснование понятия изотопии.— Труды XVI научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕТ АН СССР (секция истории химии). М., ВИНТИ, 1973, Депонировано в ВИНТИ № 1872-74, с. 12—22.

271. *Кривомазов А. Н.* Научное сотрудничество и его психологическая реконструкция.— В кн.: Человек науки. М., «Наука», 1974, с. 189—203.
272. *Кривомазов А. Н.* Приоритетные вопросы в истории открытия закона радиоактивных смещений.— Труды XVII научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕТ АН СССР (секция истории учения о периодичности). М., ВИНТИ, 1974. Депонировано в ВИНТИ № 1836-75, с. 53—64.
273. *Кривомазов А. Н.* История открытия закона радиоактивных смещений и изотопии радиоактивных элементов. Дисс. канд. физ.-мат. наук, М., Институт истории естествознания и техники АН СССР, 1975.
274. *Кривомазов А. Н.* Фредерик Содди.— ЖВХО им. Д. И. Менделеева, 1975, т. 20, № 6, с. 631—632.
- 274а. *Кривомазов А. Н.* Специфика открытий в радиохимии.— ЖВХО им. Д. И. Менделеева, 1977, т. 22, № 6, с. 640—648.
275. *Кривомазов А. Н.* Проблемы прогнозирования на ранних этапах развития учения о радиоактивности.— В кн.: Прогнозирование в учении о периодичности. М., «Наука», 1976, с. 224—247.
276. *Кривомазов А. Н.* Научные школы: фундаментальные открытия и вопросы престижа.— В кн.: Школы в науке. М., «Наука», 1976, с. 380—399.
277. *Кудрявцев П. С.* История физики. М., «Просвещение», 1971, т. 3.
278. *Старосельская-Никигина О. А.* История радиоактивности и возникновения ядерной физики. М., Изд-во АН СССР, 1963.
279. *Трифонов Д. Н., Кривомазов А. Н., Лисневский Ю. И.* Учение о периодичности и учение о радиоактивности. М., Атомиздат, 1974.

#### Вспомогательные материалы

280. *Antonoff G. N.* The Disintegration Products of Uranium.— Phil. Mag., Sept. 1911, Ser. 6, v. 22, pp. 419—432.
281. *Antonoff G. N.* The Existence of Uranium Y.— Phil. Mag., Aug. 1913, Ser. 6, v. 26, pp. 332—333.
282. *Antonoff G. N.* On the Existence of Uranium Y.— Phil. Mag., Dec. 1913, Ser. 6, v. 26, p. 1058.
283. *Badash L. Hahn, Otto.*— Dictionary of Scientific Biography, 1972, v. 6, pp. 14—17.
284. *Badash L. Becquerel, Henri.*— Encyclopaedia Britannica, 1974, v. 2, pp. 790—791.
285. *Badash L.* Ernest Rutherford.— Dictionary of Scientific Biography, v. XII. New York, Charles Scribner's Sons, 1975, p. 25—36.
286. *Borrello A. H. G. Wells: Author in Agony.* London: Feffer & Simons, 1972.
287. *Brock W. H.* The Life and Work of William Prout.— Medical History, Apr. 1965, v. IX, No. 2, pp. 101—126.

288. *Brock W. H.* Lockyer and the Chemists: the First Dissociation Hypothesis.— *Ambix*, July 1969, v. XVI, N 1-2, pp. 81—99.
289. *Broek A. van den.* Intra-atomic Charge.— *Nature*, 27 Nov. 1913, v. 92, pp. 372—373.
290. *Chemical News*, 1903, v. 87, p. 308.
291. *Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson*. v. 1—3. Ed. by Sir J. Chadwick. London, 1962—1966.
292. *Grookes W.* Radio-Activity of Uranium. *Proc. Roy. Sec.*, 1900, Ser. A, v. 66, p. 409—423.
293. *Marie and Irène Curie.* Correspondance. *Choix de lettres (1905—1934)*. Présentation par Gilette Ziegler. Paris: Les Editeurs Français Réunis, 1974.
294. *Curie P., Dewar M.* Examen des gaz occlus ou dégagés par le bromure de radium.— *Compt. Rend.*, 1904, v. 138, p. 190—192.
295. *Eve A. S.* Rutherford. Being the Life and Letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O. M. Cambridge, 1939.
296. *Fajans K.* Die Stellung der Radioelemente im periodischen Systeme.— *Chemiker-Ztg.*, 1913, Bd. 37, S. 151, 242.
297. *Fajans K.* Über eine Beziehung zwischen der Art einer radioactiven Umwandlung und dem electrochemischen Verhalten der betreffenden Radioelemente.— *Phys. Z.*, 15 Feb. 1913, Bd. 14, S. 131—136.
298. *Fajans K.* Die Stellung der Radioelemente im periodischen System.— *Phys. Z.*, 15 Feb. 1913, Bd. 14, S. 136—142.
299. *Fajans K.* Die radioaktiven Umwandlungen und das periodische System der Elemente.— *Ber.*, 1913, Bd. 46, S. 422—439.
300. *Fajans K.* Die radioactiven Umwandlungen und die Valenzfrage vom Standpunkt der Structur der Atome.— *Verh. d. D. phys. Ges.*, 1913, Bd. 15, S. 240—259.
301. *Feather N.* Lord Rutherford. London — Glasgow, 1940.
302. *Fleck A.* The Chemical Nature of Uranium X, radioactinium and Thorium B.— *Chem. News*, 1912, v. 106, p. 128.
303. *Fleck A.* The Periodic System and the Radio-Elements.— *Chem. News*, 21 Jan. 1913, v. 107, p. 95.
304. *Fleck A.* The Chemical Nature of Some Radioactive Disintegration Products.— *J. Chem. Soc.*, 1913, v. 103, pp. 381—399.
305. *Fleck A.* The Chemical Nature of Some Radioactive Disintegration Products.— *J. Chem. Soc.*, 1913, v. 103, pp. 1052—1061.
306. *Fleck A.* The Existence of Uranium Y.— *Phil. Mag.*, March 1913, Ser. 6, v. 26, pp. 710—712.
307. *Fleck A.* The Desintegration of Uranium X.— *Phil. Mag.*, May 1913, Ser. 6, v. 26, pp. 529—535.
308. *Giesel F.* Über den Emanationskörper aus Pechblende und über Radium. (Eingeg. 13 Jan. 1903). *Ber.*, 1903, Bd. 36, S. 342—347.
309. *Hahn O.* Some Reminiscences of Professor Ernest Rutherford during his time at McGill University, Montreal.— *Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson*. London, 1962, vol. 1, pp. 164—168.

310. *Hevesy G.* Über den Zusammenhang zwischen den chemischen Eigenschaften der Radioelemente und der Reihenfolge radioaktiver Umwandlungen.— *Phys. Z.*, 1912, Bd. 13, S. 672—673.
311. *Hevesy G.* Die Valenz der Radioelemente.— *Phys. Z.*, 15 Jan. 1913, Bd. 14, S. 49—62.
312. *Hirosige T.* The van den Broek Hypothesis.— *Jap. Stud. Hist. Sci.*, 1971, No. 10, pp. 143—162.
313. *Hurwic J.* Maria Skłodowska-Curie. Warsaw: Polonia Publishing House, 1967.
314. *Hurwic J.* Kasimir Fajans (1887—1975): Souvenirs sur sa vie et ses activités.— *L'Actualité Chimique*, Jan. 1976, pp. 28—32.
315. *Hurwic J.* Kazimierz Fajans (1887—1975) Współtworca nauki o promieniotwórczości.— *Postępy fizyki*, 1976, tom 27, zeszyt 2, S. 103—108.
316. *Hurwic J.* Kazimierz Fajans (1887—1975).— *Wiadomości chemiczne*, Luto 1976, roc. XXX, zes. 2(344), s. 67—72.
317. *Marckwald W.* Zur Kenntnis des Mesothoriums. (Received 28 November 1910). *Ber.*, 1910, Bd. 43, S. 3420—3422.
318. *Meadows A. J.* Science and Controversy: A Biography of Sir Norman Lockyer. London: Macmillan, 1972.
319. *Meadows A. J.* Communication in Science. London: Butterworths, 1974.
320. *Nature*, 1902, v. 66, p. 119.
321. *Nature*, 7 Oct. 1920, v. 106, pp. 187—188.
322. *Nisio S.*  $\alpha$ -Rays and the Atomic Nucleus.— *Jap. Stud. Hist. Sci.*, 1966, No. 4, pp. 91—116.
323. *Proc. Roy. Soc.*, 16 Feb., 1909, Ser. A, v. 82, p. VIII.
324. *Proc. Roy. Soc.*, 10 Feb. 1910, Ser. A, v. 83, p. VIII.
325. *Proc. Roy. Soc.*, 14 Apr. 1910, Ser. A, v. 83, p. XIII.
326. *Ramsay W.* Inaugural Address to the British Association at Portsmouth.— *Nature*, 1911, v. 87, pp. 282—289.
327. *Rowland J.* Ernest Rutherford — Atom Pioneer. London, 1955.
328. *Russell A., R. Rossi R.* An Investigation of the Spectrum of Ionium.— *Proc. Roy. Soc.*, 1912, Ser. A, v. 87, pp. 478—484.
329. *Russell A. S.* The Periodic System and the Radio-Elements.— *Chem. News*, 1913, v. 107, p. 49—52.
330. *Rutherford E.* The Magnetic and Electric Deviation of the easily absorbed Rays from Radium.— *Phil. Mag.*, 1903, Ser. 6, v. 5, p. 177—187.
331. *Rutherford E.* Radioactive Substances and their Radiations. Cambridge: Cambridge University Press, 1913.
322. *Rutherford E.* Radioactivity. Cambridge, University Press, 1904.
333. *Schuster A.* The Radio-Elements and the Periodic Law.— *Nature*, 1913, v. 91, pp. 30—31.
334. *Snelders H. A. M.* A bio-bibliography of the Dutch amateur physicist A. J. van den Broek (1870—1926).— *Janus*, 1974, v. 61, pp. 59—72.

335. *Stewart A. W.* Recent advances in physical and inorganic chemistry. L., 1930. Пер.: *Стюарт А.* Новые идеи в физической и неорганической химии. Л., ГНТИ, 1931.
336. *Strömholm D., Svedberg T.* Untersuchungen über die Chemie der radioactiven Grundstoffe.— *Z. anorg. Chem.*, 1909, Bd. 61, S. 338—346; Bd. 63, S. 197—206.
337. *Trenn T. J.* The Geiger-Marsden Results and Rutherford's Atom. July 1912 to July 1913: The Shifting Significance of Scientific Evidence.— *Isis*, March 1974, v. 65, No. 226, pp. 74—82.
338. *Trenn T. J.* Moseley and more Moseleyana.— *Annals of Science*, 1976, v. 33, pp. 105—109.
339. *Wells H. G.* The World Set Free: a story of mankind. London: Macmillan and Co., 1914.
340. *Whetham W. C. D.* The Life-History of Radium.— *Nature*, 1904, v. 70, p. 5.
341. *Wilson H. A.* Is Radium an Element? — *Nature*, 1904, v. 70, p. 241—242.
342. *Young K. H. G. Wells.* Edinburgh: Longman Group. Ltd., 1974.
343. *Андреева М. Ф.* Воспоминания, 3-е изд. М., «Искусство», 1968.
344. *Антонов Г. Н.* Продукты дезинтеграции урана. СПб., 1913.
345. *Антонов Г. Н.*— ЖРФХО, 1913, т. 45, часть хим., вып. 2, с. 1463—1464.
346. *Антонов Г. Н.*— ЖРФХО, 1914, т. 46, часть хим., вып. 1, с. 171.
347. *Астон Ф.* Изотопы. Пг., 1923.
348. *Бор Н.* Избранные научные труды, т. 1. М., «Наука», 1970; т. 2. М., «Наука», 1971.
349. *Быков Г. В., Крицман В. А.* Станислао Канниццаро. Очерк жизни и деятельности. М., «Наука», 1972.
350. *Вернадский В. И.* Избранные сочинения в 5-ти т. М., Изд-во АН СССР, 1958—1960.
- 350а. *Вяльцев А. Н.* Открытие радиоактивности как узел в сети линий научного развития.— В кн.: Учение о радиоактивности. История и современность. М., «Наука», 1973, с. 23—46.
351. *Глессон С.* Атом, атомное ядро, атомная энергия. Развитие современных представлений об атоме и атомной энергии. М., ИЛ, 1961.
352. *Горький М.* Собрание сочинений в 30-ти т., т. 29. М., «Художественная литература», 1955.
353. Горький и наука. Статьи, речи, письма, воспоминания. М., «Наука», 1964.
354. ЖРФХО, 1903, т. 35, часть хим., вып. 7, от. 1, с. 709—710.
355. *Зайцева Л. Л., Фигуровский Н. А.* Исследования явлений радиоактивности в дореволюционной России. М., Изд-во АН СССР, 1961.
356. Избранные мысли Джона Рёскина, вып. 1. М., «Посредник», 1902.
357. *Кагарлицкий Ю. И. Уэллс.*— В кн.: История английской литературы, т. 3. М., Изд-во АН СССР, 1958, с. 524—556.

358. *Капица П. Л.* Мои воспоминания о Резерфорде.— В кн.: Резерфорд Э. Избранные научные труды, т. 2. «Наука», 1972, с. 502—516.
359. *Кедров Б. М.* Развитие понятия элемента от Менделеева до наших дней. Опыт историко-логического исследования. М.—Л., Гостехиздат, 1948.
360. *Кедров Б. М.* Эволюция понятия элемента в химии. М., Изд-во АПН СССР, 1956.
361. *Кедров Б. М.* Три аспекта атомистики. III. Закон Менделеева. Логико-исторический аспект. М., «Наука», 1969.
362. *Кривомазов А. Н.* Значение работ Н. Локьера в эволюции представлений о строении и свойствах вещества.— Труды XVI научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕиТ АН СССР (секция истории физики). М., ВИНТИ, 1973.
363. *Кудрявцев П. С.* Курс истории физики. М., «Просвещение», 1974.
- 363а. *Курнаков Н., Коновалов Д., Ипатьев В., Лазарев П., Иоффе А.* Записка об ученых трудах Ф. Содди.— Известия Российской академии наук, 1924, т. 18, № 12-18, с. 481—482.
364. *Кюри Е.* Мария Кюри, 4-е изд. М., Атомиздат, 1976.
365. *Лауэ М.* Статьи и речи. М., «Наука», 1969.
366. *Лебон Г.* Эволюция материи. СПб., изд. М. И. Семенова, 1914.
- 366а. *Лисневский Ю. И.* Ван ден Брук и его открытие.— Природа, 1977, № 1, с. 106—113.
367. *Макареня А. А. Д. И. Менделеев о радиоактивности и сложности элементов*, 3-е перераб. и доп. изд. М., Атомиздат, 1975.
368. *Мейер В.* Задачи атомистики. Рига, 1896, 39 с.; Научное обозрение, 1895, № 49, с. 1538—1544; № 50, с. 1570—1579.
369. *Паули В.* Физические очерки. Сборник статей под ред. Я. А. Смородинского. М., «Наука», 1975.
370. Переписка А. М. Горького с зарубежными литераторами. (Архив А. М. Горького, т. 8). М., Изд-во АН СССР, 1960.
371. *Погодин С. А., Либман Э. П.* Как добыли советский радий. М., Атомиздат, 1971.
372. *Резерфорд Э.* Избранные научные труды, т. 1. М., «Наука», 1971; т. 2. М., «Наука», 1972.
373. *Рогаля А. М.* К истории развития физических методов исследования радиоактивности атмосферы.— В кн.: Вопросы истории естествознания и техники, вып. 1(34). М., «Наука», 1971, с. 31—41.
374. *Соколов Э. В.* Облик ученого и стимулы научной деятельности.— В кн.: Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. Л., 1968, с. 98—104.
375. *Соколов Э. В.* Культура и личность. Л., «Наука», 1972.
376. *Соколовская З. К.* 200 научных биографий. Библиографический справочник. М., «Наука», 1975.
377. *Соловьев Ю. И., Петров Л. П.* Вильям Рамзай (1852—1916). М., «Наука», 1971.

378. *Старосельская-Никитина О. А.* Эрнест Резерфорд. 1871—1937. М., «Наука», 1967.
379. *Фаянс К.* Радиоактивность и новейшее развитие учения о радиоактивности. Пер. с 3-го нем. изд. А. Н. Фрумкина. Одесса, Всеукр. гос. изд-во, 1922.
380. *Фаянс К.* Воспоминания, связанные с историей науки о радиоактивности.— Природа, 1973, № 10, с. 74—82.
381. *Федин К.* Горький среди нас. Двадцатые годы. М., Гослитиздат, 1943.
382. *Франк И. М.* К шестидесятилетию открытия закона смещения. О лекции профессора К. Фаянса.— Природа, 1973, № 10, с. 70—73.
383. *Чугаев Л. А.* Периодическая система химических элементов. СПб., «Образование» (серия «Пособия при изучении химии»), 1911.
384. *Чугаев Л. А.* Природа и происхождение химических элементов в связи с новейшими исследованиями о распаде атома и об изотопии. Пг., Научное химико-техническое изд-во, 1923.
385. *Юнович М. М.* М. Горький — пропагандист науки. М., «Советский писатель», 1961.

## Указатель имен

---

- Абуль-Фарадж 171  
Алексеев В. М. 168  
Алкан Ф. 146  
Амальди Э. 13  
Амфитеатров А. В. 166  
Антонов Г. Н. 9, 105—109, 137,  
139—141  
Армстронг Г. Э. 41, 72  
Астон Ф. 127, 164, 168
- Бадаш Л. 13, 61, 86  
Базаров А. И. 155  
Байрон Д. Н. Г. 18  
Барри А. Д. 34  
Бейлби В. М. 36—39  
Бейлби Д. 33, 36, 37, 143  
Бейлби Х. 37  
Бекетов Н. Н. 155  
Беккерель А. 9, 55, 61, 66—68  
Берестов В. Д. 13  
Бернал Д. Д. 49  
Благинина Е. А. 13  
Блекетт П. С. М. 49  
Блэк Д. 15  
Бодлендер Г. 91  
Бойль Р. 15  
Болтвуд Б. 9, 102, 104—106, 110  
Бор Н. 60, 123, 129, 132, 168  
Бордри М. 13  
Борн М. 168  
Бородовский В. А. 11, 111, 159  
Боуви Г. 28  
Боуэн Е. Д. 13, 172  
Брэгг В. 32  
Буренин Н. Е. 165, 166  
Бутлеров А. М. 163
- Бэкон Р. 13  
Бэкон Ф. 15
- Вагнер Р. 125  
Везем В. 102  
Вельбах А. 114, 119  
Вернадский В. И. 8, 160—162  
Волков Н. Г. 13  
Вольф М. 168  
Врублевский М. 13  
Вюрц А. 28  
Вяльцев А. Н. 10, 132
- Гайсинский М. Н. 13  
Ган О. 9, 41, 83, 84, 137—140, 142  
177  
Гарвей У. 15  
Гейгер Г. 9  
Гейтель Г. 9, 54, 71, 95  
Гексли Г. 15, 18, 27, 41  
Гершель В. 15  
Гёринг О. 139, 140, 142  
Гёте И. В. 26  
Гизель Ф. 9, 91, 154  
Гики А. 35  
Гильберт У. 15  
Гомер 98  
Гоуинг М. 13  
Гоурер П. А. 49  
Гофман К. 154  
Грегори В. Д. 41  
Грей Д. 172  
Гук Р. 15  
Гурвиц И. В. 13
- Дадорьян Т. 110  
Дальтон Д. 19

- Дани Ж. 82  
 Дарвин Ч. 15  
 Дарли А. 28, 29  
 Дебай П. 168  
 Дьюрар Д. 30  
 Дэви Х. 15
- Жолио-Кюри Ф. 85, 146**
- Зайцева Л. Л. 11, 106  
 Захаров И. Н. 165
- Ив А. С. 85, 110**  
 Индриксон Ф. Н. 156  
 Иоффе А. 169  
 Ипатьев В. 169
- Кавендиш Г. 15  
 Канинциро С. 35  
 Камерон И. 27  
 Карпентер Г. 22, 33, 36  
 Картер Ф. 28  
 Касаткин И. М. 166  
 Кедров Б. М. 11, 134  
 Кекуле А. 22, 73  
 Кельвин В. Т. 37  
 Кент А. 13  
 Китман Б. 110  
 Китс Дж. 18, 177  
 Кнёфлер 65  
 Кокс Д. 28  
 Ковалов Д. П. 169  
 Конрой Д. 26  
 Копп Г. 28  
 Котелянский С. С. 167  
 Краузер Д. Г. 49  
 Крукс В. 15, 20, 55, 65, 66, 69,  
 72, 73, 89, 163  
 Крэнстон Д. А. 34, 41, 44, 108,  
 135, 140, 141, 170  
 Кудрявцев П. С. 11  
 Курнаков Н. С. 169  
 Кэмпбелл В. 168  
 Кюри М. 8, 9, 37, 39, 40, 46, 50,  
 53—55, 63, 67, 69, 71, 73, 75, 85,  
 141, 154, 165, 177, 179  
 Кюри П. 9, 30, 53—55, 68, 69, 73,  
 82
- Лавуазье А. 19, 28  
 Лазарев П. П. 169  
 Ланжевен П. 168  
 Лауэ М. 101, 168  
 Леванский В. А. 13  
 Лемберг М. 136
- Лепал Ф. 146  
 Лисневский Ю. И. 13  
 Локк Д. 15, 18  
 Локьер Н. 15, 55  
 Лушин А. Ф. 13
- Макалистер Д. 40  
 Майкельсон А. 168  
 Мак-Брайд Е. М. 28  
 Макдональд В. 27, 55  
 Мак-Кензи Т. Б. 34, 42  
 Мак-Кланг Р. К. 56  
 Мак-Кой Г. 110  
 Маклорен К. 15  
 Марквальд В. 110  
 Максвелл Д. К. 15  
 Максимов П. X. 165  
 Марш Д. И. 22, 23  
 Мейер В. 24, 28  
 Мейер С. 9  
 Мейер Э. 28  
 Мейтнер Л. 9, 41, 112, 138—140,  
 142
- Менделеев Д. И. 24, 112, 115  
 Меншуткин И. А. 97  
 Милликен Р. 168  
 Мозли Г. Д. 7, 44, 45, 162  
 Монд Л. 35  
 Морозов Н. А. 159  
 Моттрам В. X. 49  
 Мэддисон Ф. Р. 13  
 Мэйзифилд 20
- Нанс Д. Т. 25  
 Нойес В. 84  
 Ньютон И. 15
- Одлинг В. 15, 22—24, 26  
 Оппенгеймер Р. 177  
 Оуэн А. Е. Б. 13  
 Оуэнс Р. Б. 58, 62
- Панет Ф. 34, 139, 170, 177, 178  
 Пастер Л. 62  
 Пастернак-Слейтор Л. Л. 13  
 Патерно 36  
 Перрен Ж. 100, 114, 168  
 Петров Л. П. 97  
 Пиккар А. 140  
 Пиррет Р. 161  
 Пламмер Д. Р. 13  
 Погодин С. А. 13  
 Портер Д. С. 13  
 Праут У. 154

- Пристли Д. 15  
Плутарх 18  
Пятницкий К. П. 166  
Рамзай В. 5, 6, 9, 11, 25, 26, 29,  
30, 35, 41, 45, 79, 80, 88, 89, 90—  
98, 103, 136, 155, 156, 160, 161,  
173  
Рассел А. С. 18, 34, 39, 40, 121—  
130, 170  
Ревич А. М. 13  
Резерфорд Д. 15  
Резерфорд Э. 5—9, 11, 40, 46, 50,  
51, 54—74, 77—90, 92—95, 102,  
106—108, 123, 128—131, 133,  
154—156, 160, 161, 165—168,  
173—175, 177, 178  
Релей Д. 15  
Рёскин Д. 18, 42  
Ричардс Т. В. 136  
Ромер А. 9, 68  
Роско Г. 28  
Росс В. 110  
Роуланд Д. 51  
Румфорд 82  
Рунова О. П. 148, 166
- Сведенберг Т. 110, 111, 115, 126  
Светоний Г. Т. 18  
Сергеев-Ценский С. Н. 167  
Смит А. 15  
Скотт Г. А. 21  
Содди Б. 16, 17  
Содди В. 16, 17  
Соловьев Ю. И. 13, 97  
Старик И. Е. 162  
Старосельская-Никитина О. А.  
11, 58, 82, 85  
Стрёмгольм Д. 110, 111, 115, 126  
Стрэтт 95  
Сцилард Л. 42
- Тильден В. А. 41  
Тиндаль А. М. 27  
Тихомиров В. Г. 13  
Тейлор Б. 15  
Томпсон М. 60  
Томпсон С. 19  
Томсон Д. Д. 46, 61, 70, 98, 127,  
156, 164, 168  
Торп Т. Е. 28  
Трэнт Т. Д. 10, 13, 14, 58, 59, 70,  
81, 86, 87  
Трифонов Д. Н. 10
- Уайльд О. 145  
Уатт Д. 145  
Умнов Н. А. 155  
Уолкер В. 28  
Уотс Д. 22, 26  
Уэллс Д. Г. 42, 43, 146, 165, 167,  
168
- Фарадей М. 15  
Фаянс К. 6, 9, 13, 112, 120, 122—  
133, 135—140, 142, 163, 164, 168,  
173  
Фергуссон 33  
Фигуровский Н. А. 11, 13, 106  
Флавицкий Ф. М. 155  
Флек А. 16, 34, 39, 47, 105—107,  
122—124, 128, 130, 170  
Фезер Н. 57, 58, 82  
Фридель Ш. 22
- Хаджес Р. Е. 20, 21, 33  
Халл Д. 49  
Харкор В. 23, 26  
Харрингтон 27  
Хауортс М. 6, 7, 12—14, 22, 24,  
28, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 44, 50,  
57, 58, 80, 84, 85, 91, 137, 144,  
146, 170  
Хевеши Г. 9, 105, 108, 112, 121—  
127, 129  
Херфорд С. Х. 21  
Хитчинс А. Ф. Р. 161  
Хирш 34  
Хмыров Д. Д. 158, 166  
Хьюмон Г. 34, 135—137
- Чарльз Э. 49  
Чеботарев П. Г. 13  
Чедвик Д. 13  
Чугаев Л. А. 8, 160, 163, 164
- Швейдлер Э. 9  
Шелли П. Б. 18  
Шенрок И. И. 155  
Шилов Н. А. 154, 156, 157  
Шорлемер К. 28  
Штейнберг А. А. 13
- Эльстер Ю. 9, 54, 71, 95
- Юнг Т. 15, 36  
Янг К. 42

## Содержание

---

От редактора . . . . .	5
От автора . . . . .	9
Жизнь . . . . .	15
Монреаль (1900—1903): сотрудничество с Резерфордом	51
Лондон (1903—1904): сотрудничество с Рамзаем . . .	88
Глазго и Абердин (1904—1919): самостоятельные исследования . . . . .	99
Публицистика Содди: атомная энергия и цивилизация	144
Содди и Россия . . . . .	154
Заключение . . . . .	170
Основные даты жизни и деятельности Фредерика Содди . . . . .	180
Литература . . . . .	182
Указатель имен . . . . .	204

**Александр Николаевич Кривомазов**  
**Фредерик Содди**

Утверждено к печати редколлегией  
научно-биографической серии  
Академии наук СССР

Редактор *В. П. Большаков*  
Художественный редактор *И. В. Разина*  
Технический редактор *Н. П. Кузнецова*  
Корректоры *Н. М. Вселюбская, Т. М. Евфимова*

ИБ № 7440

Сдано в набор 18.01.78.

Подписано к печати 12.05.78.

Т-07342. Формат бумаги 84×108<sup>1/32</sup>

Бумага типографская № 1

Гарнитура обыкновенная

Печать высокая

Усл. печ. л. 10,9      Уч.-изд. л. 11,2

Тираж 17.200      Тип. зак. 120

Цена 75 коп.

Издательство «Наука»  
117485, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94-а  
2-я типография издательства «Наука».  
121099, Москва, Г-90, Шубинский пер., 10



*А. Н. Кривомазов*

**Фредерик  
СОДДИ**



ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА:

С. А. Чеснокова

**РУДОЛЬФ ГЕЙДЕНГАЙН.**

7,6 л. 45 к.

Выдающийся немецкий физиолог Р. Гейденгайн (1834—1897) оставил заметный след в истории физиологии. Его работы касались вопросов терморегуляции, физиологии пищеварения, выделения, лимфообразования. Он описал ряд закономерностей в деятельности периферической и центральной нервной системы, исследовал механизм гишноза. Руководимый им Институт физиологии в Бреслау привлекал молодых ученых из разных стран. В их числе были И. П. Павлов, Н. Е. Введенский и многие другие.

Книга будет полезна врачам, физиологам, студентам медицинских институтов, а также всем интересующимся вопросами истории развития науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97
- 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95
- 252030 Киев, ул. Ленина, 64
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2
- 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7
- 117464 Москва, В-464, Мичуринский проспект, 12
- 630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22
- 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
- 700029 Ташкент, Л-29, ул. Маркса, 28
- 450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10
- 720004 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42
- 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.