



# ОТКРЫТИЯ, МЕНЯЮЩИЕ МИР

## ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ

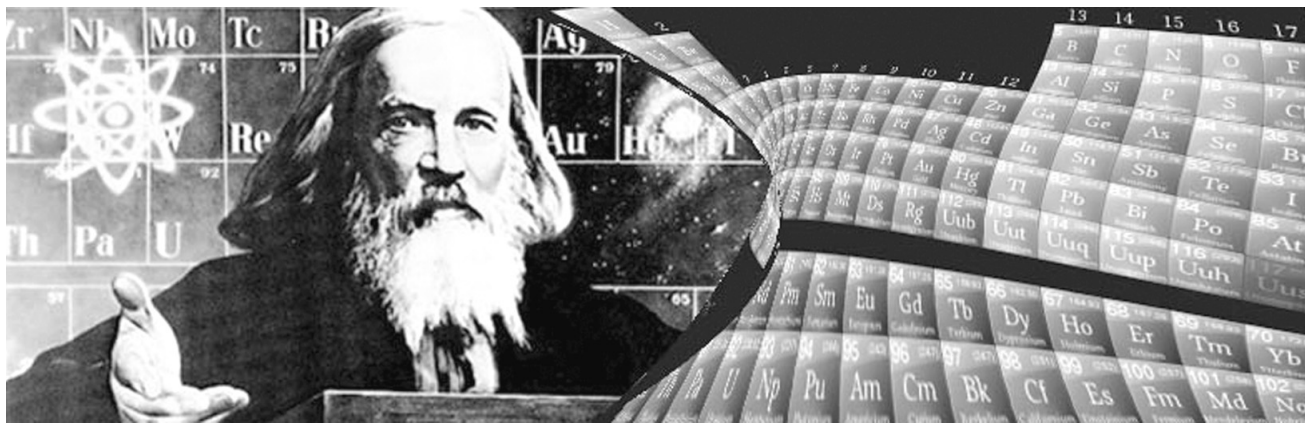
Чтобы понять значимость решения Генеральной Ассамблеи сразу нескольких международных и национальных организаций - Международного союза чистой и прикладной химии (IUPAC), Российской академии наук, Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна, Московская область) и Русского химического общества имени Дмитрия Ивановича Менделеева, по-видимому, необходимо вернуться на несколько тысячелетий назад. Такие ремесла, как металлургия, гончарное дело, стеклоделие, крашение, парфюмерия, косметика достигли значительного развития еще до нашей эры. Например, состав современного бутылочного стекла практически не отличается от состава стекла, применявшегося за 4000 лет до нашей эры в Египте. И хотя тогда химические знания тщательно скрывались, а за их разглашение людей ожидала смертная казнь, эти секреты все равно постепенно проникали в другие страны.

К европейцам химическая наука попала главным образом от арабов после завоевания ими Испании в 711 году. Арабы называли эту науку алхимией, от них это название перехватили европейцы. Мода на химические опыты распространялась быстро, ведь тогда многие мечтали получить философский камень, способный превратить любую субстанцию в золото. Эти попытки с позиций дня сегодняшнего вызывают снисходительную улыбку. Тем не менее, накопленный этими исследователями опыт заложил основы препаративной, аналитической химии, качественного и количественному анализам.

## ВЕХИ РАЗВИТИЯ

В истории химии хотелось бы отметить несколько важных вех. Так, еще за 800 лет до нашей эры арабский алхимик Джабар ибн Хайян сумел получить чистые мышьяк и сурьму. В 1669 году немецкий алхимик Хеннинг Брандт открыл фосфор, который был сначала принят за философский камень. В 1789-м французский естествоиспытатель Антуан Лавуазье издал «Начальный учебник химии», который тотчас же был переведен на многие иностранные языки и положил конец эпохе флогистона, объяснив состав воздуха, воды и многих органических соединений. Лавуазье первым дал классификацию веществ, он издал список 33 химических соединений, сгруппированных в газы, металлы, неметаллы и земли, заложил основы химической номенклатуры.

К середине XIX века были открыты 63 химических элемента, и попытки найти закономерности в этом наборе принимались неоднократно. В частности, немецкий ученый Йохан Вольфганг Доберрайнер в 1829 году занялся систематизацией химических элементов по триадам, положив в основу своей квалификации, помимо атомных весов, аналогию свойств и характерных признаков элементов и их соединений. Его исследования подготовили почву для окончательной систематизации элементов, проведенной впоследствии великим ученым-химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым.



**Совсем скоро - 8 февраля - мы будем отмечать День российской науки, чествуя димитровградских ученых, которые исследуют самые разные направления. Есть среди них как гуманитарии, так и естествоиспытатели - физики-ядерщики и радиохимики, для которых 2019 год стал особенным. Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций провозгласила его Международным годом Периодической системы химических элементов, которая была опубликована полтора века назад. Ее создатель Дмитрий Иванович Менделеев оставил в своей таблице несколько свободных мест, предсказав ряд фундаментальных свойств еще не открытых тогда элементов и само их существование. За 150 лет количество известных элементов выросло с 63 до 118, и к получению последних приложили немало усилий специалисты Государственного научного центра - Научно-исследовательского института атомных реакторов. Вот что рассказывает в своей статье об этой работе и многих других находках российских и зарубежных ученых, посвятивших жизнь познанию неизвестного, бывший начальник радиохимической лаборатории отделения радионуклидных источников и препаратов, заслуженный работник НИИАРа, ветеран атомной промышленности и энергетики Михаил Александрович Рябинин**



Дело Менделеева продолжили радиохимики



Здесь проводятся перспективные исследования

## ПУТЬ В НАУКУ

Родившийся в 1834 году в семье директора Тобольской гимназии Ивана Павловича Менделеева и Марии Дмитриевны Менделеевой (урожденной Корнильевой) Дмитрий был в семье последним ребенком. По одним сведениям - семнадцатым, по другим - четырнадцатым. Мария Дмитриевна рано овдовела, но только после окончания сыном гимназии с ним и младшей дочерью Елизаветой покинула Сибирь, чтобы определить юношу в университет. Выбор пал на отделение естественных наук физико-математического факультета Главного педагогического института в Санкт-Петербурге. Окончив учебу в 1855 году с золотой медалью, Дмитрий Иванович некоторое время преподавал в гимназиях Симферополя и Одессы. А после защиты диссертации на «право чтения лекций» вплоть до 1890 года работал в Императорском Санкт-Петербургском университете (с 1865 года - профессор химической технологии, с 1867 - профессор общей химии), успешно совмещая преподавательскую деятельность с научной. Наряду с этим на протяжении ряда лет он читал лекции студентам Санкт-Петербургского технологического института, Корпуса инженеров путей сообщения, а также Николаевских академии и училища.

Получив в январе 1859



Циклотронный комплекс помогает получать новые элементы

года разрешение на командировку в Европу «для усовершенствования в науках», Дмитрий Иванович отправился в Гейдельбергский университет, где работали такие незаурядные естествоиспытатели, как Бунзен, Кирхгоф и Гельмгольц. В этот период он занимался теоретическими опытами молекулярной механики, исходными причинами которой предполагались масса, объем и сила взаимодействия частиц (молекул). Последовательно

искал аналитическое выражение, демонстрирующее связь состава вещества с тремя этими параметрами. В этот период Менделеевым был написан учебник по органической химии, представленный на Демидовскую премию. В 1862 году Дмитрий Иванович ее получил, а три года спустя защитил докторскую диссертацию «О соединении спирта с водой», в которой были изложены основы его учения о растворах. Это обеспечило Мен-

делееву должность экстраординарного профессора университета на кафедре технической химии.

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Закон триад Доберрайнера, опубликованный еще в 1829 году, подготовил почву для систематизации элементов, завершившейся созданием

Менделеевым Периодической системы. Написав на карточках основные свойства каждого из известных в ту пору элементов, Дмитрий Иванович многократно переставлял эти карточки, подыскивая сходные свойства. Итогом этой работы стал «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве», опубликованный в 1869 году. В первом варианте таблицы элементы были расставлены по девятнадцати горизонтальным рядам, ставшим прообразами групп современной системы, и по шести вертикальным столбцам - периодам. В 1870 году Дмитрий Иванович в «Основах химии» публикует «Естественную систему элементов» - второй вариант своего труда, имеющий уже более привычный для нас вид.

Суть открытия Менделеева заключалась в том, что с ростом атомной массы химических элементов их свойства меняются не монотонно, а периодически. Кроме того, в отличие своих предшественников Менделеев взял за основу для классификации не одно, а сразу два значения: атомную массу и химическое сходство. Чтобы периодичность полностью соблюдалась, предпринял очень смелые шаги, исправив атомные массы некоторых элементов (бериллия, индия, урана, тория, церия, титана и иттрия) и разместив еще несколько элементов (например, таллий) вопреки принятым в то время представлениям. Кроме того, он оставил в таблице пустые клетки, где должны были разместиться пока не открытые элементы. На основе этих работ в 1871 Менделеев сформулировал Периодический закон, форма которого со временем была несколько усовершенствована.

## ОРУДИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Научная достоверность работы Менделеева получила подтверждение очень скоро. В 1875 - 1886 годах были открыты галлий (экаалюминий), скандий (экабор) и германий (экасилиций), физические и химические свойства которых Дмитрий Иванович описал заранее.

Последним элементом Периодической системы Менделеева стал уран с порядковым номером 92, открытый в 1789 году немецким химиком Мартином Клапротом. Еще в 1874 году Дмитрий Иванович поместил этот элемент в свою таблицу, предугадав его расчетным путем.

По легенде, мысль о системе химических элементов пришла к Менделееву во сне. Однако известно, что однажды на вопрос, как он открыл Периодическую систему, ученый ответил: «Я над ней, может быть, 20 лет думал...».

Систематизация элементов оказала большое влияние на последующее развитие химии, став могучим орудием для дальнейших исследований. С ее помощью сегодня решаются многие задачи современной химии, например, получение сверхчистых веществ и сплавов для атомной, ракетной и полупроводниковой промышленности.

Продолжение следует

Использованы материалы интернет-сайтов и фото из личного архива Рябинина

Полосу к публикации подготовила заведующая отделом по основным направлениям деятельности Светлана КНЯГИНИНА



# Открытия, меняющие мир

Продолжение. Начало в №3(1582) от 18 января 2019 года.

## ИСКУССТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Самым тяжелым в Периодической системе считается уран ( $Z=92$ ). Разумеется, среди тех «тяжеловесов», которые появились во время создания Солнечной системы и сохранились на планете до наших дней, так как их продолжительность жизни больше возраста Земли - 4,5 миллиарда лет. Иные просто распались. Но в том, что они тоже когда-то существовали, сегодня уже никто не сомневается, ведь тому есть немало подтверждений.

Развитие атомной энергетики положило начало исследованию ядерно-физических и химических свойств так называемых трансурановых элементов, образующихся в атомных реакторах в результате облучения ядерного топлива нейтронами.

Еще в 1940–1953 годах профессор Глен Сиборг с коллегами из Ок-Риджской национальной лаборатории (Беркли, США) синтезировали искусственные элементы с порядковыми номерами 93–100, получив их в реакциях последовательного захвата нейтронов изотопа урана-235 при длительном облучении в мощных ядерных реакторах.

Открытие первых искусственных элементов стало началом нового направления ядерной физики и химии по исследованию свойств трансурановых элементов, их применению во многих отраслях науки и техники. В результате многолетней, интенсивной и целенаправленной работы физиками-ядерщиками были синтезированы свыше десятка новых элементов. Существует три признанных во всем мире исследовательских центра по синтезу тяжелых элементов: в Дубне (Россия), в Беркли (США) и в Дармштадте (Германия). В этих центрах были получены все новые элементы, начиная с нептуния.

Правда, обладали они малым временем жизни, что существенно осложняло реакторное получение каждого из последующих нуклидов, а также их химическое выделение в требуемых количествах. Поэтому этот метод оказался неэффективным для синтеза более тяжелых элементов с порядковыми номерами выше 100.

## СОВРЕМЕННЫЙ

## ПОДХОД

С 1960-х годов началась эпоха ускорителей элементарных частиц - циклотронов. С их помощью ученые стали производить синтез новых элементов при взаимодействии двух тяжелых ядер. Элементы с порядковыми номерами свыше 100 получали в реакциях с ускоренными тяжелыми ионами, когда в ядро-мишень вносится комплекс протонов и нейтронов. Затем в специально сконструированной системе детектирования изучались ядерно-физические свойства синтезированных элементов: время жизни, энергия и цепочки распада.

Время жизни элементов с порядковыми номерами от 101-го до 118-го измеряется долями секунд, поэтому в основном изучены только их ядерно-физические свойства. В частности, энергия излучаемых альфа-частиц. Однако теоретические расчеты, проведенные лауреатами Нобелевской премии Марией Гепперт-Мейер и Хансом Йенсенсом, показывают, что элементы с порядковыми номерами 114 и 126, а также «магическими и дважды магическими» числовыми значениями ядер будут иметь нетипично большой период полураспада. Для 114-го элемента это предположение было подтверждено учеными Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ), который находится в Московской области. За ним официально закреплен мировой приоритет в этих открытиях - с момента основания института в его стенах было обнаружено 10 из 18 новых элементов, о которых в последние десятилетия узнал научный мир.

## ПОСЛЕ ФЕРМИЯ

Эксперименты по облучению ядерных реакций имени Флерова ОИЯИ под научным руководством академика РАН Юрия Цолаковича Оганесяна. Этот выдающийся физик-экспериментатор широко известен работами по синтезу и исследованию свойств новых элементов таблицы Менделеева - 115-го, 116-го, 117-го и 118-го.

Родился Юрий Цолакович в 1933 году в Ростове-на-Дону, в 1939-м вместе с семьей переехал в Ереван, куда был приглашен на работу его отец. По окончании школы с



золотой медалью он поступил в Московский физико-технический институт. После защиты диплома в 1966 году получил направление в ОИЯИ, с которым связал всю свою жизнь. Пройдя путь от молодого инженера, руководителя группы по пуско-наладке ускорителя до директора и научного руководителя лаборатории ядерных реакций, Оганесян защитил диссертацию кандидата и доктора наук.

Его весомый вклад в развитие науки признан во всем мире. Это именно профессор Оганесян сформулировал основные принципы синтеза трансфермиевых элементов в реакциях холодного синтеза, совместно с коллегами проводя фундаментальные эксперименты по синтезу элементов с порядковыми номерами 101–118. Для изучения сверхтяжелых ядер Юрием Цолаковичем разработана программа синтеза сверхтяжелых изотопов в реакциях синтеза кальция-48 с актинидными мишенями, построенные прецизионные экспериментальные установки. Они вместе с циклотронами и составили уникальную исследовательскую базу, которая обеспечила ведущую роль ОИЯИ в ряде областей ядерной физики.

Не случайно по решению Международного союза чистой и прикладной химии за большой вклад ОИЯИ в исследование сверхтяжелых элементов 105-му элементу

было присвоено название дубний, а 114-му - флеровий (в честь создателя и руководителя лаборатории ядерных реакций ОИЯИ с 1957 по 1997 годы Георгия Николаевича Флерова).

## ВКЛАД НИИАРОВЦЕВ

Без дмитровградских специалистов, правда, синтез новейших элементов был бы весьма затруднен. Дело в том, что ГНЦ НИИАР обладает уникальной экспериментальной базой, позволяющей получать в реакторе СМ плутоний, америций, кюрий, берклий и калифорний в количествах, необходимых для синтеза сверхтяжелых элементов, проводить их радиохимическое выделение в условиях «горячих камер», изучать ядерно-физические свойства.

Автору этих строк довелось в 2006–2015 годах руководить коллективом по изготовлению мишеней на основе плутония-244, америция-243, кюрия-248, берклия-249 и калифорния-249 для синтеза сверхтяжелых элементов. Что же собой представляли эти мишени? Это титановая фольга толщиной всего 1,5 микрона, что в несколько десятков раз тоньше человеческого волоса. И вот на нее равномерно наносился требуемый нуклид, устойчивый в вращении около 2000 оборотов в минуту.

Это достаточно сложная, кропотливая и разноплановая работа. Сначала следовало получить достаточное количество требуемых нуклидов в высокопоточном реакторе СМ. Затем разработать технологию их радиохимического выделения и нанесения на титановую фольгу, методы контроля их содержания, способы транспортировки и так далее, предусмотрев всю цепочку операций.

По сути, это очень затратные работы. Например, для синтеза 117-го элемента использовался препарат берклия-249 в количестве лишь нескольких десятков миллиграммов, которые стоили несколько миллионов долларов. Правда, это вещество во имя развития науки было безвозмездно передано нашему институту Ок-Риджской национальной лабораторией (США). Согласитесь, такие отношения между нашими странами можно только приветствовать.

Прошло столько лет, но я до сих пор вспоминаю тех людей, с помощью которых удалось выполнить столь сложные задачи. Хотелось бы отметить профессионализм всех сотрудников, принимавших непосредственное участие в выполнении столь уникальных работ. Это Николай Андрейчук, Александр Баранов, Евгений Ерин, Иван Зеленковский, Дмитрий Ильин, Александр Пахомов, Евгений Сальников и Иван Целищев.

Подложки с нанесенными нами нуклидами передавались в Дубну, где они облучались ядрами кальция-48. Юрий Цолакович Оганесян внимательно следил за ходом выполнения работ по изготовлению мишеней, обсуждал с нами результаты проведенных исследований. И это обсуждение всегда было доброжелательным и плодотворным.

## БОЛЬШАЯ ГОНКА

Еще в 2010 году в лаборатории ядерных реакций ОИЯИ успешно закончился продолжительный эксперимент по синтезу нового химического элемента с атомным номером 117. Свойства распада изотопов 117-го и его дочерних продуктов - изотопов 115, 113, 111, 109, 107 и 105-го элементов, вместе с ранее синтезированными в Дубне изотопами 112-116 и 118-го элементов, стали прямым экспериментальным доказательством суще-

ствования «островов стабильности» сверхтяжелых ядер. Тем не менее, лишь 28 ноября 2016 года Международный союз чистой и прикладной химии (IUPAC) утвердил названия четырех новых элементов, дополнивших таблицу Менделеева. Один из них назвали в честь академика РАН Юрия Оганесяна оганессоном, другой - в честь Московской области московием. Еще два получили названия нихий и теннесси.

Открытие 117-го элемента в докладе премьер-министра Дмитрия Медведева президенту Владимиру Путину было названо в числе наиболее важных достижений в области фундаментальной науки за 2015 год. Вот только, к сожалению, вклад специалистов ГНЦ НИИАР в его получение, как и в получение 118-го элемента позже остался практически незамеченным.

Разумеется, наука не стоит на месте. Сотрудники ОИЯИ в ближайшее время планируют осуществить пуск уникальной по мировым меркам научной установки - фабрики сверхтяжелых элементов. Ее центральной частью стал ускоритель заряженных частиц - циклотрон DC-280. Ожидается, что благодаря этой технике эффективность экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов повысится на несколько порядков.

Предполагается, что и НИИАР продолжит сотрудничество с ОИЯИ по изготовлению мишеней для синтеза новых сверхтяжелых элементов. За 2019–2020 годы будет проведена реконструкция реактора СМ, что позволит реализовать программу увеличения производства и номенклатуры мишеней радионуклидов. Это, вкрупне с возможными успехами фабрики сверхтяжелых элементов, дает российским ученым шанс стать победителями в большой гонке крупнейших ядерно-физических центров мира, уже сейчас основательно готовящихся к синтезу 119-го, 120-го и 121-го элементов.

**Михаил Рябинин, ветеран атомной промышленности и энергетики Российской Федерации**  
Использованы материалы интернет-сайтов и фото из личного архива Рябинина

**Полосу к публикации подготовила заведующая отделом по основным направлениям деятельности Светлана КНЯГИНИНА**