

В. П. МЕЛЬНИКОВ

ОТКРЫТИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА: ПРОЦЕСС И РЕЗУЛЬТАТ

Научные открытия — наиболее известные плоды научной деятельности; они издавна привлекают пристальное внимание историков науки. Нет сомнений, что неожиданности, случайности здесь достаточно редки: открытия появляются в результате целенаправленной работы — процесса научного открытия. Но, как это ни парадоксально, далеко не всегда открытие — искомый результат конкретного научного исследования. Став свершившимся фактом, сделанное открытие зачастую затмевает собой первоначально поставленную цель, что искажает реальную историческую картину. Научоведы и психологи нередко предъявляют справедливые претензии к историкам науки: «В работах по истории науки до сих пор в качестве главного объекта выступает в большинстве случаев только результат деятельности, а не ее структура, динамика и механизмы» [1, с. 12]. Эти разногласия зависят от существенно различного подхода к предмету: историки трактуют науку как определенную систему объективных знаний, тогда как для психологов — это один из видов творческой деятельности, во многом зависящий от субъективных особенностей конкретной личности. Наиболее плодотворным был бы, по-видимому, синтез этих двух представлений.

Часто трудности создают сами авторы открытий, умалчивая о многих деталях предшествующих открытию работ. Еще в XIX в. Г. Гельмгольц писал, что он указывает в своих трудах лишь торную дорогу к полученным результатам и не упоминает мелких тропинок, по которым ему пришлось блуждать. Б. М. Кедров с горечью отмечал, что «реальная история открытия заменяется идеализированной и выправленной историей, которая показывает, как ученый, сделавший данное открытие, стремился потом как можно яснее и логичнее довести его до сведения других людей» [2, с. 90]. Последующие поколения вносят свою лепту в искажение истинной картины открытия, и итог может быть поразительным.

Ярчайшей иллюстрацией вышеизложенному может служить история спектрального открытия гелия на Солнце: «Гелий на Солнце открыли француз Ж. Жансен, проводивший свои наблюдения в Индии 19 августа 1868 г., и англичанин Дж. Локьер — 20 октября того же года. Письма обоих ученых пришли в Париж в один день и были зачитаны на заседании Парижской Академии наук 26 октября с интервалом в несколько минут. Академики, пораженные столь странным совпадением, приняли постановление выбить в честь этого события золотую медаль» [3, с. 29]. Все упомянутые в цитате события, безусловно, имели место в действительности. Однако из текста явствует, что открытие нового элемента на Солнце явилось результатом целенаправленного спектрального исследования солнечной атмосферы и именно оно произвело столь сильное впечатление на французских академиков. А вот это уже пример научной мифологии, кочующей из книги в книгу.

Достаточно давно история открытия гелия на Солнце привлекла внимание С. В. Альтшулера, который решил проследить ее непосредственно по первым публикациям участников событий и их современников. Результаты этого исследования были вкратце изложены в заметке, появившейся в год столетнего юбилея памятного сообщения в Парижской Академии наук [4], в затем опубликованы и более подробно [5, с. 49—59]. Выяснилось, что основным достижением, которое Жансен и Локьер спешили довести до сведения Академии, было создание метода спектрального исследования протуберанцев («солнечной короны»), не требовавшего, как это было раньше, полного солнечного затмения. Каждый из авторов достиг цели самостоятельным, оригинальным путем, и вот это-то одновременное решение важной научной проблемы было ознаменовано чеканкой памятной золотой медали. Об открытии нового элемента ни в сообщениях авторов, ни на заседании Академии не было сказано ни слова, а уж тем более никто не называл его гелием. Как Жансен, так и Локьер, описывая спектр протуберанцев, полученный ими новым методом, просто упоминали о присутствии яркой желтой линии (вблизи линии натрия), которая не встречалась в спектрах, изученных ими ранее.

В этой связи необходимо вспомнить, что возникновение и первые успехи самого метода спектрального анализа относятся к 1859—1861 гг., т. е. не прошло еще и 10 лет со дня получения первой спектрограммы. Несмотря на быстрое распространение и широкую популярность нового метода, исследователи отчетливо осознавали, что в этой области еще очень много неизведанного, и не спешили объявлять неизвестную спектральную линию признаком существования нового элемента. Однако яркая желтая линия постоянно появлялась при любых исследованиях атмосферы Солнца, ее надо было как-то называть, и, как позже писал Н. Локьер: «Я взял на себя смелость создать слово гелий, в первую очередь для употребления в лабораторной практике» [6, с. 321]. Это произошло, по-видимому, в середине 1871 г. Следует отметить, что до открытия гелия В. Рамзаем в клевеите (1895 г.) в практике употреблялось только словосочетание «линия гелия», а само понятие «гелий» стояло где-то в одном ряду с «мировым эфиром». Спустя несколько лет Локьер обнаружил в спектре солнечной атмосферы еще одну неизвестную линию, обозначенную позже как «линия корония» [7]. Вместе с тем в 1878 г. вышла его книга, специально посвященная спектральному анализу, где он вообще не упоминает о присутствии на Солнце гелия или других неизвестных элементов [8].

Выделение гелия из земного минерала вдохнуло жизнь в прежде абстрактное понятие. Вот это-то событие действительно произвело исключительное сильное впечатление на современников [9] и послужило толчком к ретроспективной переоценке результата работы, проделанной почти 30 лет назад. Таким образом возникла и широко распространилась искаженная, мифическая картина действительно крупного научного открытия. Казалось бы, какая разница сегодня, как в далеком прошлом протекал процесс этого открытия? Однако ложное знание безвредным быть не может, так как оно «влияет на характер поведения людей, на выбор решения в альтернативных ситуациях, на направление творческих усилий. Но коли так, то решения могут быть и ложными, а творческие усилия — губительными» [10, с. 231]. Эти слова Л. Н. Гумилева, хотя и высказаны применительно к другому объекту, как нельзя лучше подходят к истории науки.

Приведенный выше пример во многом отражает гораздо более общий недостаток — отсутствие самостоятельной теории научного открытия. «Теория научного открытия, — писал Б. М. Кедров, — призвана отразить и охватить собою все различные по масштабам типы научных открытий, вскрывая то общее, что им присуще, и показывая, как варьирует это общее в зависимости от масштаба широты и глубины сделанного открытия. Может оказаться, что открытия, по первоначально казавшиеся мелкими и незначительными, по мере их дальнейшего развития и углубления переходят в крупные, принципиальные» [2,

с. 31]. Такая теория должна, конечно, охватывать и открытия фундаментальных единиц материального мира, которыми являются химические элементы. Однако до настоящего времени не существует даже строгой дефиниции понятия «открытие химического элемента», нет общепринятой методики анализа такого открытия¹.

Одна из наиболее распространенных формулировок была предложена Н. А. Фигуровским: «Под открытием элемента следует понимать не только получение (выделение) в свободном состоянии простого тела, но и установление его существования в каких-либо соединениях химическим или физическим путем. Естественно, что это определение применимо лишь к открытию элементов, начиная со второй половины XVIII в. Оно не может быть распространено на более ранние этапы, когда соединения, содержащие еще неизвестные элементы, не могли быть изучены с точки зрения их состава» [11, с. 25—26]. Очевидно, что автор трактует здесь открытие как одноактное событие, однако неясно, по какому критерию определяется момент самого открытия. В истории химии имеется немало примеров, когда доказательство существования какого-либо элемента затягивалось на годы и десятилетия.

Д. Н. Трифонов определял «открытие» в отличие от «синтеза» элементов как доказательство существования их в природе. Кроме того, он писал: «Для химии открытие элемента означает не только констатацию факта присутствия элемента в природных минералах: оно подразумевает возможность всестороннего изучения его свойств, получение в свободном виде, наконец, изыскание путей его практического применения» [12, с. 80]. Очевидно, что это определение рассматривает открытие уже как процесс, состоящий из нескольких стадий (обнаружение, выделение, изучение, применение), которые, однако, ни в коей мере нельзя признать равнозначными. Известно, что многие химические элементы длительное время не находили применения в практике, являясь уже хорошо известными. Требование выделения в свободном виде также представляется не бесспорным. Нередко ученым удавалось доказать, что в составе некоторых соединений содержится неизвестный еще элемент, обладающий вполне определенными свойствами. В частности, свободный фтор удалось получить лишь в 1886 г., в то время как еще в 1789 г. А. Лавуазье включил его в перечень элементов под названием «радикала плавиковой кислоты».

Позже Д. Н. Трифонов предложил несколько иную формулировку рассматриваемого нами понятия. «Завершенным открытием нового химического элемента следует считать выделение его из природных объектов, ибо тогда и только тогда он становится конкретным предметом химических и физических исследований. При этом следует различать две ступени открытия: низшую (если элемент первоначально был выделен в виде соединения) и высшую (получение элемента в виде простого вещества). Во многих случаях процесс оказывался именно двухступенчатым, а временной интервал между ступенями был значительным» [13, с. 630]. Здесь автор уже отказывается от излишней детализации необходимых атрибутов открытия (обнаружение, выделение, изучение, применение), но все же оставляет два вполне конкретных требования (две ступени). Но ведь это не что иное, как качественные скачки, происходящие по мере количественного накопления знаний и опыта! Накопление же не происходит само по себе: значит все-таки процесс? Кстати, на какой из ступеней обычно фиксировалось открытие нового элемента? Как мы далее увидим, этот вопрос решался по-разному. Обратим внимание на понятие «завершенное открытие», т. е. открытие, развитие которого в принципе не представляется возможным. Обычно это открытие каких-либо фактов или объектов, например открытие неизвестного ранее растения или животного. Их можно изучать, уточнять

¹ Далее мы будем рассматривать лишь открытия стабильных химических элементов в природных объектах.

отдельные функции и свойства, но открытие на этом закончено. В отличие от этого, открытие явления или же закономерности имеет возможность развития на новом, более высоком уровне знаний, как это произошло с периодическим законом на электронном уровне — после открытия заряда ядра атома и отождествления его с порядковым номером элемента. Открытие химического элемента — это обнаружение новой структурной единицы материи, т. е. некоего объекта, и как будто всегда должно быть завершенным. Однако и здесь можно будет далее найти материал для некоторых суждений.

В отличие от предыдущих авторов, Е. Ранке-Мадсен подразделяет открытие химического элемента на три стадии (предварительную, собственно открытие и последующее развитие). Дополнительным неизменным условием признания открытия автор считает опубликование его в такой форме, которая позволила бы ознакомиться с ним научной общественности вне непосредственного окружения данного ученого (в периодической печати, монографии, в докладе перед профессиональной аудиторией) [14]. Очевидно, что автор представляет себе открытие именно как процесс и уходит от соблазна точной фиксации момента, «собственно открытия», прекрасно понимая сложность этой задачи. Нельзя не признать справедливым и требование должной публикации о сделанном открытии. Вспомним попытку поставить под сомнение приоритет Г. Кирхгофа в открытии спектральных законов на основании того, что Дж. Стокс несколько ранее обсуждал сходные предположения в беседах со своими студентами в Кембридже [15, с. 189].

Все это приводит нас к мысли о том, что открытие химического элемента следует рассматривать как процесс. Упомянем высказывание Д. И. Менделеева: «Истина, конечно, одна и вечна, но надо думать ... что истина познается и доступна людям только по частям, а не в общем своем целом и что пути для отыскания частей истины многообразны» [16, с. 429]. Почему же какую-либо точку на одном из «многообразных путей» назвали открытием? Ведь это уже не просто точка, а конкретная дата и автор открытия. Как решить вопрос об участии в авторстве открытия других ученых, внесших вклад в этот процесс в разное время на отдельных его стадиях? История химии знает примеры самого различного подхода к этой проблеме. Здесь зачастую играют особую роль психологические факторы, в частности известность того или иного ученого и степень доверия к нему научной общественности. Попробуем под этим углом зрения рассмотреть несколько конкретных примеров из области открытий химических элементов в их исторической ретроспективе.

Характерна в этом отношении история открытия ниобия и тантала. В 1801 г. английский ученый Ч. Хэтчетт сообщил о выделении окисла неизвестного элемента из исследованного им черного минерала, который за 50 лет до этого был доставлен в Британский музей из Северной Америки. Хэтчетт назвал открытый элемент «колумбием» (Cb), а минерал стали именовать колумбитом. В 1802 г. шведский химик А. Экеберг из ряда финских и шведских минералов выделил окисел нового элемента — тантала. В 1809 г. У. Волластон высказал предположение о вероятной идентичности колумбия и тантала. Однако к этому времени Хэтчетт отошел от научной деятельности, а Экеберг вскоре умер, и вопрос об элементарной природе упомянутых элементов долгое время не находил решения. Лишь в 1844 г. Г. Розе показал, что колумбиты и танталиты вместе с танталом всегда содержат и другой элемент, который он предложил называть ниобием. Заметим, что танталом Розе называл более легкий элемент, а ниобием — его тяжелый аналог. Нынешние названия для элемента № 41 — ниобий, а для элемента № 73 — тантал были предложены Ж. Г. Мариньяком, который в 1866 г. доказал их химическую индивидуальность. Можно предположить, что колумбий, полученный в 1801 г. Ч. Хэтчеттом, действительно был смесью впервые выделенных производных ниобия и тантала (а может быть, и производных одного из них), однако окончательное наименование элементам дал тот, кто бесспорно установил их элементарную природу, разделил элементы и описал индивидуальные свойства [17].

Пример другого подхода дает нам семейство редких земель. История открытия и изучений этой удивительной плеяды элементов подробно исследована и описана Д. Н. Трифоновым [18]. Открытие иттрия датируют 1794 г. и связывают с именем Ю. Гадолина, хотя ему удалось получить лишь смесь окислов («земель») сразу всех (или большинства) элементов редкоземельного семейства. В дальнейшем из «иттрия» Гадолина последовательно было выделено еще семь редкоземельных элементов. Тем не менее за одним из элементов, полученных в ходе разделения смесей, всегда оставляли прежнее название [18, с. 101].

В связи с открытием иода упоминают в первую очередь имя французского химика и предпринимателя Б. Куртуа. В 1812 г. он сообщил Н. Клеману и Ш. Дезорму, членам Института Франции, одним из отделений которого в тот период практически являлась Парижская Академия наук, что годом раньше обратил внимание на необычную коррозию емкости, используемой для переработки морских водорослей при получении селитры. Попытавшись выяснить причину этого, Куртуа обнаружил присутствие некоего неизвестного вещества, образец которого ему удалось выделить. Не имея возможности далее исследовать полученные кристаллы, он попросил передать их для изучения профессиональным ученым. Ж. Л. Гей-Люссак и Г. Деви независимо установили элементарную природу неизвестного вещества и предложили назвать его иодом из-за характерного фиолетового цвета паров. Сообщения Куртуа, Гей-Люссака и Деви были одновременно опубликованы в 1813 г. [19]. Необычность данного случая в том, что личности открывателя и исследователя не совпадают, хотя новый элемент удалось сразу получить в виде простого вещества. Видимо, это и сыграло решающую роль в том, что приоритет Куртуа никогда не ставился под сомнение.

Известен и пример противоположного характера. Владельцу одной из германских фабрик, поставлявшей оксид цинка для фармацевтических нужд, К. Германну поступила претензия, что вырабатываемый им продукт включает, возможно, примесь мышьяка. Обеспокоенный предприниматель провел собственное исследование препарата и заключил, что примесь действительно есть, но не мышьяка, а какого-то неизвестного металла. Свои выводы и полученные образцы Германн представил профессору Ф. Штромейеру, который был генеральным инспектором аптек провинции Ганновер. Результаты своего исследования Германн опубликовал в апреле 1818 г. вместе с заключением Штромейера, который подтвердил сделанные выводы и предложил назвать новый металл кадмием. Одновременно Штромейер, опытный и известный аналитик, поместил в другом журнале обширную и обстоятельную статью о свойствах нового элемента (см. [20, с. 100—101]). Естественно, что большинство специалистов почерпнули информацию о сделанном открытии из публикации Штромейера, да и инициатива в наименовании элемента исходила от него. Таким образом, приоритет в открытии кадмия в глазах научной общественности закрепился за Штромейером, хотя первым, и достаточно определенно, указал на существование нового металла К. Германн.

Весьма противоречивые оценки вызывает до сих пор история открытия кислорода. Даже в учебной литературе можно встретить взаимоисключающие утверждения об этом событии. Так, К. Нениеску на одной и той же странице пишет, что кислород был открыт К. Шееле в 1772 г., тогда как несколькими строками выше об этом сообщалось в перечне научных достижений Д. Пристли [21, с. 16]. М. Джуа, указав, что впервые кислород получил Шееле в 1771—1773 гг., а первым опубликовал сообщение об открытии Пристли в 1774 г., констатирует все же, что подлинный свой смысл это открытие обрело лишь после работ А. Лавуазье 1777 г. [22, с. 118—119]. Известно, что Ф. Энгельс в предисловии ко 2-му тому «Капитала» так охарактеризовал вклад Лавуазье: «По существу дела открыл кислород он, а не те двое, которые только описали его, даже не догадываясь о том, что именно они описывали» (К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. Т. 24. С. 19—20). Очевидно, что во главу угла

здесь ставится не выделение нового вещества, а правильная оценка его химической природы.

Уместно в этой связи вернуться к упоминавшемуся ранее понятию «завершенное открытие». Казалось бы, открытие объекта всегда должно быть завершенным. Вспомним, однако, что некоторые живые организмы, особенно морские, очень трудно по внешнему виду отнести к животным или растениям. То же самое в минералогии: одно дело просто найти неизвестный «камень» и совсем другое — определить его состав, структуру, классифицировать определенным образом. Следовательно, и открытие объекта не всегда будет сразу завершено, а может потребоваться определенный процесс изучения и осмысления.

Шееле и Пристли трактовали свое открытие в достаточно узких рамках пневматической химии, где все газы рассматривались как некоторые разновидности воздуха. Это был довольно обособленный раздел науки своего времени, и свойства газов сопоставлялись в основном друг с другом. Главная заслуга Лавуазье именно в том, что он сумел осмыслить единство кислорода с остальными, отнюдь не газообразными веществами, включить его в известные уже химические процессы и на этой основе создать кислородную теорию. Лишь уяснение той гигантской роли, которую играет кислород в жизни на Земле, позволило считать его открытие завершенным.

Аналогичную ситуацию можно привести и из другой области знаний. В 1492 г. Х. Колумб впервые достиг островов Нового Света, однако его современники об этом довольно долго ничего не ведали. Известно было лишь, что Колумб нашел новый путь в далекую, но в общем-то знакомую уже Индию. В 1499—1504 гг. Америго Веспуччи в составе испанского флота несколько раз прошел проложенным Колумбом путем и довольно подробно описал невиданные ранее земли. Его записки вызвали живой интерес и неоднократно издавались в 1505—1510 гг. Но главное, что эти материалы без ведома автора были в 1507 г. включены в трактат «Введение в космографию» в качестве описания существующего предположительно четвертого материка. Таким образом, для своих современников именно Веспуччи в буквальном смысле открыл Америку, которую и нарекли его именем. Ныне, разумеется, приоритет Колумба не вызывает сомнений, но это уже результат ретроспективной переоценки значимости события.

Многое упомянутое, по терминологии Е. Ранке-Мадсен, явно принадлежит к стадии развития открытия. Посмотрим далее, что же можно отнести к предварительной стадии.

Известны примеры, когда истоком научного открытия явилось теоретическое предсказание (прогноз), т. е. на основании изученных экспериментальных («естественных») фактов было сделано заключение о существовании неизвестного явления, закономерности, объекта и т. д. В случае же успешной реализации прогноза его автор мог быть признан и автором самого открытия. Если вспомнить хрестоматийный пример с открытием планеты Нептун, легко убедиться, что большая часть людей, хорошо знающих о сделанных Леверье расчетах ее орбиты, не помнят имени Галле — астронома, нашедшего на небосводе эту планету, т. е. практически реализовавшего прогноз.

Для химиков такой подход нехарактерен. Д. И. Менделеев, например, весьма последовательно отстаивал свой приоритет в открытии Периодического закона, но никогда не претендовал на соавторство в открытии столь тщательно предсказанных им экатора, экасилиция и экаалюминия [23]. Н. Бор точно указал направление поисков неизвестного элемента № 72, но сообщение об этом открытии подписали Г. Хевеши и Д. Костер, непосредственно выделившие гафний [24, с. 19—27]. Лишь в том случае, если авторам прогноза самим удавалось выделить предсказанный элемент, они признавались авторами открытия. Примером может служить открытие рения немецкими учеными В. Ноддаком, И. Такке и О. Бергом, которые получили этот металл в 1928 г. Здесь дата реального открытия практически совмещена с датой прогноза, сделанного

в 1925 г. [5, с. 70—84; 24, с. 44—93]. Приведем слова А. М. Бутлерова: «В химии привыкли приписывать честь открытия тому преимущественно, кто его сделал фактически, а не тому, кто предсказал его на основании теории... Установить научную теорию — это серьезная научная заслуга; предсказать факт на основании готовой теории — это то, что доступно каждому химику и что требует немногих часов времени; но фактическое доказательство или опровержение такого предсказания потребует целых месяцев, иногда — годов физических и умственных усилий» [25]. Итак, для химиков прогноз, безусловно, лишь предварительная стадия открытия.

Таким образом, открытие протекает от предварительной стадии до стадии развития открытия и его завершения. И где-то на этом пути в определенный момент происходит «собственно открытие». Тут есть некоторое противоречие. Конечно, открытие всегда процесс, хотя мы далеко не всегда имеем полную информацию о всех его стадиях, особенно предварительной. Иногда этот процесс протекает стремительно и представляется со стороны одномоментным, но он несомненно всегда имеет место. Тогда вспомним, что процесс обязательно протекает во времени, и становится ясно, что речь может идти не о конкретной дате открытия, а об интервале времени, в котором оно произошло. Это же утверждение практически высказано Д. Н. Трифионовым и Е. Ранке-Мадсен. И вопрос о дате открытия напоминает вопрос о том, какое количество людей можно считать толпой.

Тем не менее вернемся к реальной действительности, в которой открытие большинства элементов связано с конкретной датой, событием, автором. Как же это соотносится с предыдущим рассуждением? Очень легко согласуется: на практике момент совершения открытия неявно подменяется моментом его признания. То есть понятие открытия содержит не только объективные составляющие (доказательства открытия), но и субъективные (восприятие этих доказательств другими лицами). Мало просто открыть, надо это и убедительно для окружающих доказать.

По-видимому, это и является причиной основных трудностей при формулировании понятия «открытие химического элемента». Сколько бы мы ни выдвигали условий для объективной оценки открытия, без учета субъективной составляющей успеха достичь невозможно. Формулировка получается или слишком аморфной, что приводит к многочисленным трактовкам. Напомним образное выражение П. Вальдена: «Открытие сопоставимо с жизненно важными процессами или с живым организмом; у него есть история жизни с ритмически повторяющимися периодами развития...» Родители, как известно, не в состоянии указать момент, когда их дети стали взрослыми: в лучшем случае могут вспомнить, когда они это заметили. Для открытия так же трудно выделить главную фазу развития — они все необходимы. Другое дело, что различные типы открытий могут иметь неодинаковые стадии развития. Открытия, как и любой процесс, гораздо легче описать, чем сформулировать какие-либо правила или выявить закономерности. Имеет смысл отказаться от чрезмерно жестких «объективистских» формулировок понятия «открытие химического элемента» и пойти по пути поиска более общего выражения данного понятия.

Как известно, наиболее общие (формализованные) выражения для описания объектов, явлений и процессов в области естественных наук предлагает математика. Имея такое общее выражение, всегда можно подставить в него конкретное содержание и получить если и не абсолютно точные, то близкие к истине выводы. Целесообразно, по-видимому, использовать для наших целей представления о необходимых и достаточных условиях. «Необходимыми условиями утверждения A называют такие условия, без соблюдения которых утверждение A заведомо не может быть верным, а достаточными условиями утверждения A называются условия, при выполнении которых утверждение A заведомо верно» (БСЭ. 3-е изд. Т. 17. С. 461). Это означает,

что выполнение даже многих необходимых условий не обязательно гарантирует правильность нашего утверждения, в то время как соблюдение минимального числа достаточных условий обеспечивает его истинность. Таким образом, на практике для идентификации какого-либо объекта не обязательно определять все его необходимые характеристики, а можно обойтись строго ограниченным числом достаточных свойств. Применительно к химическому элементу для признания его индивидуальности в принципе **необходимо** установить его внешний вид, агрегатное состояние, значительный объем физико-химических констант и химических свойств, но ныне нам для бесспорной идентификации **достаточно** определить заряд ядра его атома (порядковый номер в периодической системе), который, разумеется, одновременно является и необходимым признаком любого элемента.

Представляется, что можно предложить для обсуждения следующее определение: «Открытие химического элемента — это реализация необходимых и достаточных условий, позволяющих достоверно идентифицировать новый элемент». Предлагаемая формулировка применима для всех случаев открытия химических элементов в историческую эпоху при условии решения вопроса о «достаточных условиях» в каждом конкретном случае отдельно.

Необходимые признаки каждого элемента объективны и стабильны, абсолютное большинство из них ныне известно с высокой точностью. Основные выводы об открытиях химических элементов строятся на анализе только этих данных, сделанном с современных позиций. Главное преимущество предлагаемого определения в том, что оно содержит «переменный член», поскольку «достаточные условия» для признания индивидуальности химического элемента существенно отличались на разных этапах развития науки. Это позволяет избежать модернизации нашего анализа, ввести определенную историческую поправку. Вспомним здесь же, что, скажем, возраст физической зрелости человека у разных народов и в разные исторические эпохи оценивался весьма различно. Таким образом, основная проблема в истории открытия какого-либо элемента сводится к решению вопроса, кто и когда представил доказательства существования нового элемента, необходимые и достаточные для его современников. Разумеется, это не исключает возможность ретроспективной переоценки значимости отдельных событий, подобно тому как это произошло с открытием Колумба.

Такой исторический подход одновременно учитывает и субъективный фактор в восприятии открытия. Понятие достаточности прямо связано с оценкой информации окружающими, с их уровнем знания о предмете. Так, в ответ на вопрос: «Кто идет по коридору?» — вы можете получить массу необходимых сведений о субъекте, включающих его вес, рост, цвет глаз, волос, тембр голоса, описание одежды, обуви и т. д. Однако если это ваш знакомый, то для опознания вполне достаточно одного признака — фамилии, в противном случае удастся лишь установить, мужчина это или женщина, и то — увы! — не всегда. Очевидно, что степень достаточности информации во многом определяется объемом предварительных знаний.

Наконец, данная формулировка отражает и «неодноактность» открытия, так как реализованные вначале условия могут быть необходимыми, но не достаточными для признания открытия нового элемента. Промежуток времени между получением только необходимых и до установления достаточных данных и определит длительность процесса открытия.

Критерии достаточности заметно менялись по мере повышения уровня естественнонаучных знаний. Еще в древности человек установил вполне достаточные (для своего времени) условия для определения индивидуальности золота (цвет, высокая плотность, практическая неизменяемость от внешних условий). Идентификация же ртути по плотности и внешнему виду при обычных условиях вообще-то вполне достаточна и для настоящего времени. Несомненно, имелись свои специфические признаки, позволявшие достаточно точно определять и остальные элементы древности.

В XVII в. Х. Бранд установил для открытого им нового элемента — фосфора совершенно необычное свойство — свечение. Его современникам этого оказалось вполне достаточно для признания открытия нового вещества, хотя в принципе разного рода светящиеся субстанции были известны и ранее. Ряд необходимых химических свойств, подтверждающих ныне индивидуальную природу полученного Брандом вещества, установил несколькими годами позже Р. Бойль. Тем не менее принято считать открытие фосфора первым точно датированным открытием химического элемента и автором его — Х. Бранда.

В XVIII в. химия вступила в период химико-аналитических методов, которые, невзирая на все более сильную конкуренцию, выносили окончательные суждения почти по всем химическим открытиям до первой трети XX в. По мере роста уровня знаний увеличивался набор необходимых показателей индивидуальности химических элементов и предъявлялись все более высокие требования к достаточности доказательств открытия нового элемента. В начале XIX в. Д. Дальтон ввел понятие атомного веса, определение которого довольно быстро стало одним из необходимых условий признания открытия нового элемента. Однако определить атомный вес удавалось лишь после установления основных химических свойств элемента, которые уже и сами по себе достаточно полно его характеризовали. Кроме того, ввиду больших погрешностей в определении атомный вес долгое время не мог быть достаточным доказательством индивидуальности нового элемента. Убедительно показано, что лишь к 1868 г. величина средней ошибки определения атомных весов стала меньше разности в весах двух соседних элементов [26, с. 39]. Реально же судить о достаточности идентификации любого элемента по атомному весу стало возможно только после открытия изотопии и внедрения в практику масс-спектрометрического анализа.

Следующие (хронологически) необходимые идентифицирующие признаки дала в распоряжение исследователей оптическая спектроскопия. Однако весьма продолжительное время и она не могла быть признана достаточным средством доказательства индивидуальности химического элемента. Создатели этого метода, Г. Кирхгоф и Р. Бунзен, сочли возможным определенно сообщить об открытии цезия и рубидия лишь после определения ряда их химических характеристик. Любопытная ситуация сложилась в истории открытия таллия, о существовании которого объявил В. Крукс в 1861 г., основываясь вначале лишь на спектральных данных. Когда же Крукс представил на Международную выставку 1862 г. образцы соединений нового металла, выяснилось, что среди экспонатов имеется уже металлический слиток таллия, полученный от французского химика К. Лами. В результате золотой медали за открытие нового элемента чуть было не удостоился последний. Крукс заявил решительный протест и был вынужден срочно представить дополнительные доказательства своего приоритета. В конце концов жюри выставки приняло соломоново решение: Крукс получил медаль за открытие нового элемента, а Лами — за приоритет в получении образца нового металла [27]. Здесь мы имеем официально зафиксированное свидетельство двух этапов одного открытия, осуществленных разными лицами с определенным интервалом.

Излагая историю открытия гелия на Солнце, мы упоминали и открытый позднее Н. Локьером короний. Сообщалось о выявлении в спектрах космических объектов и некоторых других неизвестных линий. Большинству из них рано или поздно находилось соответствие в спектрах конкретных элементов, другие же продолжали оставаться неопознанными, не привлекая, впрочем, чрезмерного внимания ученых. Открытие земного гелия в 1895 г. резко изменило ситуацию, значительно повысив доверие к данным спектрального анализа. Активизировались поиски корония в природных источниках. Астрофизики сообщали об открытии в спектрах туманностей и солнечной короны все новых линий, свидетельствующих о существовании неизвестных элементов (астерий, небулий, протоводород, префтор, арконий, протобериллий и т. п.) [7]. Пред-

полагалось, что это должны быть легкие элементы с различными атомными весами, включая дробные. Ни один из этих гипотетических элементов так и не был открыт, т. е. получившее заслуженную известность открытие гелия оказалось как раз не правилом, а исключением. Лишь в 20-х годах нашего века были объяснены те необычные линии, существование которых упорно подтверждали наблюдения астрофизиков. Работами Дж. Боуэна и других ученых было показано, что это линии давно известных элементов (главным образом кислорода и азота), находящихся в особых условиях (высокая степень ионизации, высокая температура, ничтожная плотность и т. д.) [28].

Исследование вполне земных объектов также нередко представляло для спектроскопистов серьезные трудности. Особенно много было их в очень сложной истории открытия и разделения редких земель. В. Крукс дважды (в 1899 и 1905 гг.) сообщал об открытиях новых редкоземельных элементов, которые так и не были подтверждены [18, с. 24—31]. Предложенный же им метод определения по спектрам флуоресценции лишь усугубил путаницу и был отвергнут. Создание теории спектров дало, наконец, спектральному анализу надежную основу для его утверждения в качестве достаточного условия идентификации элементов, но к этому моменту практически все элементы были уже открыты. Единственный случай, когда данные оптической спектроскопии привлекались в качестве серьезного аргумента в пользу сделанного открытия, имел место в истории открытия гафния [24, с. 27—35]. Во всех остальных случаях данные спектроскопии послужили лишь «индикаторами», а достоверность открытия доказывалась химико-аналитическими методами.

Открытие закона периодичности и разработка периодической системы дали в руки исследователей еще один убедительный признак индивидуальности любого элемента — его место в системе элементов. Однако долгое время этого условия было недостаточно. Размещение в системе многих элементов представлялось затруднительным (вспомним хотя бы редкие земли и благородные газы), что отнюдь не мешало ученым быть уверенными в их химической индивидуальности. Лишь отождествление заряда ядра атома с порядковым номером соответствующего элемента в системе и последовавшее за этим физическое обоснование периодической системы доказало необходимость и позволило констатировать достаточность этого признака для объективной идентификации химического элемента.

В 1913 г. голландский ученый А. Ван-ден-Брук высказал предположение, что последовательность элементов в системе зависит не от атомного веса (отступления от этого были известны со времени Менделеева), а от более фундаментального свойства — заряда ядра атома, величина которого и является естественным порядковым номером элемента [29, с. 84—85]. Тогда же Ф. Содди ввел представление об изотопии, позволившее объяснить существование совершенно идентичных по свойствам, но обладающих различными атомными весами разновидностей химических элементов [29, с. 93]. Завершающим звеном стала серия блестящих экспериментальных работ английского физика Г. Мозли, который в 1913—1914 гг. выявил прямую зависимость между величиной заряда ядра атома и длиной волны его характеристического рентгеновского излучения [29, с. 94—95, 97—98]. Эта величина получила обозначение Z и до настоящего времени является необходимым и достаточным признаком любого химического элемента. Однако на практике вскоре выяснилось, что вполне надежная идентификация методом рентгеновской спектроскопии на основании закона Мозли возможна лишь для уже известных химических элементов. «Исследование, которому было подвергнуто большинство линий почти всех известных элементов, показало, что линии Мозли не являются совершенно прямыми и имеют небольшую кривизну», — писала М. Кюри [30, с. 85]. Добавим, что кривизна увеличивается по мере роста значений Z , что является следствием изменения эффективного заряда ядер атомов (эффект экранирования). Это обстоятельство не позволяет с абсолютной точностью предварительно рассчитывать рентгеновские спектры неизвестных еще элементов.

В 1925 г. немецкие ученые В. Ноддак, И. Такке и О. Берг сообщили, что им удалось предсказать свойства и затем выделить неизвестные ранее элементы № 43 и 75 [5, с. 70—84]. Образцы новых элементов получить им не удалось, свойства их были описаны очень туманно, а главным аргументом в пользу достоверности открытий служило соответствие длин волн полученных рентгеновских спектральных линий рассчитанным авторами предварительно значениям. Это сообщение не получило подтверждения и весьма обоснованно опровергалось как зарубежными учеными, так и соотечественниками авторов [24, с. 68—80]. Лишь в 1928 г. В. Ноддак и И. Ноддак (Такке) сообщили о получении образца элемента № 75 (рения), однако из других минералов и другими методами. Тем не менее этот успех стал причиной своеобразной «реабилитации» более ранних, неподтвержденных сообщений об этом открытии. Логика же требует признать тогда истинным и сообщения об открытии элемента № 43 (мазурия), рентгеноспектральные свидетельства существования которого выглядели даже более надежными. Но факты таковы, что этот элемент оказался нестабильным и только в 1937 г. стало известно о синтезе элемента № 43 (технеция).

Мы вкратце остановились лишь на тех закономерностях и основанных на них методах, которые ныне представляются вполне фундаментальными и надежными. Несравненно большее число таковых раньше или позже выявляли свою нежизнеспособность и были забыты (вспомним хотя бы спектры фосфоресценции Крукса). Химики твердо следовали правилу: «Новые методы должны быть тщательно изучены на твердо установленных химических индивидуумах и только после установления деталей и пределов мощности новых методов последние могли быть применяемы к неизвестным веществам» [31]. Очевидно, что с момента построения периодической системы и до открытий Ван-ден-Брука и Мозли никто не мог предполагать, что, казалось бы, формальный признак элемента — его порядковый номер — несет в себе глубинный физический смысл. Да и подлинные номера элементов, как правило, не были известны, так что использовать их для идентификации не представлялось возможным. Химики, к сожалению, часто скептически расценивали попытки «нехимической» оценки элементов. Нельзя не вспомнить, что один из первых опытов систематики элементов по возрастанию атомного веса до Д. И. Менделеева вызвал саркастический вопрос аудитории: «А не пробовал ли автор классифицировать элементы по алфавиту?» [32]. Таким образом, те свидетельства признания открытия нового элемента, которые ныне ретроспективно оцениваются как необходимые и достаточные, как правило, не представлялись (да и не являлись) таковыми в глазах современников.

Возникновение нового метода исследования обычно связано лишь с открытием его основных принципов, за которым следовал длительный процесс детального теоретического обоснования, изучения пределов применимости и создания совершенной аппаратуры для достижения необходимой чувствительности. В итоге к моменту, когда полученные новым методом результаты начинали представляться вполне достаточными, доказывать обычно было уже нечего, ибо заведомо надежные и достаточные данные успевали получить традиционными способами.

Начала качественного химического анализа уходят своими корнями в глубокую древность. На рубеже XVII—XVIII вв. в химический анализ начинают проникать количественные определения, нашедшие глубокое обоснование в экспериментах М. В. Ломоносова и А. Лавуазье. К концу XVIII в. аналитическая химия располагала богатым арсеналом приемов и методов исследования [33]. Были разработаны методики испытаний неизвестных веществ, позволявшие получить большое число вполне определенных необходимых физико-химических характеристик, совокупность которых являлась достаточным доказательством открытия нового элемента. Период между 1775 и 1825 гг. был временем расцвета химико-аналитических методов и рекордным в истории химии 50-летием по числу открытых элементов [34, с. 217]. Постоянное совершенствование и рост

объема исследований в это время стимулировался потребностями металлургической промышленности, проявлявшей большую заинтересованность в изучении минерального сырья. Налет субъективизма в признании открытий этого периода отчетливо заметен. Скажем, открытие урана в 1789 г. прочно связано с именем немецкого химика М. Клапрота, хотя в 1841 г. француз Э. Пелиго показал, что выделенное ранее вещество являлось оксидом этого элемента [34, с. 56—58]. Очевидно, что представленные Клапротом доказательства существования нового элемента включали много необходимых признаков и были вполне достаточны для его современников. Последовавшее выделение металлического урана, так же как и многократные разделения редких земель [18, с. 101], уже не влияли на первоначальную оценку.

История открытия и изучения химических элементов убедительно показывает, что окончательное суждение об индивидуальности того или иного элемента всегда строилось на свидетельствах химического анализа и именно знание совокупности таких данных признавалось необходимым и достаточным условием его открытия. Данные всех других методов в лучшем случае служили «индикаторами», позволяли заметить нечто необычное и указывали направление химико-аналитическим исследованиям. Достаточность же первоначальных результатов признавалась только ретроспективно. Единственное исключение — это благородные газы, чья история связана почти исключительно с физическими исследованиями. Причиной тому — химическая инертность этих специфических представителей периодической системы. Добавим, что инертность — это сам по себе особый общий признак.

Невзирая на то что многие физические методы в настоящее время достигли высокой степени развития и позволяют надежно идентифицировать как известные, так и вновь синтезируемые элементы, методы их химической идентификации также продолжают совершенствоваться. «Возможность определения атомного номера химическими методами, независимо от ядерно-физической идентификации Z , представляется чрезвычайно важным моментом в такой серьезной задаче, как доказательство открытия нового элемента» [35]. В развитие этого тезиса группа сотрудников Объединенного института ядерных исследований разработала и успешно применила метод химической идентификации синтезированных сверхтяжелых элементов — термохроматографию в газовой фазе.

По мере усложнения экспериментальных методов все большее значение приобретало техническое совершенство применяемой аппаратуры. В случае спектрального анализа глубокие теоретические разработки Г. Кирхгофа в сочетании с высоким экспериментальным мастерством и отчетливым вкусом к техническому творчеству Р. Бунзена привели к созданию достаточно совершенного спектроскопа для лабораторного анализа. Однако Н. Локьер обнаружил линию гелия на Солнце уже благодаря использованию специально модифицированного прибора. Развитие метода нередко сводилось к совершенствованию аппаратуры. В этой связи весьма характерны сомнения, возникшие у многих современников при оценке чувствительности технических средств, использованных В. Ноддаком, И. Такке и О. Бергом на первом этапе работ по поиску элементов № 43 и 75 [24, с. 68—80]. Технические возможности иногда заведомо налагали запрет на вполне вероятное открытие. В частности, Г. Хевеши в 1925 г., после открытия гафния, интересовался исследованиями, которые и ранее могли выявить присутствие этого элемента. Случайно ему удалось получить образцы соединений циркония, которые в 1860 г. исследовал Ж. Мариньяк и не обнаружил никаких примесей. Хевеши установил, что в условиях экспериментов Мариньяка разность в растворимости двойных фторидов циркония и гафния, на которой основывалась попытка разделения, составляла около 1%. В то же время оборудование, использованное им, позволяло определять растворимость с точностью не выше 1,4% [24, с. 121—127]. Хевеши показал, что лишь несовершенство аппаратуры не позволило Мариньяку отделить новый элемент, концентрация которого в исследуемых образцах достигала 2%.

Несомненно, что понятие достаточности того или иного свидетельства открытия исторически было очень изменчиво (лабильно) и зависело от целого ряда исторических и психологических факторов. Сказывался и уровень теоретических знаний, и технические возможности, и даже такие субъективные моменты, как мастерство и известность того или иного ученого. Высокий авторитет Клапрота, безусловно, придавал особую весомость сообщениям о его открытиях. Даже последовавшее позже доказательство химической сложности его «урана» было воспринято не как «переоткрытие» элемента, а как следующий этап его изучения, т. е. развитие открытия. А в 1862 г. получение образца металлического таллия чуть было не позволило К. Лами претендовать на открытие нового элемента. И если бы не энергичные действия Крукса в защиту своего приоритета, трудно сказать, было ли бы его имя столь прочно связано с открытием таллия.

В связи с этим вспомним, что приоритетные споры вообще не редкость в истории науки. При всей их нередко внешней суетности, нельзя отрицать, что они представляют собой в определенной мере позитивное явление. «В соответствии с очень распространенным среди ученых взглядом, разделяемым также некоторыми историками науки, приоритетные споры следует рассматривать как неинтересные и несущественные — насколько это касается развития науки... Если бы этот взгляд был правилен, то, действительно, не было бы причин историку науки заниматься приоритетными дебатами, которые можно было бы благополучно оставить психологам или биографам. Однако в противоположность этому взгляду, множественные открытия и приоритетные споры в действительности играют важную и рациональную роль в прогрессе науки» [36]. Следует признать, что именно в ходе приоритетных дискуссий выявляются сильные и слабые положения принятых конфликтующими сторонами теорий и методик, а сама обстановка приоритетного конфликта (или даже такой возможности) заставляет соперников спешно проводить новые и все более углубленные исследования, доводы представляемые свидетельства открытия до признания их достаточными. Несомненно, что возможные претензии Лами серьезно обеспокоили Крукса и в значительной степени стимулировали его исследования в области химии таллия. Высказанные Менделеевым соображения по поводу неточностей в первых определениях свойств галлия вызвали явные (хотя и безосновательные) опасения Л. де Буабодрана за свой приоритет, чем побудили его немедленно провести более тщательное исследование и уточнить ранее опубликованные данные [23, с. 22—37]. Острая критика первых сообщений об открытии рения заставила Ноддаков искать все новые и новые доказательства своего открытия, которые в конце концов и были представлены. Безусловно, необходимость утверждения приоритета приводит к резкому увеличению количества, а главное, повышению качества представляемых доказательств.

Таким образом, приоритетные конфликты (там, где они имели место) являются неотъемлемой составной частью процесса открытия химического элемента, хотя и несут на себе зачастую повышенную эмоциональную окраску. Историк науки не имеет права с безразличностью от них отворачиваться, а обязан со всей тщательностью исследовать рациональное содержание этих дискуссий при помощи подробного анализа аргументации, содержащейся в оригинальных публикациях сторон. Подобный анализ может привести к самым неожиданным результатам. Так, возвращаясь к истории открытия рения, есть все основания полагать, что подлинное открытие этого элемента произошло в ходе попыток защитить полученные вначале ошибочные результаты [5, с. 70—84]. Сложившаяся же в историко-научной литературе картина открытия этого элемента представляет собой контаминацию самых разных событий, возникшую в результате своеобразной ретроэкстраполяции достигнутого позднее успеха. Исследование этого конфликта представляет самостоятельный интерес, но здесь, к сожалению, нет возможности уделить ему должное внимание [24, с. 44—89]. Повторим только, что анализ приоритетных дискуссий существенно уточняет

многие детали открытия, нередко ведет к переоценке отдельных положений, т. е. служит «демифологизации» истории науки.

Наряду с приоритетными конфликтами представляет определенный интерес анализ тех исследований, которые могли и раньше привести к открытию тех или иных элементов. Особенно много свидетельств о таких работах известно в связи с поисками элементов № 72 и 75 — хронологически последних стабильных представителей периодической системы элементов [24]. Некоторые из этих сообщений были обоснованно опровергнуты, по другим имеются довольно благоприятные заключения (например, работы Г. Хевеши по исследованию ряда «исторических» образцов), а иные и до настоящего времени представляют собой историко-научную загадку. Провести практическое исследование (проверку) таких сообщений о предполагаемых открытиях чрезвычайно затруднительно и вряд ли целесообразно. Тем не менее при наличии достаточной информации можно дать довольно точную оценку достоверности сделанных в прошлом открытий химических элементов. Метод такой формализованной оценки с использованием определенных «критериев достоверности» разработан нами ранее [24, с. 111—153].

Ученые, изучающие развитие современной науки, находятся в сравнительно благоприятных условиях — обширность исследований позволяет использовать статистические методы, как правило, есть возможность сравнивать результаты разных авторов и, главное, нередко можно прямо воспроизвести эксперимент. Всех этих возможностей в «чистом виде» историк науки обычно не имеет. Как можно по прошествии значительного времени и при существенном недостатке данных оценить достоверность сделанного в прошлом открытия с позиций современной науки? Так или иначе такую оценку приходится осуществлять в любом историко-химическом исследовании, причем выбор оцениваемых параметров весьма произволен и чрезвычайно широко варьируется. Представляется, что для оценки достоверности сделанных в прошлом предположительных открытий химических элементов был бы плодотворен комплексный подход к оценке всего процесса вероятного открытия с обязательным анализом ряда общих требований.

Вообще говоря, мы должны удостовериться в том, что путь, избранный ученым, и использованные им на этом пути средства могли привести к вполне определенной цели — открытию конкретного элемента. Для проведения такого ретроспективного анализа можно ограничиться проверкой соблюдения следующих фиксированных условий (критериев достоверности): 1) необходимо убедиться, что анализируемый материал действительно содержит данный элемент в концентрациях, достаточных для его выделения избранным методом; 2) предложенный автором исследования способ должен допускать выделение этого элемента в количестве и форме, пригодных для идентификации доступным ему методом; 3) описанные автором химические и физические свойства, установленные физико-химические константы должны в достаточной степени (в пределах допустимой ошибки) совпадать с известными ныне для идентифицируемого элемента и быть достаточно специфичными; 4) использованная в эксперименте аппаратура (методика) должна обеспечивать регистрацию этих параметров достаточно объективно и с необходимой точностью.

Практически все историки химии так или иначе применяют для исследования истории открытия химических элементов анализ соблюдения этих требований, и здесь не приходится претендовать на оригинальность. Новизна подхода состоит в создании системы таких требований, достаточно полно охватывающих сферу условий и признаков, необходимых для признания открытия химического элемента. Эта система позволяет в значительной степени формализовать и унифицировать оценку различных сообщений о вероятных открытиях одного и того же элемента, что дает возможность более объективно сопоставить имеющиеся данные. Представляется, что анализ с использованием предложенных критериев может стать довольно эффективным методом, т. е. «инструментом» историко-научного исследования.

Естественно, что результаты такого анализа сами по себе не могут быть основанием для каких-либо приоритетных претензий, а представляют сугубо историко-научный интерес, являясь составной частью предварительной стадии открытия того или иного элемента, его предысторией. Предложенные критерии позволяют в основном судить о том, являлись ли опубликованные данные необходимыми признаками нового элемента. По аналогии с эволюционным развитием в биологии можно утверждать, что и в истории открытия химических элементов имели место аномалии, развитие по боковым и тупиковым путям. К сожалению, основное внимание историков науки привлекают «результативные» исследования, в то время как прогресс науки в целом обеспечивался всем процессом научных исследований, в том числе и тех, которые не принесли видимых плодов. Еще в начале XX в. В. И. Вернадский писал: «Самый характер истории науки, по существу, отличает ее от истории других течений культуры. Ибо в истории науки ход ее современного развития заставляет искать и видеть в прошлом то, о чем и не догадывались прежние исследователи... Необходимо вновь научно перерабатывать историю науки, вновь исторически уходить в прошлое, потому что благодаря развитию современного знания в прошлом получает значение одно и теряет другое. Каждое поколение научных исследователей ищет и находит в истории науки отражение научных течений своего времени. Двигаясь вперед, наука не только создает новое, но и неизбежно переоценивает старое, пережитое» [37, с. 217—218].

Редкий пример такой переоценки, происшедшей через довольно значительное время, но еще при жизни одного поколения, дает нам неоднократно уже упомянутая история открытия гелия на Солнце. Признак элемента, считавшийся лишь одним из необходимых, вдруг был осознан как достаточный. Если бы эти два события произошли вскоре одно после другого, вряд ли бы это произвело такое впечатление на современников, так как выглядело бы как обычное развитие открытия (по схеме: обнаружение по специфическому свойству — выделение). Большой промежуток времени значительно усилил бы независимости этих событий в сознании современников (аналогично констатации существования «радикала плавиковой кислоты» в XVIII в. и выделения свободного фтора А. Муассаном в 1886 г.). Случай с гелием является исключительным в истории открытий химических элементов и убедительно подчеркивает субъективный, психологический момент в оценке достоверности, т. е. признании сделанного открытия. Можно предположить, что имели место и другие сообщения об открытиях элементов, которые не выглядели достоверными в глазах современников и со временем были забыты.

Даже первоначальное знакомство с историей открытия химических элементов позволяет утверждать, что количество сообщений об обнаружении неизвестных элементов более чем в два раза превышает число всех известных элементов периодической системы [7, 38]. Очевидно, что значительная часть этих сообщений не имеет отношения к открытиям реально существующих химических элементов. Об ошибках при обнаружении гипотетических элементов в ходе астрофизических исследований уже упоминалось ранее. Значительное число других сообщений было убедительно опровергнуто контрольными исследованиями или самими авторами. Имеются, однако, публикации о работах, дальнейшая судьба которых неизвестна, хотя приведенные авторами данные представляют несомненный интерес. Анализ таких сообщений затруднителен и осуществляется крайне редко, хотя может привести к неожиданным результатам.

В ходе исследования истории открытия рения и гафния автору пришлось столкнуться с целым рядом подобных неподтвержденных сообщений [24]. Анализ некоторых из них с использованием приведенных выше критериев достоверности показал довольно высокую вероятность более раннего обнаружения элементов № 72 и 75, чем зафиксированные даты их открытия. В частности, сообщение русского исследователя С. Ф. Керна об открытии металла «девения» в 1877 г. с большой долей вероятности можно соотнести с открытием ре-

ния [5, с. 80—82]. Большинство описанных им свойств могут быть объяснены с точки зрения современных представлений о химических свойствах рения. К сожалению, Керн использовал весьма редкое сырье — сырую платину с о. Борнео, запасы которой давно исчерпаны, а сохранившиеся образцы представляют музейную редкость. В такой ситуации не удалось использовать современные методы для проверки присутствия рения в исходном материале.

Рассмотренный нами фактический материал, по-видимому, достаточно убедительно демонстрирует, что открытие химического элемента следует рассматривать как целостный процесс, протекающий в определенном временном интервале. Равно существенное значение имеет изучение всех стадий этого процесса в общем историческом контексте развития науки и техники. Вопрос же о точной датировке открытия конкретного химического элемента зачастую имеет чисто историческое значение. Объективно можно считать началом открытия момент, когда исследователь по любым доступным ему признакам заподозрил присутствие неизвестного элемента в каком-либо объекте, если впоследствии это предположение подтвердилось. Результатом процесса открытия является, по-видимому, вся совокупность знаний о химическом элементе, которой мы располагаем в настоящее время. О завершении же открытия говорить вообще затруднительно: можем ли мы быть уверены, что в настоящий момент установлены все свойства любого элемента? Вспомним хотя бы уран. В 1789 г. М. Клапрот выделил соединение, в 1841 г. Э. Пелиго получил металл, в 1896 г. А. Беккерель обнаружил его радиоактивные свойства, в 1938—1939 гг. О. Ган и Ф. Штрассман выявили, а О. Фриш и Л. Мейтнер объяснили способность его ядра делиться под действием нейтронов. Каждое событие отстоит от предыдущего примерно на полстолетия. Вряд ли можно рассчитывать и сейчас, что нам известны все возможные свойства и тем самым завершены все открытия химических элементов. Скорее можно предполагать выявление чего-то принципиально нового и непредсказуемого в их поведении и строении. Правильнее, видимо, констатировать завершение открытия на конкретном историческом этапе, имея в виду и возможность его дальнейшего развития.

Суммируя изложенное, можно заключить, что не может быть плодотворной попытка построения истории открытия химического элемента на анализе какой-то отдельной, результативной фазы («собственно открытия»). На практике большинство исследователей так или иначе упоминают различные стадии открытий многих элементов [11, 34], однако крайне редко такие описания можно считать исчерпывающими. Отбор и оценка событий достаточно произвольны, критерии фиксации «момента открытия» неочевидны. Для преодоления некоторых этих объективных трудностей и предлагается ввести упомянутое уже определение понятия «открытие химического элемента» по признаку реализации необходимых и достаточных доказательств его существования, а также анализ достоверности предполагаемых открытий по предложенным критериям достоверности. Еще раз подчеркнем, что это — методические приемы, инструменты в руках добросовестного историка науки. Полученные таким путем выводы не ведут к изменению исторических реалий, а лишь позволяют существенно упорядочить картину, полученную с привлечением максимально возможного числа оригинальных источников.

Задача эта остается актуальной, так как история открытия многих элементов до сих пор является недостаточно полной, а в некоторых случаях, возможно, и мифической. Выше вкратце излагалась, например, история открытия кадмия. С «узловыми точками» этой истории автору пришлось познакомиться по первоисточникам в связи с другим исследованием, однако даже беглое знакомство выявляет определенное различие с «канонической» картиной этого открытия. Кроме того, желательна более тщательная оценка участия в этом процессе еще по крайней мере двух ученых. Пример этот отнюдь не единичен.

Приходится констатировать, что применительно к химическим элементам нам гораздо лучше известна «результативная составляющая», а не процесс

открытия в целом. Не исключено, что сходные ситуации имеют место и в других областях знаний. Предложенные выше методы историко-научного анализа при условии необходимой модификации, возможно, могут быть использованы и при исследовании иных объектов. Лишь полная картина процесса открытия позволит выявить его «структуру, динамику и механизмы», за отсутствие которых зачастую упрекают историков науки.

В настоящей статье сделана попытка несколько упорядочить и унифицировать методику историко-научного анализа на заведомо ограниченном материале — истории открытий химических элементов. Тем не менее логика рассмотрения вопроса заставляла нас периодически обращаться к иным открытиям, чаще в области физики, техники, оказывавшим существенное влияние на прогресс в интересующей нас области. «Ускорение развития науки, вызываемое различными типами открытий, состоит главным образом в том, что одно открытие, как правило, рождает цепь других открытий данного типа и открытий другого типа. Так, появление нового метода исследования ведет к обнаружению новых закономерностей и создает серьезный стимул для теоретического развития: утверждение в науке новой теории ведет к значительному расширению поля исследований, к разработке новых методов исследования и т. п.» [39, с. 147]. Этот вывод известного советского историка науки убедительно подтверждается всем приведенным выше фактическим материалом, и им целесообразно завершить данный этап изучения проблемы открытий химических элементов.

Список литературы

1. Микулинский С. Р., Ярошевский М. Г. Психология научного творчества и науковедение // Научное творчество. М., 1969. С. 5—22.
2. Кедров Б. М. О теории научного открытия // Там же. С. 23—94.
3. Популярная библиотека химических элементов. Кн. I. М., 1983.
4. Альтшулер С. В. Когда же был открыт гелий? // Природа. 1968. № 9. С. 88—90.
5. Открытие химических элементов: специфика и методы открытия. М., 1980.
6. Lockyer J. N. The story of helium // Nature. 1896. V. 53. P. 319—322, 342—346.
7. Мельников В. П. Ошибки в истории открытий химических элементов // ВИЕТ. 1980. № 1. С. 102—109.
8. Lockyer J. N. Studies of spectrum analysis. L., 1878.
9. Соловьев Ю. И., Петров Л. П. Вильям Рамзай. М., 1971.
10. Гумилев Л. Н. Этнос: мифы и реальность // Дружба народов. 1988. № 10. С. 218—231.
11. Фигуровский Н. А. Открытие химических элементов и происхождение их названий. М., 1970.
12. Кедров Б. М., Трифонов Д. Н. Закон периодичности и химические элементы. М., 1969.
13. Трифонов Д. Н. Об открытии химических элементов // ЖВХО им. Д. И. Менделеева. 1977. Т. 22. С. 629—639.
14. Rancke-Madsen E. The discovery of an element // Centaurus. 1975. V. 19. № 4. P. 299—313.
15. Столетов А. Г. Р. Кирхгоф // Природа. 1873. Кн. 2. С. 174—199.
16. Менделеев Д. И. К познанию России // Сочинения. Т. 21. М.; Л., 1952. С. 383—534.
17. Алимарин И. П., Ушакова И. Н. История открытия ниобия и тантала // Тр. ИИЕТ АН СССР. Т. 30. М., 1960. С. 15—28.
18. Трифонов Д. Н. Редкоземельные элементы и их место в периодической системе. М., 1966.
19. Петросян А. Г. История открытия галогенов и их кислородных соединений: Дис. ... канд. хим. наук: 07.00.10. М.: ИИЕТ АН СССР, 1983. С. 71—83.
20. Мельников В. П. Щелочноземельные металлы и подгруппа цинка. М., 1977.
21. Неницеску К. Общая химия. М., 1968.
22. Джуа М. История химии. М., 1975.
23. Кедров Б. М., Прогнозы Д. И. Менделеева в атомистике. Неизвестные элементы. М., 1977.
24. Мельников В. П. История открытия и изучения гафния и рения: Дис. ... канд. хим. наук: 07.00.10. М.: ИИЕТ АН СССР, 1975.
25. Бутлеров А. М. Юлий Федорович Фришце // Сбор. соч. Т. 3. М., 1958. С. 81—94.
26. Лисневский Ю. И. Атомные веса и возникновение ядерной физики. М., 1984.
27. Кривомазов А. Н., Харитонова А. Н. История открытия таллия: В. Крукс или К. Лами? // ВИЕТ. 1985. № 1. С. 118—124.
28. Вавилов С. И. Спектр небуля и устойчивость атомных состояний // Научное слово. 1928. № 6—7. С. 3—22.
29. Трифонов Д. Н., Кривомазов А. Н., Лисневский Ю. И. Учение о периодичности и учение о радиоактивности. М., 1974.
30. Кюри М. Радиоактивность. М.; Л., 1947.
31. Раковский А. В. Об открытии химических элементов // Научное слово. 1929. № 3. С. 3—28.

32. *Newlands J.* On the discovery of the periodic law and the relations among the atomic weights. L., 1884. P. 18—19.
33. *Сабадвари Ф., Робинсон А.* История аналитической химии. М., 1984.
34. *Трифонов Д. Н., Трифонов В. Д.* Как были открыты химические элементы. М., 1980.
35. *Звара И.* Роль прогнозирования в химической идентификации элементов с $Z > 103$ // Прогнозирование в учении о периодичности. М., 1976. С. 92—115.
36. *Kragh H.* Anatomy of priority conflict: the case of element 72 // *Centaurus*. 1980. V. 23. P. 275—301.
37. *Вернадский В. И.* Из истории идей // Избранные труды по истории науки. М., 1981. С. 214—227.
38. *Karpenko V.* The discovery of supposed new elements: two centuries of errors // *Ambix*. 1980. V. 27. Pt 2. P. 77—102.
39. *Родный Н. И.* Некоторые аспекты проблемы научных открытий // Научное творчество. М., 1969. С. 143—166.

Г. Е. ГОРЕЛИК

ФИЗИКА УНИВЕРСИТЕТСКАЯ И АКАДЕМИЧЕСКАЯ

В истории советской физики наибольшее социально-идеологическое давление научное сообщество испытало в конце 40-х — начале 50-х годов. Главные события этого периода — подготовка Всесоюзного совещания физиков в 1949 г.; выход в 1952 г. философского «зеленого сборника» [1] и «дело Манделъштама», завершившееся в 1953 г. решением ученого совета ФИАН осудить философские ошибки Л. И. Манделъштама [2, 3].

В жизни физического сообщества этого периода важную роль играло противостояние физиков МГУ и физиков из Академии наук. Весьма выразительно это противостояние характеризуется двумя документами, приводимыми ниже.

Два пространных письма, адресованные в высокие инстанции и датированные 1947 и 1953 гг., сами по себе достаточно ясно говорят о времени и об авторах. Поэтому предварительно приведем только краткие биографические сведения, а обсуждение отложим до того, как ознакомимся с документальными свидетельствами.

Автор первого письма, Сергей Тихонович Конобеевский (1890—1970), родился в Петербурге. Его отец (фабрикант) с семьей не жил. В 1895 г. мать вышла замуж за Т. Я. Конобеевского — бухгалтера Московско-Казанской железной дороги. С. Т. Конобеевский учился во II Московской гимназии (1900—1908 гг.) и в 1908—1913 гг. на физико-математическом факультете Московского университета (окончил естественное отделение по специальности «физиология животных», дипломная работа фактически относилась к биофизике — прохождение сигнала по нерву). В 1914—1918 гг. был на германском фронте. Работать в области физики начал в 1919 г. в Институте К. Маркса (ныне — им. Плеханова). В середине 20-х годов под его руководством в МГУ началась научная работа и подготовка специалистов в области рентгенографических исследований твердых тел. В декабре 1946 г. избран членом-корреспондентом АН СССР [4, 5].

Автор второго письма, Александр Саввич Предводителев (1891—1973), родился в крестьянской семье в Рязанской губернии. Учился в сельской школе, затем в уездном училище и, наконец, в рязанской гимназии. В 1911—1916 гг. учился на физико-математическом факультете Московского университета, где с 1915 г. работал и с 1919 г. преподавал. С 1930 г. заведовал кафедрой тепловых явлений, член-корреспондент АН СССР с 1939 г. Был директором Научно-исследовательского института физики МГУ (НИИФ) и деканом физи-