

## Происхождение актиния.

- 1) *Otto Hahn und Lise Meitner*. Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer, Phys. ZS. 19, 208, 1918.
- 2) *Otto Hahn und Lise Meitner*. Über das Protactinium und die Lebensdauer des Actiniums. Phys. ZS. 20, 127, 1919.
- 3) *Otto Hahn und Lise Meitner*. Der Ursprung des Actiniums. Phys. ZS. 20, 529, 1919.
- 4) *Otto Hahn*. Protactinium, seine Lebensdauer und sein Gehalt in Uranmineralien. [Vorträge der 86 Naturforschersammlung in Nauheim vom 19—25 September 1920. Phys. ZS. 21, № 21/22, 1920].

Как показали исследования *Boltwood*'а<sup>1)</sup> и *Fussler*'а<sup>2)</sup>, отношение содержания актиния и урана в минералах приблизительно постоянно. Отсюда можно вывести заключение, что ряд актиния находится в генетической связи с рядом урана. Однако невозможно поместить *Ac* в главный ряд урана, так как отношение активностей (по  $\alpha$ -лучам) *Ac* и *U* в минералах, как показал *Boltwood*<sup>1)</sup>, значительно меньше, чем должно бы было быть в случае прямой генетической связи. Поэтому было высказано предположение, что актиний является побочным продуктом в ряде урана, т. е. что один из членов этого ряда распадается таким образом, что большая часть его атомов превращается в дальнейшие элементы главного ряда, а остальные дают начало ряду актиния.

Всего естественнее является предположение, что *Ac* происходит от *UY*, который несомненно является побочным продуктом в ряде урана, и связь которого с ураном доказана непосредственными наблюдениями. Однако *UY* не может быть непосредственным предком *Ac*, так как между ураном и актинием должен находиться промежуточный элемент большой продолжительности жизни, ибо образования актиния в солях урана непосредственно доказать не удавалось.

Первая из реферируемых работ посвящена отысканию этого промежуточного звена между ураном и актинием.

Актиний помещается в 3-й группе менделеевской системы и по закону смещения<sup>3)</sup> может быть продуктом распада элемента 2-й группы, дающего  $\beta$ -лучи или элемента 5-й группы, дающего  $\alpha$ -лучи<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Amer. Journ. Sc. 25, 269, 1908.

<sup>2)</sup> Phys. Rev. 9, 142, 1917.

<sup>3)</sup> Закон смещения состоит в том, что выбрасывание  $\alpha$ -частицы смещает элемент на две группы влево в том же ряду периодической системы; а выбрасывание  $\beta$ -частицы смещает элемент на одну группу вправо.

<sup>4)</sup> Ни один из известных радиоэлементов ряда урана не может непосредственно превращаться в актиний. Из элементов 2-й группы в ряде урана имеется лишь *Ra*, дающий как  $\alpha$ , так и  $\beta$ -лучи. Но тщательные опыты *Fajans*'а, *Soddy* и других исследователей доказали, что актиний не образуется из *Ra* или одного из дальнейших членов ряда.

Единственный известный элемент 5-й группы (в начале ряда урана) брейвий (*UX<sub>2</sub>*) также не может быть непосредственным предком актиния, т. к. обладает малой продолжительностью жизни и не дает  $\alpha$ -лучей.

Вероятная связь актиния с  $U\ Y$  заставляет обратиться к поискам предка актиния в 5-й группе (т. к.  $U\ Y$  находится в 4-й группе и дает  $\beta$ -лучи, продуктом его дезинтеграции должен быть элемент 5-й группы).

Так как по химическим свойствам предок актиния должен быть подобен танталу, *Hahn* и *Meitner* попытались выделить новый элемент из остатков от растворения урановой руды в азотной кислоте, состоящих, главным образом, из кремнекислоты. К такому остатку прибавлялось небольшое количество калийной соли танталофтористоводородной кислоты, и из смеси путем обычных химических операций выделялись  $Ta$  и сходные с ним элементы. Полученный в результате осадок, состоявший главным образом из смеси танталовой и ниобиевой кислот, действительно заключал в себе новый радиоэлемент, испускающий  $\alpha$ -частицы, которому было дано название „протактиний“ (химический символ  $Pa$ ).

Путем переработки большого количества остатков от заводской обработки урановой руды было выделено 73 mgr вещества, богатого  $Pa$ .

Пользуясь сильным препаратом, авторы реферируемых работ измеряли по методу *Kleeman*'а и *Bragg*'а величину пробега  $\alpha$ -лучей  $Pa$ . Эта величина оказалась равной 3,34 см. (при  $0^\circ$  и 760 мм. давления). Точность определения оценивается авторами в 1—2%.

Знание величины пробега  $\alpha$ -частиц позволяет вычислить приблизительно продолжительность жизни протактиния.

Между константой распада  $\lambda$  и пробегом  $\alpha$ -лучей  $R$  радиоэлементов существует, как показали *Geiger* и *Nuttall* <sup>1)</sup>, следующее соотношение:

$$\log \lambda = A + B \log R,$$

где  $A$  и  $B$  постоянны для каждого радиоактивного ряда. Значение констант  $A$  и  $B$  для ряда актиния нам точно не известно. Если принять крайние значения, полученные *Meyer*'ом и *Paneth*'ом <sup>2)</sup>, то период полураспада протактиния будет равен 1.200 лет или 180.000 лет.

Образование актиния из протактиния было доказано непосредственно двумя способами.

1) Наблюдалось увеличение с течением времени количества эманации актиния, увлекаемой током воздуха из препарата протактиния. Количество эманации увеличивалось согласно закону, отвечающему ходу распада в ряде актиния.

2) Исследовалось изменение с течением времени количества активного налета, оседавшего на заряженной отрицательно металлической пластинке, помещаемой на известное время близ препарата протактиния. Полученный налет обладал всеми свойствами активного налета актиния, и количество его, оседавшее на пластинке, увеличивалось по тому же закону, как и количество эманации.

Вновь открытый элемент  $Pa$  является изотопом  $U\ X_2$ , бывшего единственным представителем соответствующей „плеяды“ и получившего поэтому особое название бревия. Так как принято считать типичным для данной плеяды наиболее долговечный изотоп, то протактиний должен занять место  $U\ X_2$  (порядковый номер 91).

Вторая и третья из реферируемых работ посвящены определению продолжительности жизни актиния и отношения актиния и урана в минералах.

Определение продолжительности жизни актиния произведено было двумя способами. Вследствие накопления актиния и продуктов его распада, дающих  $\alpha$ -лучи, первоначальная активность препарата  $Pa$  растет с течением времени. Из кривой роста можно найти период полураспада актиния.

<sup>1)</sup> Phil. Mag. 22, 613, 1911; 23, 439, 1912.

<sup>2)</sup> Wien. Ber. 123, 1453, 1914.

Уменьшение с течением времени активности препарата актиния также позволяет определить период полураспада. Тот и другой метод дали согласные результаты, и период полураспада актиния был определен в 20 лет с точностью до 10%. *Soddy* и *Cranston*<sup>1)</sup>, независимо выделившие *Pa*, названный ими экзактантл (*UZ*), нашл для периода полураспада актиния 3460 лет. *Hahn* и *Meitner* объясняют полученное разногласие несовершенством метода выделения, примененного *Soddy* и *Cranston*'ом.

В последней работе *Hahn* и *Meitner* определяют отношение *Pa/U* в австрийской урановой руде. Так как протактиний превращается непосредственно в актиний, найденное отношение выражает в то же время отношение *Ac/U*. Определение при помощи *Pa* дает следующие преимущества:

1) Выделение *Pa* из минерала можно выполнять более совершенно, чем выделение *Ac*.

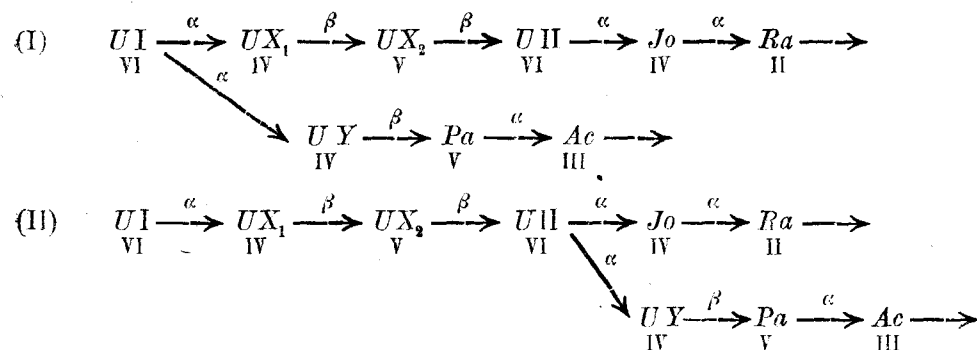
2) Выделенный *Pa* можно немедленно сращивать по  $\alpha$ -лучам с ураном, тогда как в случае актиния нужно ждать несколько месяцев достижения радиоактивного равновесия, так как сам актиний не дает  $\alpha$ -лучей.

Протактиний выделялся из руды тремя различными способами<sup>2)</sup> и сравнивался с ураном по  $\alpha$ -лучам, принимая во внимание все нужные поправки. Полученные для разных препаратов числа вполне согласны между собой (отклонения менее 10%).

В результате *Hahn* и *Meitner* нашли, что в ряде урана отщепляется на актиний не 8%, как принималось до сих пор, а только 3%. Измеренная *Hahn* и *Meitner* величина несомненно более близка к истине в виду упомянутых преимуществ метода. Полученная величина хорошо согласуется с принятой для *UY* величиной 2,1%, характеризующей отношение, в котором происходит разветвление в ряде урана.

Полученный авторами реферлируемых работ материал дает возможность следующим образом представить превращения в ряде урана.

А priori равно вероятными являются две схемы:



Следующие соображения говорят в пользу схемы (II).

Если изобразить графически связь между пробегом и продолжительностью жизни для рядов урана и актиния, то, как показали *Meyer* и *Paneth* (l. c.), прямая, характеризующая ряд актиния, пересекается с прямой ряда урана близ *UII*.

Правило *Fajans*'а, связывающее атомный вес изотопов с продолжительностью жизни<sup>3)</sup>, показывает, что члены ряда актиния лучше всего укла-

1) Proc. Roy. Soc. London A. 94, 384, 1918.

2) Подробности см. Chem. Ber. 52, 1812, 1919.

3) Правило *Fajans*'а: внутри пляды продолжительность жизни изотопов, излучающих  $\alpha$ -частицы убывает с убыванием атомного веса; а продолжительность жизни изотопов, излучающих  $\beta$ -частицы возрастает с уменьшением атомного веса.

дываются в периодическую систему, если принять для атомного веса  $Ac$  число 227. В таком случае ответвление должно происходить у  $U_{II}$ , так как излучение  $\alpha$ -частицы понижает атомный вес элемента на 4 единицы, а атомный вес  $UI = 238,2$ .

На съезде естествоиспытателей в Naucheim'e 19—25 сентября 1920 г. *О. Hahn*'ом была доложена работа, доказавшая экспериментально образование  $Ac$  из  $U$ . Было произведено определение количества  $Ra$  в старых солях  $U$ . Соли урана, приготовленные обычными способами, первоначально свободны от  $Ra$ . Так как отношение активностей  $U$  в  $Ra$  в равновесии известно, то по величине активности  $Ra$ , выделенного из соли  $U$  известного возраста можно непосредственно определить период распада  $Ra$ .

Были исследованы три соли  $U$  возрастом от 20 до 60 лет. Результаты получились вполне согласные между собой, и величина средней продолжительности жизни  $Ra$  в среднем оказалась равной 12.000 лет. Отсюда легко вычислить отношение количеств  $Ra$  и  $U$  в равновесии:

$$\frac{0,03 \cdot 12 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3} = 7,2 \cdot 10^{-3}.$$

1 тонна  $U$  содержит 72 *mgr*  $Ra$  (соотв. количество  $Ra = 330$  *mgr*). При технической обработке урановой руды большое количество  $Ra$  остается в отбросах. Автором реферируемой работы ведутся исследования по выделению  $Ra$  из таких отбросов, и он высказывает надежду, что со временем  $Ra$  будет получен как новый химический элемент.

Непосредственное определение атомного веса  $Ra$  даст возможность окончательно установить связь актиния с рядом урана.

*В. Баранов.*