

Академик В. Г. ХЛОПИН и Э. К. ГЕРЛИНГ

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА МИНЕРАЛОВ

Еще десять лет тому назад, когда одному из нас пришлось выступать на XVII Международном геологическом конгрессе в Москве (1) по вопросу об определении абсолютного геологического возраста, единственным природным процессом, удовлетворяющим всем требованиям, которые мы должны предъявлять к процессу, опираясь на который мы можем построить метод для определения абсолютного геологического возраста, являлся процесс радиоактивного распада химических элементов.

Мысль положить именно этот процесс в основу исчисления абсолютного геологического возраста принадлежит еще Пьеру Кюри, хотя в более конкретной форме она впервые высказана знаменитым английским физиком Э. Резерфордом и его учеником Болтвудом. В 1940 г. советскими физиками К. А. Петржаком и Н. Г. Флеровым был, однако, открыт другой процесс — процесс самопроизвольного деления урана (2), который при дальнейшем его изучении, казалось, мог бы удовлетворять, так же как и процесс радиоактивного распада, требованиям, предъявляемым к процессу, который лежит в основе методов определения абсолютного геологического времени или возраста. До 1946 г., однако, об этом новом процессе мы знали слишком мало для того, чтобы определенно ответить на высказанное выше предположение. Было известно только, что он протекает во много раз медленнее, чем обычный радиоактивный распад урана, что период полураспада для самопроизвольного деления около $4 \cdot 10^{16}$ лет, что при этом, так же как и при процессе деления урана под действием медленных нейтронов, возникает нейтронное излучение и образуются тяжелые осколки ядра, химическая природа которых оставалась, однако, неизвестной. В 1946 г. авторам настоящей работы удалось показать (3), что при самопроизвольном делении урана образуются те же самые продукты деления, что и при делении урана на медленных нейтронах, и в тех же примерно относительных количествах. Далее удалось показать, что среди продуктов самопроизвольного деления урана имеются устойчивые, дальше не разлагающиеся, а с течением времени накапливающиеся в минералах продукты, например, газ ксенон. Кроме того, в 1946 г. молодому советскому физика Н. А. Перфилову удалось более точно определить константу самопроизвольного деления урана и установить, что наряду с ураном такой же процесс самопроизвольного деления претерпевает и торий, только скорость процесса его деления еще почти на порядок меньше, чем у урана, и точная константа этого процесса пока еще не могла быть определена. Кроме того, авторам настоящей статьи удалось (3), опираясь на данные К. Петерса и К. Вейля (4), разработать метод количественного опре-

деления малых количеств ксенона в минералах и сконструировать соответствующий прибор.

Таким образом, в настоящее время можно предложить принципиально новый метод определения абсолютного геологического возраста урановых минералов по отношению заключающегося в минерале ксенона к урану в нем. В основе этого нового метода определения абсолютного геологического возраста лежит процесс самопроизвольного деления урана, который, так же как и радиоактивный распад, должен протекать с постоянной и неизменной скоростью в термодинамических условиях нашей земной коры. Для вычисления абсолютного геологического возраста в годах на основании отношения ксенона к урану надо пользоваться следующей формулой:

$$t = \frac{1}{\lambda_{\alpha}} 2,30 \log_{10} \left[\frac{Xe}{A \frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\alpha}} N_1} + 1 \right]$$

В этой формуле λ_{α} — постоянная α -распада урана, равная $1,52 \cdot 10^{-10}$ в год; λ_{β} — постоянная самопроизвольного деления урана, равная $5,1 \cdot 10^{-17}$ в год (по данным Н. А. Перфилова); Xe — количество ксенона, содержащегося в навеске минерала, выраженное в атомах; N_1 — количество урана, содержащегося в навеске минерала, выраженное в атомах; A — постоянный коэффициент, показывающий, какая часть всех актов самопроизвольного деления приводит к образованию устойчивого ксенона; по новейшим данным (*), $A = 0,19$.

Учитывая, однако, некоторую потерю ксенона минералом в течение геологического времени его существования и то обстоятельство, что при современном состоянии методики определения малых количеств ксенона в минералах пока для определения геологического возраста по этому новому методу можно будет пользоваться лишь очень богатыми ураном минералами, для практических целей более правильные значения геологического возраста получаются, если для A принимать более старое значение, предложенное Андерсеном, Ферми и Гроссе (*), равное 0,14. Окончательная формула для определения абсолютного геологического возраста на основании отношения ксенона к урану примет, таким образом, следующий вид:

$$t = \frac{1}{\lambda_{\alpha}} 2,30 \log_{10} \left[\frac{Xe}{0,14 \frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\alpha}} N_1} + 1 \right]$$

Авторы настоящей статьи произвели определение абсолютного геологического возраста по этому новому методу для образца минерала уранинита (3), исходя из навески минерала ~ 350 г, и получили для этого возраста значение, равное $1,68 \cdot 10^9$ лет, во вполне удовлетворительном согласии с ранее найденным одним из нас для того же минерала на основании отношения свинца к урану возрастом $1,85 \cdot 10^9$ лет (7).

Несомненно, что, опираясь на процесс самопроизвольного деления урана, в дальнейшем можно будет предложить еще и другие методы определения геологического возраста, так как ксенон является не единственным устойчивым продуктом самопроизвольного деления, а по аналогии с делением урана на медленных нейтронах следует ожидать, что будут найдены и другие устойчивые продукты самопроизвольного деления урана, например криптон, барий, иод и др. Ксенон был нами избран потому, что его качественное и количественное определение в минерале проще и чувствительнее, чем других

элементов, накопление которых мы вправе были ожидать, и, кроме того, — и это особенно важно — выход ксенона при делении урана относительно выше, чем других продуктов деления. Далее хотелось бы подчеркнуть, что хотя при настоящем состоянии наших знаний процесс самопроизвольного деления тория еще и не может быть использован для построения метода определения абсолютного геологического возраста, совершенно несомненно, что при дальнейшем изучении этого процесса и определении химической природы продуктов самопроизвольного деления тория и этот процесс может быть использован с интересующей нас целью. Наконец, необходимо в заключение подчеркнуть, что предлагаемый в настоящей статье новый метод определения абсолютного геологического возраста пока будет иметь более принципиальное, нежели практическое значение, так как определение гелия пока значительно чувствительнее и проще, чем определение ксенона, однако дальнейшее усовершенствование методики определения малых количеств ксенона в смеси газов и повышение ее чувствительности вполне возможно, и мы особенно много ожидаем в этом отношении, также как и для изучения геохимии благородных газов вообще, от применения с этой целью масс-спектрографа в качестве прибора для анализа газов, наподобие того, как это сделано в Америке в применении к анализу углеводородных газов⁽⁸⁾. В этом направлении мы и поведем сейчас работу, и тогда этот новый метод определения абсолютного геологического возраста может превратиться в будущем в практический метод определения абсолютного геологического возраста урановых минералов, а в дальнейшем, по всей вероятности, и ториевых минералов.

Поступило
2 X 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Г. Хлопин, Сб. в честь 50-летия научной деятельности акад. В. И. Вернадского, 1, стр. 397, изд. АН СССР, 1936. ² К. А. Петржак и Н. Г. Флеров, ДАН, 28, № 6 (1940); Phys. Rev., 58, 89 (1940). ³ В. Г. Хлопин, Э. К. Герлинг и Н. В. Барановская, Изв. АН СССР, ОХН, № 6 (1947). ⁴ K. Peters u. K. Weil, Z. phys. Chem., A, 148, 9 (1930). ⁵ W. E. Grumitt and G. Wilkinson, Nature, 158, 163 (1946). ⁶ H. L. Anderson, E. Fermi and A. Grosse, Phys. Rev., 59, 52 (1941). ⁷ В. Г. Хлопин и М. Е. Владимирова, Изв. АН СССР, ОМЭН, 499 (1938). ⁸ H. W. Wasburn, H. F. Wiley and S. M. Rock, Ind. and Eng. Chem., Analyt. ed., 15, No. 9 (1943).