Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 6

ГЕОХИМИЯ

А. И. ТУГАРИНОВ

О ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА УРАНОВЫХ МИНЕРАЛОВ ПО ОТНОШЕНИЮ ИЗОТОПОВ СВИНЦА

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 6 VII 1954)

В 1939 г. А. Ниром был приведен расчет точности определения абсолютного возраста уранового минерала, утратившего значительную часть составляющего его урана, или свинца, накопившегося в нем при распаде урана.

В качестве наиболее совершенного метода определения абсолютного возраста в подобном случае, позволяющего получить данные с максимальной ошибкой в 15%, рекомендован прием, использующий отношение Pb^{207}/Pb^{206}, согласно известной формуле:

$$\frac{Pb^{207}}{Pb^{206}} = \frac{1}{139}\,\frac{e^{\lambda_{235}t}-1}{e^{\lambda_{238}t}-1}, \qquad (1)$$

где λ_{235} и λ_{238} — константы распада U^{235} и U^{238}, Pb^{207}/Pb^{206} — отношение содержаний соответствующих изотопов свинца в исследуемом минерале, t — возраст минерала в миллионах лет.

В настоящее время в американской литературе непогрешимость подобного метода настолько утвердилась, что в ряде работ даже не приводятся данные химического анализа минерала (содержание свинца и урана), а о возрасте минерала судят просто по изотопным отношениям Pb^{207}/Pb^{206} в экстрагированном из уранового минерала свинце.

Так, например, в работе [2], в которой опубликовано около 100 изотопных анализов различных урановых минералов канадских месторождений, только для 9 из них приведены химические анализы. На основании полученных данных авторы говорят о существовании нескольких разновозрастных генераций урановых смолок, иногда в пределах одного месторождения, не без основания предположив, что «урановые смолки более юных рудопроявлений, вероятно, возникли при растворении и переотложении первичных урановых месторождений».

Не трудно показать, что не аргументируя это предположение геологическими наблюдениями, не имея определений возраста всех генераций другими приемами (по отношению Pb^{207}/Pb^{235}, Pb^{206}/Pb^{238}), базируясь только на установленных в отдельных минералах изотопных отношениях Pb^{207}/Pb^{206}, авторы легко могли впасть в ошибку.

При переотложении древней урановой смолки более юные ее генерации неизбежно должны были захватывать какую-то часть и более древнего уранового свинца, накопившегося в более древнем урановом минерале. Такая добавка, даже самая незначительная, должна была бы значительно исказить соотношение изотопов Pb^{207}/Pb^{206} в юной урановой смолке.

Приведенная здесь табл. 1 дает пример подобного эффекта. В таблице не учитывается то немаловажное обстоятельство, что засо-

Таблица 1

Изменение отношения Pb^{207}/Pb^{206} в свинце урановой смолки, засоренной древним урановым свинцом

Степень загрязнения урановой смолки древним свинцом	Отношение Pb^{207}/Pb^{206}	Получ. «возраст» урановой смолки по Pb^{207}/Pb^{206} в млн. лет
Чистая урановая смолка, возрастом в 400 млн. лет	0,0544	400
То же самое, в случае 5% засорения свинца смолки свинцом древнего уранита, возрастом в 2000 млн. лет	0,0578	535
То же самое, в случае 10% засорения свинца смолки свинцом древнего уранинита, возрастом в 2000 млн. лет	0,0611	657

рение древним свинцом урановой смолки имело место 400 млн. лет назад, когда отношение Pb^{207}/Pb^{206} в нем было еще выше, чем сейчас!

Если принять во внимание, что в юных генерациях урановой смолки прирост свинца ничтожно мал в сравнении с накопленным его количеством в древних минералах, то вероятность захвата юной урановой смолкой относительно больших количеств древнего свинца станет еще более очевидной.

Таким образом, определяя абсолютный возраст только по Pb^{207}/Pb^{206}, Коллинс и др. легко могли получить любое количество генераций разного возраста, в зависимости от того, сколь сильно был засорен более древним свинцом тот образец минерала, какой они подвергали исследованию.

Рассматривая данные тех же авторов, полученные для 9 образцов по трем отношениям Pb^{207}/Pb^{206}, Pb^{207}/U^{235}, Pb^{206}/U^{238}, нетрудно убедиться в том, что они допускали именно эту ошибку, работая с явно загрязненными древним свинцом урановыми смолками.

Действительно, в случае привнесения в юную смолку древнего уранового свинца величины абсолютного возраста, полученные по трем отношениям, должны все без исключения быть выше истинного возраста такой смолки. Максимальным должен оказаться возраст, вычисленный по Pb^{207}/Pb^{206}, несколько более низким — по Pb^{207}/U^{235} и самым низким (хотя и завышенным против истинного!) — по Pb^{206}/U^{238}. В табл. 2 статьи Коллинса почти все образцы (№№ 16; 30; 51; 52; 53; 79; 80) отвечают этому правилу.

Однако приближенное решение столь сложной задачи, как определение абсолютного возраста загрязненной древним свинцом урановой смолки, вполне возможно, если известен изотопный состав свинца самого древнего уранинита, при разложении которого данная смолка возникла. Для этого нами предлагается следующая система уравнений:

$$\lg\left(\frac{Pb^{206} - x\,Pb^{206^1}}{U}\cdot 1{,}158 + 1\right) 15{,}15\cdot 10^9 =$$

$$= \lg\left(\frac{Pb^{207} - x\,Pb^{207^1}}{U}\cdot 159{,}6 + 1\right) 2{,}37\cdot 10^9 = t_m, \qquad (2)$$

где Pb^{206}, Pb^{207}, U — содержание соответствующих элементов в исследуемой урановой смолке; Pb^{206^1}, Pb^{207^1} — содержание изотопов свинца в древнем уранините*; x — процент захваченного древнего свинца; t_m — возраст урановой смолки.

* При этом допускается, что возраст смолки сравнительно невелик и что разницей в изотопном составе древнего свинца уранинита в момент образования смолки и в настоящее время можно пренебречь.

Ниже дается пример двух вариантов расчета возраста юной переотложенной урановой смолки из района, в котором состав свинца древнего уранинита известен.

Расчет по методу Коллинса

Содержание (в %)	Pb 3,02; U 67,26			
	Pb^{204}	Pb^{206}	Pb^{207}	Pb^{208}
Отношение изотопов свинца в минерале	—	100	6,71	—
Содержание изотопов свинца в % . . .	—	2,83	0,19	—
	$\frac{Pb^{207}}{Pb^{206}}$	$\frac{Pb^{206}}{U}$	$\frac{Pb^{207}}{U}$	
Весовые отношения	0,0671	0,042	0,003	
Возраст в млн. лет	856	310	402	

Принимается как достоверный возраст 856 млн. лет

Расчет по предлагаемому методу

Урановая смолка

Содержание (в %)	Pb 3,02; U 67,26			
	Pb^{204}	Pb^{206}	Pb^{207}	Pb^{208}
Отношение изотопов свинца в минерале	—	100	6,71	—

Древний уранинит

	Pb^{204}	Pb^{206}	Pb^{207}	Pb^{208}
Отношение изотопов свинца в минерале	—	100	10,51	—

Из уравнений (2):
$x \cong 0{,}01$ (1%)

Полученный возраст $t_m \cong 215$ млн лет

Приведенные рассуждения заставляют серьезно усумниться в реальности предложенных Коллинсом и др. величин возраста. Так например, получив для месторождения Витватерсранд цифры возраста: по Pb^{207}/Pb^{206} 2070 млн. лет по Pb^{206}/U^{238} 1340 млн. лет и по Pb^{207}/U^{235} 1649 млн. лет, Коллинс принял как наиболее достоверное определение 2070 млн. лет.

Вероятнее, что речь идет о смеси урановой смолки возрастом < 1340 млн. лет и свинца древнего уранинита возрастом > 2070 млн. лет.

Очевидно, использование отношения Pb^{207}/Pb^{206} не гарантирует от грубых ошибок. Приходится еще раз вспомнить старое правило, что определение абсолютного возраста любого объекта надо прежде всего начинать с его геологического изучения.

Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского
Академии наук СССР

Поступило
30 VI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Nier, Phys. Rev., **55**, 153 (1939). [2] C. B. Collins. R. M. Farquhar, R. D. Russel, Bull. Geol. Soc. Am., **65**, 1 (1954).