

## ПРИРОДНЫЕ АТОМНЫЕ РЕАКТОРЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ МЕТАЛЛОГЕНИИ

В.И. Старостин, Д.Р. Сакия

В открытом карьере уранового рудника Окло (Oklo), расположенного в ЮВ части Габона на экваториальном берегу Западной Африки, найдены остатки природного ядерного реактора внутри урановорудной жилы [1,2]. Месторождение Окло приурочено к бассейну среднедокембрийских осадочных пород, граничит с раннедокембрийским (2,5 млрд. л.) гранитным массивом и относится к урановым образованиям типа «несогласия». Здесь в слоях, насыщенных органическим веществом, были условия для восстановления шестивалентного урана в четырехвалентный, который и выпадал в осадок. Постепенно много тысяч тонн урана осело в виде рудных «линз» размером в десятки метров.

Содержание урана в руде достигло 30, 40, 50% и продолжало расти. Наступил момент, когда оказались соблюдены все условия, необходимых для начала цепной реакции: Коэффициент размножения  $K_{\infty}$  - отношение остатка нейтронов к их первоначальному числу. А).  $K_{\infty}=1$ , протекает цепная реакция, Б).  $K_{\infty} > 1$ , месторождение рассеивается или взрывается. В).  $K_{\infty} < 1$ , цепная реакция не пойдет. 2. Урана в руде должно быть  $> 10-20\%$ . 3. Присутствие здесь же воды в больших количествах. 4. Размеры залежей должны составлять минимум несколько кубометров. 5. Реактор не мог работать в присутствии большого количества элементов, сильно поглощающих нейтроны (Li, B и многие редкоземельные элементы). Их концентрация была мала вначале цепной реакции. 6. Минимальное содержание U-235, необходимое для работы природного реактора, составляет 1%. Такой реактор мог функционировать до начала фанерозоя. На месторождении Окло, U-235 было около 4%. Возникли новые атомы. Деление урана-235 – это образование осколков разнообразных атомных ядер с массовыми числами от 70 до 170. - от цинка до лутеция. В зоне цепной реакции появляются элементы с искаженным изотопным составом. У рутения из Окло втрое больше, чем в природном рутении, ядер с массовым числом 99. В цирконии в пять раз вырастает содержание изотопа  $^{96}\text{Zr}$ .  $^{149}\text{Sm}$  превратился в  $^{150}\text{Sm}$ , и его в одной из проб оказалось в 1300 раз больше, чем должно было быть. Таким же путем в 100 раз возросла концентрация изотопов  $^{152}\text{Gd}$  и  $^{154}\text{Gd}$ .

Процесс типа Окло мог быть очень распространенным в докембрийское время, когда формировались месторождения типа «несогласия». С увеличением концентрации кислорода в атмосфере, восстановленный уран в рассеянных месторождениях мог стать мобильным и переотлагаться в иных богатых рудных залежах с восстановительной обстановкой.

Библиография

1. J C RUFFENACH, J. MENES, C. DEVILLERS, M. LUCAS et R HAGEMANN

Departement de Recherche et Analyse, Service d'Analyse et d'ktudes en Chimie Nucleaire et Isotopique, Laboratoire de Spectrometrie de Masse, C E N /Saclay, Gif-sur- Yvette (France)

**ETUDES CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES DE L'URANIUM, DU PLOMB ET DE PLUSIEURS PRODUITS DE FISSION DANS UN ECHANTILLON DE MINERAI DU REACTEUR NATUREL D'OKLO.** Earth and Planetary Science Letters, 30 (1976) 94-108 ® Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Printed in The Netherlands  
Applied Geochemistry, Vol. 4, pp. 49-62.1989 Printed in Great Britain.

2. David Curtis, Timothy Benjamin AND Alexander Gancarz. Isotope Geochemistry Group, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, U.S.A. Robert Loss, Kevin Rosman AND John DeLaeter Department of Applied Physics, Curtin University of Technology, GPO Box U 1987, Perth 6001, Western Australia, Australia and James E. Delmore AND William J. Maeck| Idaho National Engineering Laboratory, Idaho Falls, ID 83401, U.S.A.

**Fission product retention in the Oklo natural fission reactors** Applied Geochemistry, Vol. 4, pp. 49-62.1989 Printed in Great Britain