

**НЕВЯЗКИ
ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО
ВОЗРАСТА
И ЕЯР**

И.Ф. Лукашин

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул Капитанская, 2
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net
tel/fax 8-0692-54-26-94

В работе представлены результаты исследований природных радиоактивных аномалий и их проявлений. На основе анализа ядерно-физических критериев цепных реакций и данных наук о Земле обсуждается адекватность концепции естественных ядерных реакторов как причины появления невязок возраста при геохронологических определениях на основе радиоизотопных методов его оценки.

Введение. Интерпретация данных о радиоактивных аномалиях с позиций ЕЯР-концепции [1] указывает на перспективность поиска их следов по радиохимическим характеристикам, к которым, в первую очередь, следует отнести комплекс опытных радиогеологических (геохронологических) определений, среди которых фиксируется большое количество явно аномальных результатов анализа. Имеются ввиду геохронологические аномалии по данным не сходящихся возрастов, полученных радиоизотопными методами.

Геохронологические определения считаются адекватными (возраст образца определен верно), если получены два совпадающих значения двумя независимыми методами. Однако, в ряде случаев выявляются существенные расхождения. Например, для одного и того же объекта [2] К-Аг метод дает возраст 360 млн. лет, а Rb-Sr – около 11 млрд. лет. Представляется возможной следующая методология проверки ЕЯР-представлений. Полагая возраст одного из определений верным, для второго аномального определения можно найти параметры ЕЯР обеспечивающие аномалию другого оп-

ределения, например интегральный поток нейтронов, обеспечивающий появление дополнительного количества изотопа, фигурирующего в формулах расчета возраста, приведшее к завышению или занижению возраста образца. Полученные таким образом параметры ЕЯР сравниваются с эталонными [3], например интегральным потоком нейтронов ЕЯР-Габона ($\Phi \sim 10^{21} \text{ н}^0/\text{см}^2$) или природных термоядерных взрывов ($\Phi \sim 10^{25} \text{ н}^0/\text{см}^2$). и выносится вердикт. Целесообразно рассмотреть несколько примеров типичных геохронологических аномалий, чтобы проиллюстрировать возможные направления их (аномалий) ЕЯР-интерпретации.

Рубидий – стронциевый метод определения возраста $t(\text{Rb-Sr})$ широко применяется для датировки геологических объектов наряду с уран – свинцовым методом $t(\text{U-Pb})$. По данным Герлинга и Овчинниковой [2] при их сопоставлении обнаруживаются расхождения возрастов 2 – 13 % в сторону увеличения $t(\text{Rb-Sr})$.

Учет роли различных изотопов Rb и Sr в превращениях с участием ($\text{n}^0, \gamma, \beta$ и др.) и их выхода при делении U^{235} позволяет составить приближенные уравнения, в которых отклонение от нормального отношения $\text{Sr}^{87}/\text{Rb}^{87}$ связывается с генерацией Sr^{87} в нейтронных ЕЯР-потоках по реакции $\text{Sr}^{86}(\text{n}, \gamma)\text{Sr}^{87}$ и/или убылью (выгоранием) Rb^{87} , предположительно, по реакции $\text{Rb}^{87}(\text{n}, \beta)\text{Sr}^{88}$.

$$t + \Delta t = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{\text{Sr}}{\text{Rb}} \right) \frac{1 + \left(\frac{\text{Sr}^{86}}{\text{Sr}^{87}} \right) \sigma(\text{Sr}^{86}) \Phi}{1 - \sigma(\text{Rb}^{87}) \Phi},$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{\text{Sr}}{\text{Rb}} \right); \text{Rb}^{87} \rightarrow \text{Sr}^{87} + \beta;$$

где λ – постоянная распада Rb^{87} , Φ – интегральный поток нейтронов, t – истинное значение возраста по согласованным значениям $t(\text{U-Pb})$, Δt – расхождение между значениями $t(\text{Rb-Sr})$ и $t(\text{U-Pb})$ возрастов,

$$\left(\frac{\text{Sr}^{86}}{\text{Sr}^{87}} \right) = 9.86/7.02 = 1.4.$$

Для тепловых нейтронов $\sigma(\text{Rb}^{87}) = 0.12$ барн, $\sigma(\text{Sr}^{86}) = 1.3$ барн [4] и тогда

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{1 + 1.8210^{-24} \Phi}{1 - 0.1210^{-24} \Phi} - 1,$$

Для опытных значений $\Delta t/t = 0.02 - 0.13$ рассчитанные интегральные нейтронные ЕЯР-потоки составляют $(1.1 - 6.6) 10^{22}$ нейтрон/см², что по порядку величины близко к интегральному потоку ЕЯР Габона.

Другой тип Rb-Sr – аномалий выражен еще более резко. Отмечено [2], что при K-Ar – возрасте слюд в 300 млн. лет, Rb-Sr – определения приводят к возрасту в 11 млрд. лет. Полагая истинным – K-Ar – определение, т.к. при возрасте Земли в 4.5 млрд. лет полученное значение Rb-Sr – возраста не имеет физического смысла, по приведенным выше формулам рассчитываем для тепловых нейтронов интегральный нейтронный ЕЯР-поток – $1.2 10^{25}$ нейтрон/см², что по порядку величины близко к нейтронным потокам термоядерных взрывов. Для быстрых нейтронов (~ 1 Мэв), $\sigma(\text{Rb}^{87}) \sim 3 10^{-2}$ барн [5] и расчет приводит также к значению интегрального потока $3 10^{25}$ нейтрон/см². Эти результаты можно интерпретировать как обстоятельства геологической истории сопровождавшие формирование обсуждаемых геологических объектов.

Калий-аргоновый метод является наиболее распространенным, и на его основе накоплена большая статистика опытных данных определения возраста геологических объектов. Изотоп K^{40} путем e -захвата или β -распада преобразуется, соответственно в Ar^{40} и Ca^{40} . Константа e -захвата на порядок меньше константы β -распада и поэтому для грубых оценок строгою зависимостью

$$\frac{\text{Ar}^{40}}{\text{K}^{40}} = \frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\beta} [\exp(\lambda_e + \lambda_\beta)t - 1]$$

можно заменить приближением [6, 7]

$$t \approx \frac{1}{\lambda_e} \ln \left(1 + \frac{\text{Ar}^{40}}{\text{K}^{40}} \right) \approx \frac{1}{\lambda_e} \frac{\text{Ar}^{40}}{\text{K}^{40}}.$$

Поскольку для анализируемых опытных данных [2] $\text{Ar}/\text{K} < 1$ (для слюд $\text{Ar}/\text{K} \sim$

$0.15 - 0.50$), а сечения на тепловых нейтронах составляют, соответственно, $\sigma(\text{K}^{40}) = 40$ барн, $\sigma(\text{Ar}^{40}) = 0.53$ барн, расчетное соотношение видоизменяется

$$\begin{aligned} \frac{\Delta t}{t} &\approx \frac{1 - \sigma(\text{Ar}^{40})\Phi}{1 - \sigma(\text{K}^{40})\Phi} - 1 \\ &\approx \frac{1 - 0.5310^{-24} \Phi}{1 - 4010^{-24} \Phi} - 1, \end{aligned}$$

в котором аномальные значения возраста, как и для Rb-Sr – метода, описываются, в основном, процессом убыли Ar^{40} и K^{40} за счет выгорания в нейтронном потоке ЕЯР.

Для слюд, возраст которых по согласованным U-Pb – определениям составляет ~ 2.5 млрд. лет, K-Ar – метод дает возраст 11 млрд. лет [2]. Из приведенных прикидочных выражений следует, что этот аномальный возраст может быть обусловлен попаданием в слюды флюидов с K и Ar побывавшим и в ЕЯР-очаге при интегральном потоке $\sim 2 10^{22}$ нейтрон/см².

Аналогичный результат получен для образцов гидросодалита и канкринита Ловозерского массива [2]. Здесь K-Ar – возраст составил 3.6 млрд. лет, в то время как для всех остальных минералов получен возраст 0.41 млрд. лет. Оценка по нейтронным потокам, которые, по видимому, облучали расплав минералов с аномальным возрастом дает значение $\sim (1.7 - 2.2) 10^{22}$ нейтрон/см².

«Избыточный» аргон найден в свежих не измененных молодых подводных толеитовых базальтах Тихого океана. Максимальные значения возраста, полученные для некоторых образцов K-Ar – методом и методом осколочной радиографии согласуются с геологическими данными и не превышают 5 млн. лет. Однако, многие другие образцы этих же базальтов с учетом «избыточного» аргона дают возраст 690 млн. лет [8]. ЕЯР-модель увеличенное отношение $\text{Ar}^{40}/\text{K}^{40}$ объясняет не «избыточным» аргоном, а недостатком K^{40} , поскольку $\sigma(\text{Ar}^{40}) < \sigma(\text{K}^{40})$ и в нейтронных потоках убыль (выгорание) калия происходит более интенсивно. Величина интегрального потока тепловых нейтронов для аномаль-

ных толеитовых базальтов составляет $2.4 \cdot 10^{22}$ нейтрон/см².

Современные лавовые потоки вулкана Хуалалай (Гавайи), излившиеся около 150 лет назад, показывают $t(K-Ar) \sim 1$ млн. лет [9], хотя древний аргон должен был дегазироваться из расплава. Завышенный возраст в этом случае обусловлен облучением ЕЯР-нейтронами калия в расплаве, содержавшего некоторую равновесную концентрацию аргона. Величина интегрального потока нейтронов, вызвавшая этот эффект такого же порядка, что и в выше рассмотренных примерах, а именно, $\sim 2.5 \cdot 10^{22}$ нейтрон/см².

Ксеноновый метод основан на том обстоятельстве, что выход изотопов ксенона при спонтанном и цепном делении ядер урана – высок, достигая 19 %, и для минералов урана характерно его накопление. Шуколюковым [8, 10] показано, что исследования процессов появления, накопления и рассеяния ксенона в кристаллических минералах дает разностороннюю информацию об истории минерала. Обнаружено, что в кристаллической решетке минералов ксенон сохраняется лучше, чем гелий и криптон, имеющие также осколочное происхождение, а также, что до 15 % исследованных образцов содержат ксенона больше, чем должно бы было появиться из-за спонтанного деления урана. По данным автора для целого ряда минералов избыточный осколочный ксенон превышает его концентрацию для естественных нейтронных потоков в десятки и сотни раз, – до 750-крат.

Используя геохронометрическую формулу Хлопина – Герлинга и выражение для выхода осколков деления при малом выгорании [7, 10] и принимая, что выходы для спонтанного и цепного деления урана одинаковы, для реальных значений констант реакций выражение для интегрального потока нейтронов выглядит как

$$\Phi = 4.1 \cdot 10^{16} \frac{Xe_f}{Xe_s},$$

здесь индексы f и s относятся, соответственно, к спонтанному и цепному делению.

Для упомянутого образца с избытком ксенона в 750 раз расчет интегрального потока дает значение $\sim 3 \cdot 10^{19}$ нейтрон/см². Это, по порядку величины, близко к критическому потоку плутониевого ЕЯР-бридинга при малых выгораниях ($\sim 10^{18}$ нейтрон/см²) и интегральному потоку нейтронов для реальных технических реакторов типа США и/или HTGR с потоками $\Phi \sim 10^{20}$ н⁰/см² и кампанией в 1 – 3 года при дифференциальных потоках $\sim 10^{11} - 10^{12}$ н⁰/см²сек или к характеристикам различных энергетических реакторов с $\Phi \sim 10^{17} - 2 \cdot 10^{20}$ нейтрон/см² [11, 12].

Свинцовый метод определения возраста, являясь наиболее разработанным методом геохронометрии, основан на оценке возраста пород по соотношению концентраций различных изотопов свинца и урана, поскольку свинец является конечным продуктом распада U^{235} и U^{238} . По изотопу Pb^{204} вводятся поправки на первозданный свинец, поскольку этот изотоп отсутствует в радиогенном свинце.

По идее, два определения возраста, например, по Pb^{207}/U^{235} и Pb^{206}/U^{238} должны давать одинаковые значения, если не происходило смешения свинцов разного происхождения или изменений концентраций урана по одному или другому изотопу. Однако свинцовая хронометрия дает до 30 % не сходящихся результатов, причем природа этих аномалий до сих пор является спорной [7, 13, 14].

Предположим, что обнаруженные аномалии возраста связаны с выгоранием U^{235} в геологическом композите подвергнутом воздействию ЕЯР-нейтронного поля. Тогда на основании простых и крайне приближенных оценок (по порядку величины) максимальные значения аномалий возраста обеспечиваются параметром выгорания $U^{235} \sim 0.7$ и для $\sigma_{235} = 680$ барн определяется интегральный поток $\Phi \sim 10^{21}$ нейтрон/см², как и в ЕЯР Габона.

С другой стороны, если параметр выгорания составляет ~ 0.7 , то современное отношение U^{235}/U^{238} было бы не

0.0072, а умноженное на поправочный коэффициент $U^{235}(\Phi)/U^{235(0)} \sim \exp(-\sigma_{235}\Phi) \sim 0.5$ и соответствовало бы содержанию $U^{235} \sim 0.35\%$. Этот результат был бы давно обнаружен, если бы во всех свинцовых геохронометрических определениях проводился бы изотопный контроль соотношения U^{235}/U^{238} . Возможно этот контроль осуществлялся не всеми исследователями и тогда оказывается, что были пропущены образцы типа образцов ЕЯР Габона

Другой механизм аномалий может быть связан с воздействием нейтронного ЕЯР-поля на изотопы свинца. Для тепловых нейтронов этот механизм для максимально зарегистрированных невязок возраста приводит к значениям интегральных нейтронных потоков $\sim 10^{24}$ нейтрон/см². Для области промежуточных энергий 35 – 55 кэв – $5 \cdot 10^{22} - 2 \cdot 10^{24}$ нейтрон/см². Диапазон потоков $10^{22} - 10^{24}$, по-видимому, следует отнести на счет природных термоядерных взрывов.

Заключение. Интерпретация опытных данных наук о Земле о естественных радиоактивных аномалиях в природных средах в аспекте возможного существования природных зон ядерных и термоядерных воздействий на вещество Земли в разные геологические эпохи приводит к обоснованным оценкам параметров таких воздействий.

Они имеют разумные величины, укладывающиеся в рамки существующих представлений о цепных реакциях. Что, в свою очередь, говорит о правомочности такого подхода к объяснению аномалий радиоактивности подобного рода, а обилие экспериментально установленных фактов и, что очень важно, поступление их из областей наук о Земле далеких от, собственно, физики цепных реакций, свидетельствует об адекватности изложенного подхода.

Развитием этих работ, по-видимому, могло бы быть создание ЕЯР-моделей коррекции праземного вещества после первичного нуклеосинтеза, в том числе и формирование макро- и микрокомпонент солевого состава вод Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашин И.Ф. Концепция ЕЯР // Системы контроля окружающей среды / Средства, модели и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – С. 311 – 313.
2. Геолого–радиологическая интерпретация несходящихся значений возраста. – М.: «Наука», 1973. – 413 с.
3. Лукашин И.Ф., Коновалов С.К. Критерии оценок для ЕЯР – концепции. Тезисы доклада на 2-ой международной научно-технической конференции "ОКРУЖАЮЩАЯ ПРИРОДНАЯ СРЕДА – 2007, актуальные проблемы экологии и гидрометеорологии – интеграция образования и науки". – Одесса, 2007. – С. 245.
4. Кимель Р.Л., Машкович В.Л. Защита от ионизирующих излучений. – М.: «Атомиздат», 1966. – 311 с.
5. Справочник. Радиационный захват быстрых нейтронов. – М.: «Атомиздат», 1970. – 282 с.
6. Баранов В.И., Титаева Н.А. Радиогеология. – М.: Издательство МГУ, 1973. – 242 с.
7. Войткевич Г.В. Радиоактивность в истории Земли. – М.: «Наука», 1970. – 168 с.
8. Шуколоков Ю.А., Левский Л.К. Геохимия и космохимия изотопов благородных газов. – М.: «Атомиздат», 1972. – 336 с.
9. Чердынцев В.В. Ядерная вулканология. – М.: «Наука», 1973. – 208 с.
10. Шуколоков Ю.А. Деление ядер U в природе. – М.: «Атомиздат», 1970. – 270 с.
11. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции. – М.: «Высшая школа», 1974. – 359 с.
12. Материалы и горючее для высокотемпературных ядерных энергетических установок. – М.: «Атомиздат», 1966. – 331 с.
13. Соботович Э.В. Изотопы свинца в геохимии и космохимии. – М.: «Атомиздат», 1970. – 349 с.
14. Войткевич Г.В. Происхождение и химическая эволюция Земли. – М.: «Наука», 1973. – 168 с.