

ОБЩЕПЛАНЕТАРНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА СУЩЕСТВОВАНИЯ 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 естественных радиоактивных аномалий и их проявлений. На основе анализа ядерно-физических параметров цепных реакций и данных наук о Земле приведены доказательства адекватности концепции естественных ядерных реакторов (ЕЯР) природных сред.

Введение. Феномен природной радиоактивности окружающей среды является всеобъемлющим и, в связи с существованием отдельных специфических радионуклидов в объектах окружающей среды – производных цепных реакций, позволяет предположить их (СЦР) существование и важную роль в истории формирования Земли как геологического объекта. Если Ферми понадобилось всего три года, после появления первых предположений о возможности существования цепных реакций (1939 г.), на то, чтобы создать первый искусственный графитовый реактор, то очевидно, что такому гениальному исследователю и изобретателю как Природа, в течение миллиардов лет поисков и экспериментов (путем случайной переборки условий и процессов) удалось продемонстрировать такую возможность неоднократно, а возможно и повсеместно. Уже в 1940 г. Нетцлин [1] предположил, что именно случайные цепные реакции (СЦР) с участием урана в земной коре могли быть причинами земного вулканизма.

Концептуальная трудность такой возможности заключалась в неразвитости представлений о возможности СЦР на сильнозагрязненных геологических объектах, когда механизм некоторых импульсных геологических явлений (землетрясений, вулканических извержений внедрения магматических энтру-

зий) может быть связан с локальным тепловыделением ЕЯР.

Идея ЕЯР становится очевидной при рассмотрении закона кинетики альфа-распада для основных изотопов урана. Ввиду разной величины периодов полураспада (для U-235 он равен $7,1 \cdot 10^8$ лет, для U-238 – $4,5 \cdot 10^9$ лет) соотношение их концентраций в объектах окружающей среды меняется со временем. Ретроспекция современного значения их концентраций на момент образования Земли (4,5 млрд лет) позволяет предположить, что в тот период времени концентрация U-235 в естественной (природной) смеси изотопов составляла 23 %, а в случае возраста Земли или вещества Праземли до 7 млрд лет (а такие свидетельства имеются) до 70 % и более.

Это обстоятельство является важным свидетельством возможности реализации ЕЯР-процессов в древние геологические эпохи, т.к. чем выше концентрация делящегося материала, тем выше вероятность ЦР, несмотря на весь скептицизм физиков ядерщиков относительно СЦР-процессов на «загрязненных» материалах. Такую возможность подтверждает существование целого ряда аварий и взрывов радиоактивных композитных материалов на предприятиях химического производства и хранения ядерного топлива и отходов несмотря на существование очень серьезных служб безопасности и не менее серьезных служб радиационной безопасности на этих предприятиях [2].

По-видимому, не следует исключать возможности появления ЕЯР на почти чистом U-235 или Pu-239, поскольку при плутониевом бридинге возникают различные делящиеся элементы – уран и плутоний. Именно небольшие химические отличия между ними положены в основу химико-технологических циклов отделения U от Pu, как конкретно такой процесс химического разделения реализуется в природе зависит случайно от набора факторов, но необходимые природные механизмы существуют. Например, известно избирательное накопление отдельных элементов и их изотопов в биосистемах океана, для которых коэффициенты накопления составляют 10^3 – 10^4 , а иногда и более. Известны ме-

ханизмы образования химически чистых кристаллов и самородного металла. Обнаружены выносы глубинного вещества, в котором относительная концентрация плутония выше на несколько порядков его урановых кларков.

Известные данные о зависимости критической массы делящегося вещества от содержания замедлителей и поглотителей для композитных материалов и растворов [3] позволяют рассчитать масса-габаритные параметры критических объемов для природных сред. Так для геологической эпохи 2 млрд. лет назад, соответствующей возрасту Земли 2,5 млрд. лет, обогащение по U-235 составляло 3 %, для которого минимальная критическая масса смеси изотопов U-235 и U-238 равна примерно 100 кг, а критический объем раствора урана в воде ~ 80 – 100 л.

Для древних геологических эпох вероятность запуска СЦР и существования ЕЯР увеличивается из-за меньшей концентрации в уране продуктов его спонтанного и индуцированного деления. Некоторые из осколочных редкоземельных элементов таких как Sm-149, Gd-154 и др. имеют сечения захвата тепловых нейтронов на 4 - 5 порядков выше, величины этого параметра для урана и являются сильнейшими нейтронными ядами относительно СЦР. Но их суммарная концентрация тем меньше, чем меньше геологический возраст урановой руды.

Есть и другие дополнительные факторы, ослабляющие воздействие нейтронных поглотителей в виде различных примесей. Например, известно, что при определенных величинах «РН» происходит интенсивное соосаждение актиноидов с некоторыми элементами. Так Pu, для «РН» в интервале от 5 до 7, характерном для морских вод соосаждается с Mn, Fe, Zn и др. от 0 до 100 % из водно-солевых растворов. Можно допустить, что в процессе выпадения актиноидов (U, Pu) из растворов и взвесей, происходит их природное самоочищение от нейтронных ядов, изменение концентрационного соотношения «горючее – замедлитель», увеличение массы горючего в нижних горизонтах раствора или взвеси, которые могут достигнуть критично-

сти, во всяком случае в ядерно-химических технологических схемах такие механизмы возникновения СЦР известны [3].

Механизм зонной выплавки субстрата земной коры из мантийного вещества поставляет в верхние горизонты в первую очередь легкоплавкие соединения, к которым также относится часть соединений актиноидов. Именно этим процессом объясняют сейчас повышенную концентрацию радиоактивных элементов в верхних горизонтах земной коры. В процессе зонной выплавки возможно также самоочищение композита от редкоземельных элементов – нейтронных ядов в пользу актиноидов – горючего СЦР.

Миграция актиноидов осуществляется за счет их выщелачивания атмосферными осадками и грунтовыми водами, при этом в недрах образуются солевые растворы. В процессе миграции и последующего отложения в других вмещающих породах, например, графитовых линзовидных телах возможно самоочищение и формирование ЕЯР гетерогенного типа на графитах.

Мыслимы и другие процессы возникновения ЕЯР-зон, но и перечисленные примеры указывают на то, что в природных условиях древних геологических эпох вполне могли возникать ЕЯР гомогенного типа.

Изотопным смещением называют локальную изотопную аномалию вариации распространенности внутри кларкового изотопного состава элемента в природных средах. Имеется обширная библиография по этому вопросу, например [4]. Если смещения величиной от единиц до десятков %% для H-2, C-13, O-18 могут быть объяснены фракционированием в высоко температурных и гравитационных полях, диффузионным, биогеохимическим разделением, явлениями испарения и радиоактивной отдачи ядер при альфа-распаде, что, по-видимому, действительно имеет место быть, то такие катастрофические смещения какие наблюдаются для ряда изотопов гелия, неона, ксенона, самария, плутония и др., величина которых достигает тысяч и десятков тысяч %, даже такими экзотическими процессами (в вероятностном

смысле) как нейтронные потоки до $10E29$ нейтрон/см $E2$ в результате встречи метеорита из антивещества или взрыва Солнца как сверхновой, объяснить затруднительно.

В любом случае, причины таких смещений должны лежать в области ядерных реакций в природных нейтронных полях, в частности, в идее существования ЕЯР. Подтверждением такого взгляда на природу смещения в природных средах должна служить выявленная корреляционная связь между величиной изотопного смещения и неким ядерно-физическим параметром органично связанным с ЕЯР-процессом, если говорить о параметрах СЦР-процессов, или индексах парагенезисов элементов, если говорить о ЕЯР-элементообразовании в целом. Вполне естественно, в качестве такого параметра выбрать эффективное нейтронное сечение, а в аргументации подтверждения процесса – наличие региональных вариаций элементов и их изотопов характерных для известного двугорбового распределения осколочных продуктов деления в процессе цепной реакции, а также других механизмов парагенезисов связанных с ЕЯР-процессами, например активационных с последующим распадом.

Эти, довольно объемные расчеты, хотя и понятные и простые, выполнены Прасоловым Р.С. [5] на основе данных о сечениях захвата нейтронов в реакциях деления для различных изотопов элементов, которые относительно хорошо сохраняются в кристаллической решетке минералов ЕЯР-зоны. В соответствии с ЕЯР-концепцией, наблюдается ожидаемая корреляция – с увеличением эффективного нейтронного сечения для изотопа наблюдается рост изотопного смещения. Анализ зависимости величины смещения от интегрального нейтронного потока позволяет установить однозначно линейный его характер для отдельных групп элементов, данные для которых имеются в научной литературе (в основном это результаты анализа геологических проб уранового месторождения д. Окло – Габон), что соответствует ЕЯР-концепции и для геологии региона д. Окло дают значения интегрального нейтронного потока от $10E19$ до $10E25$ с

наиболее вероятным значением $10E23$ нейтрон/см $E2$.

Эти результаты подтверждают приведенные выводы об адекватности ЕЯР-концепции для конкретного геологического региона. Интересно было бы получить свидетельства ее адекватности повсеместно, – глобально.

На основе ЕЯР-модели можно предположить, что для двух изотопов элемента, имеющих первоначально одинаковую распространенность, но различные сечения поглощения нейтронов, облучение планетарно-региональными потоками нейтронов привело бы к большому выгоранию изотопа с большим эффективным сечением поглощения. Это должно привести к закономерности убывания распространенности изотопов в их природной смеси в настоящее время с ростом величины сечения. На основе опытных данных для смежных нечетных и четных изотопов элементов Si, Tl, Ga, Cu, В, Li, Lu, Eu, Ba, Ce, Se, W, Hg и др.[3], действительно, выявляется эта закономерность.

Во всяком случае, получение аналогичных изложенным, результатов расчетов зависимостей для кларковых данных о распространенности элементов и изотопов, могло бы опровергнуть альтернативную гипотезу о том, что ЕЯР – это каприз природы, обусловленный почти невероятным стечением обстоятельств и не могут и не могли играть заметную роль в геологической истории Земли.

Можно сравнить долгоживущую радиоактивность в земной коре и в хондритах, приняв первую за кларковую, а вторую – за комбинацию элементов исходного протоземного вещества. Например для Rb-87, Sn-124, La-138, Sm-147, Nd-150, Lu-176, которые являются осколочными продуктами U-235, периоды полураспада, которых лежат в пределах $10E10$ – $10E17$ лет, параметры относительной активности для земных кларков оказываются выше хондритных (нормировка на активность U-238).

Аналогичный результат отмечается при анализе соотношений содержания явноосколочных элементов (Ba, Mo) и редких земель для континентальных диабазов и кларков метеоритов, – земное вещество со времени нуклеосинтеза под-

вергалось воздействию интенсивных нейтронных полей, характерных по своим параметрам для полей ЕЯР.

Для резервуара Мирового океана соотношение процессов поступления, транспорта и перемешивания вещества таковы, что казалось бы принцип постоянства солевого состава должен бы быть непреложен. Действительно, геологический возраст океанов по различным оценкам составляет от 80 до 200 млн. лет. Время нахождения различных элементов в водах океанов и морей с момента их поступления со стоком рек и атмосферными выпадениями до осаждения в виде илов и конкреций не превышает 1 млн. лет. Скорость перемешивания океанических вод по глубине до дна не превышает нескольких десятков, – до ста лет.

Однако, вулканическая деятельность земной коры под океанами регионально распределена не равномерно. В Тихом океане насчитывается до 520 подводных вулканов, а в Атлантическом – 70 – 80, при этом подводный вулканизм для акватории первого в 6 раз выше, чем для второго [6]. Согласно ЕЯР-концепции, а именно – ЕЯР процессы в недрах вулканов, содержание осколочных элементов в них также должно принципиально отличаться.

Данные опытных наблюдений [4, 7] показывают, что действительно в солевом составе вод Тихого океана по сравнению с Атлантическим океаном в два раза более высокие концентрации Ва, в ~ 2,9 раза – Rb, в ~ 3,4 раза – Cd, в ~ 4 раза – Mo. Эта же картина наблюдается для пелагических илов и глин в отношении растворенных газов He, Kr, Xe, Rn, а также Y, Sr, и редкоземельных элементов. В придонных слоях воды отмечены аномально высокие концентрации H-3, Be-10, C-14. Все перечисленные элементы характерны для ЕЯР-процессов, и

напротив, - для других элементов не связанных с ЕЯР-явлениями отмеченной корреляции не наблюдается.

Заключение. Интерпретация опытных данных наук о Земле о естественных радиоактивных аномалиях в природных средах в аспекте возможного существования естественных ядерных реакторов по специфическим проявлениям свидетельствует о том, что ЕЯР – процессы в геологической истории Земли не были каким-то исключением, уникальностью, курьезом, являются не экзотическим феноменом, а широко и повсеместно распространенным явлением, определяющим и продолжающим определять важнейшие геодинамические явления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Noetzelin M. Volcanisme et climie nucleaire. – «J. de Phys. et la Radium», 1940. № 3, 90 – 98; № 4, – С. 124 – 132.*
2. *Лукашин И.Ф. Концепция ЕЯР // Системы контроля окружающей среды / Средства, модели и мониторинг. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – С. 311 – 313.*
3. *Паттон Ф.С., Гуджис Д.М., Гриффитс В.Л. Ядерное горючее на основе обогащенного урана. М., «Атомиздат», – 1966. – 291 с.*
4. *Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. М., «Наука», 1967. – 167 с.*
5. *Прасолов Р.С. Геохимические изотопные аномалии и гипотеза естественных ядерных реакторов. – «Атомная энергия». 1974. т. 36. в. 1, – С. 57 – 59.*
6. *Влодавец В.И. Вулканы Земли. М., «Наука», 1973. – 168 с.*
7. *Вопросы геохимии и геохронологии океана. М., «Мир», 1965. – 458 с.*