

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322331783>

О ложных Rb–Sr изохронах смешения

Article · January 2001

CITATIONS

0

READS

36

1 author:



V. L. Andreichev

Komi Scientific Center

40 PUBLICATIONS 833 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Геология северо-востока Европы [View project](#)

О ЛОЖНЫХ Rb–Sr ИЗОХРОНАХ СМЕШЕНИЯ

© 2001 г. В. Л. Андреев

Институт геологии КомиНЦ УрО РАН
167982 ГСП-2, Сыктывкар, ул. Первомайская, 54

Поступила в редакцию 17.05.2000 г.

Определение возраста геологических объектов с помощью рубидий-стронциевой изотопно-геохронометрической системы базируется на изохронной модели, предложенной Л.О. Николайсеном [1].

Уравнение рубидий-стронциевой изохроны имеет вид:

$$({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_i = ({}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr})_i [\exp(\lambda t) - 1] + ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_o,$$

где индекс “i” означает современную измеренную величину, а “o” – первичное значение в момент закрытия системы и начала отсчета времени t ; λ – константа скорости распада материнского (радиоактивного) изотопа ${}^{87}\text{Rb}$ в дочерний (радиоактивный) изотоп ${}^{87}\text{Sr}$; ${}^{86}\text{Sr}_i = {}^{86}\text{Sr}_o$.

Данное уравнение представляет собой уравнение прямой типа $y = ax + b$, где координатами служат измеряемые изотопные отношения: $y - ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_i$; $x - ({}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr})_i$. Угловой коэффициент прямой, называемой изохроной, соответствует возрасту, а отрезок, отсекаемый на оси ординат, величине первичного отношения стронция $({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_o$.

Несмотря на то, что изохронная модель нашла самое широкое применение в практике геохронологических исследований, существует вероятность получения так называемых ложных изохрон двухкомпонентного смешения. Для их диагностики применяется графический метод, суть которого заключается в следующем. Считается, что если экспериментальные точки, образующие изохрону, также обнаруживают положительную корреляцию на графике с координатами: $x - 1/{}^{86}\text{Sr}_i$ (или $1/\text{Sr}_i$), $y - ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_i$ (в литературе они известны под названием “координаты смешения”), то прямая на изохронном графике не отражает зависимость между радиоактивным и радиоактивным изотопами, а является результатом смешения двух компонентов с различными Rb/Sr отношением и изотопным составом первичного стронция, то есть изохрона является ложной, а фиксируемый ею возраст не имеет реального геологического смысла. Однако линейность в расположении точек на проверочном графике может быть и не связана со смешением, а обуслов-

лена совсем иными причинами. Кроме того, если есть прямолинейная зависимость, то она должна описываться соответствующим математическим уравнением. Оказывается, оно может быть получено непосредственно из уравнения изохроны путем несложного преобразования:

$$({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_i = {}^{87}\text{Rb}_i [\exp(\lambda t) - 1] \times 1/{}^{86}\text{Sr}_i + ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_o.$$

Это также уравнение прямой, но с искомыми “координатами смешения”. Наклон прямой соответствует содержанию радиоактивного стронция, поскольку ${}^{87}\text{Sr}_i = {}^{87}\text{Rb}_i [\exp(\lambda t) - 1]$, а отрезок на оси ординат, как и в изохронной модели, равен первичному отношению стронция.

С математической точки зрения рассматриваемая зависимость справедлива для отдельной точки, отвечающей одному образцу. Если же она наблюдается для системы точек, где ${}^{86}\text{Sr}_i$ – величина переменная, то в идеальном случае линейность определяется, во-первых, постоянством концентрации радиоактивного стронция, которое, в свою очередь, является результатом одновременного старта рубидий-стронциевого геохронометра в

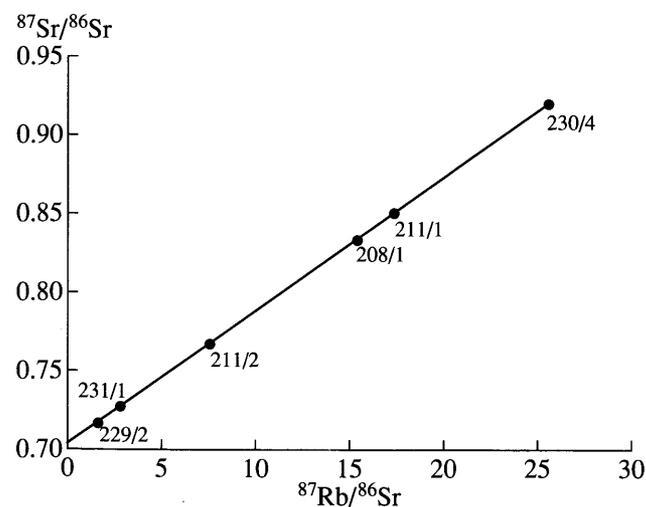


Рис. 1. Рубидий-стронциевая изохронная диаграмма для сиенитов массива мыса Большого Румяничного. Параметры изохроны приведены в табл. 1. Их расчет производился по программе “ISOPLOT” [3].

Таблица 1. Сравнительная изотопно-геохронологическая характеристика сиенитов и гранитов Северного Тимана [2]

Породы	Массив	Возраст, млн. лет $\pm 2\sigma$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) \pm 2\sigma$	СКВО
Сиениты	мыс Большой Румяничный	590 \pm 5	0.70431 \pm 0.00027	0.19
	Крайний Камешек	603 \pm 6	0.70447 \pm 0.00016	0.98
	Малый Камешек	601 \pm 31	0.7089 \pm 0.0010	0.98
Граниты	мыс Большой Румяничный	587 \pm 4	0.72027 \pm 0.00021	1.18
	Большой Камешек	597 \pm 6	0.70783 \pm 0.00058	0.90
	Сопки Каменные	591 \pm 7	0.7225 \pm 0.0017	1.20

Таблица 2. Химический (мас. %) и изотопный составы сиенитов массива мыса Большого Румяничного

Компоненты	Номер образца					
	208/1	211/1	211/2	229/2	230/4	231/1
SiO ₂	61.38	54.03	55.17	60.48	58.46	52.46
TiO ₂	0.23	0.08	0.07	0.29	0.11	0.08
Al ₂ O ₃	18.06	22.42	21.79	18.91	20.20	23.88
Fe ₂ O ₃	2.31	3.70	1.66	3.20	6.43	1.73
FeO	2.38	1.58	2.52	2.47	0.16	1.40
MnO	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	0.15
MgO	0.59	0.29	0.59	0.57	0.04	0.18
CaO	1.41	0.62	1.40	1.32	1.37	1.21
Na ₂ O	5.81	9.33	8.66	6.75	9.21	8.98
K ₂ O	6.55	6.66	6.25	4.88	1.96	8.54
P ₂ O ₅	0.06	0.04	0.06	0.06	Не обн.*	0.01
П.п.п.	0.84	0.65	1.15	0.62	1.53	0.96
Сумма	99.76	99.52	99.43	99.66	99.58	99.58
Rb, мкг/г	233.5	240.1	246.1	157.7	251.3	266.6
Sr, мкг/г	44.3	40.6	95.5	293.2	29.0	281.0
⁸⁶ Sr, мкг/г	4.235	3.872	9.184	28.324	2.751	27.123
⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	15.423	17.350	7.498	1.558	25.563	2.750
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.83396	0.85061	0.76735	0.71738	0.91921	0.72760
$\pm 1\sigma$	0.00005	0.00005	0.00005	0.00006	0.00007	0.00009

* Не обнаружено.

Примечание. Определение содержаний рубидия и стронция производилось из одной навески методом изотопного разбавления с использованием трассеров ⁸⁷Rb и ⁸⁴Sr. После разложения проб смесью плавиковой и хлорной кислот выделение концентратов рубидия и стронция осуществлялось на хроматографических колонках с ионообменной смолой DOWEX 50 \times 8 (200–400 меш). Бланки по ⁸⁷Rb и ⁸⁶Sr не превышали 0.3 нг. Измерения изотопного состава рубидия и стронция выполнялись на масс-спектрометрическом комплексе МИ-1201Т однолучевым методом в двухленточном режиме ионизации с использованием ренийевых лент. Измеренные изотопные отношения ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr нормализовались по величине ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.1194 и корректировались к паспортному значению ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.70801 для изотопного стандарта стронция ГСО 3476–86 (НПО “ВНИИМ им. Д.И. Менделеева”). Ошибка определения отношения ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr, установленная по пробе “ИСГ-1”, соответствует $\pm 1.5\%$ (2σ). Аналитики: химический состав – Бер Л.М., Павлюк Л.И.; изотопный состав – Литвиненко А.Ф., Сажина А.Г.

образцах, имеющих одинаковые содержания рубидия, и, во-вторых, идентичностью изотопного состава первичного стронция. При выполнении данных условий положительная корреляция между $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ и $1/^{86}\text{Sr}_i$ будет свидетельствовать не о ложности изохронной зависимости, а наоборот, о ее достоверности. В реальной ситуации отклонение точек от прямой будет тем меньше, чем бли-

же друг другу содержания рубидия в исследуемых образцах.

В качестве примера рассмотрим результаты датирования сиенитов Северного Тимана. В пределах Канино-Тиманского региона только на этой территории наиболее полно представлены доступные непосредственному наблюдению магматические породы, среди которых преобладают

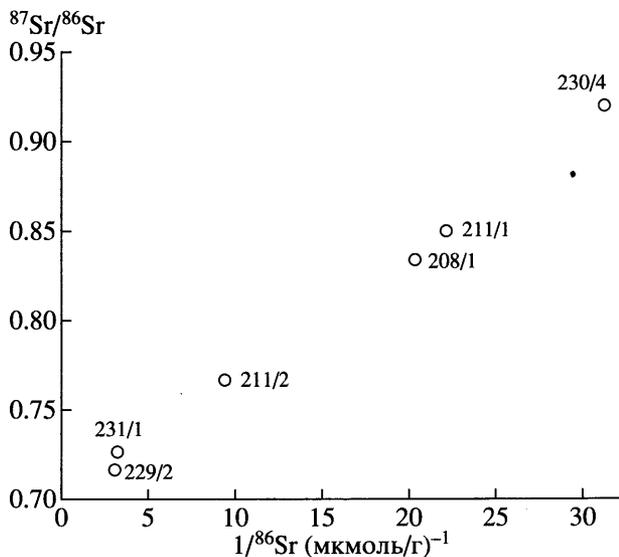


Рис. 2. Стронциевая диаграмма для сиенитов массива мыса Большого Румяничного. При расчете величин $1/^{86}\text{Sr}$ использована атомная масса ^{86}Sr , равная 85.9093 а. е. м. [4].

сиениты и граниты. Их формирование приурочено к рубежу 600 млн. лет (табл. 1).

При датировании конкретных объектов все изохронные зависимости подвергались графической проверке в “координатах смещения”. Подозрительной оказалась лишь изохрона по сиенитам массива мыса Большого Румяничного. Аналитические данные приведены в табл. 2 и представлены графически на рис. 2, где они образуют статис-

тически достоверную изохрону. На проверочном графике (рис. 2) фигуративные точки проанализированных образцов расположились линейно, что дало основание считать изохрону ложной, хотя возраст сиенитов массива мыса Большого Румяничного был идентичен возрасту аналогичных пород других массивов. Это обстоятельство и послужило поводом для анализа зависимости в “координатах смещения”. В результате было установлено, что подобным образом точки будут располагаться в том случае, если радиогенные добавки стронция в исследуемых породах близки друг другу. А это возможно при равенстве содержаний радиоактивного рубидия и одновременном начале отсчета времени. Если обратиться к табл. 2, то во всех образцах, за исключением 229/2, наблюдаются близкие содержания рубидия. Именно этим и объясняется линейное расположение точек на диаграмме с “координатами смещения”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nicolaysen L.O. Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks // Ann. N.Y. Acad. Sci. 1961. V. 91. P. 198–206.
2. Андреев В.Л. Изотопная геохронология интрузивного магматизма Северного Тимана. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 90 с.
3. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS: A plotting and regression program for radiogenic-isotope data, for IBM-PS compatible computers, version 2.00 // USGS Open-File Report 88–557. 1990. 38 p.
4. Кравцов В.А. Массы атомов и энергии связи ядер. М.: Атомиздат, 1974. 344 с.