



# ЭКЛОГИТЫ МАРУНКЕУ — ДОКЕМБРИЙ ИЛИ ПАЛЕОЗОЙ?

К.Г.-м.н. В. Л. Андреев  
izo@geo.komisc.ru

Одним из принципиальных моментов геологии палеоконтинентального сектора Полярного Урала до настоящего времени остается возраст эклогитов Марункеуского блока, поскольку от этого непосредственно зависит решение вопроса о возрасте субдукции, в ходе которой, как считает большинство исследователей, и происходит образование эклогитов.

Эклогитсодержащие породы локализованы в зоне Главного Уральского надвига на тех же широтах, что и гипербазитовый массив Сыумкеу

(рис. 1). В соответствии со стратиграфической схемой докембрия Урала [13] в палеоконтинентальном секторе Полярного Урала выделяются харбейский комплекс и няровейская серия. Образования харбейского комплекса (нижний структурный этаж), представленные кристаллическими сланцами, гнейсами, амфиболитами и эклогитами, относятся к нижнему протерозою. Верхний структурный этаж сложен метаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями няровейской серии, датируемой средним рифе-

ем. Нижний структурный этаж характеризуется субширотными, а верхний — субмеридиональными простираниями складчатых и разрывных структур. Эклогитсодержащие породы помещены в основание харбейского комплекса в ранге марункеуской свиты, которую, по мнению Н. Г. Удовкиной [14, 16] и В. И. Ленных [7], целесообразно рассматривать как самостоятельный метаморфический комплекс в пределах Марункеуского блока (структуры). Основанием для такого выделения послужили резкая бимодальность слагающих комплекс пород (кислых и основных) с преобладанием разностей кислого состава, их глубокий метаморфизм, тектонические контакты с отложениями няровейской серии.

В строении блока участвуют различные по составу и генезису породы наиболее высоких ступеней метаморфизма (эклогиты в ассоциации с ультрамафитами, мигматиты, гранатовые амфиболиты), приуроченные к осевой зоне блока — юго-восточной части одноименного хребта (район Слюдяной Горки). Крылья сложены гнейсами, полевошпатовыми амфиболитами, амфиболовыми и слюдяными сланцами. В северной части (район р. Щучья) преобладают амфиболиты и глаукофановые сланцы, эклогиты отсутствуют. В пределах блока широко распространены разнообразные по составу бластомилониты и мигматиты, несущие следы многофазной гранитизации и метасоматоза. Обрамляющие блок породы няровейской серии имеют простирание, согласное с тектоническими разломами, по обе стороны которых наблюдаются поля гранитизации.

Геологические данные свидетельствуют о том, что эклогитсодержащие породы представляют собой тектонический блок, выдвинутый в отложения няровейской серии. С. Н. Иванов с коллегами [6] считают его фрагментом эпикарельской платформы и относят к доуралидам. Аналогичной точки зрения придерживается Н. Г. Удовкина [14, 16], полагающая, что полиметаморфические толщи, включающие эклогиты, представляют собой блок дорифейского кристаллического фундамента, сложенного эффузивно-осадочными породами преимущественно кислого состава и содержащего в подчиненном количестве тела основного и ультраосновного состава. По данным Л. Н. Белякова и Б. Я. Дембовского [3] эффузивно-осадочные образования имеют неуральскую ориентировку и отражают геодинамические условия докембрия. По мнению Н. Л. Добрецова [4, 11], ассоциация пород Марункеуского блока: гранатовые перидотиты — эклогиты и гранатовые амфиболиты (метагаббро) — глаукофановые метабазальты относятся к докембрийской метаофиолитовой формации. О

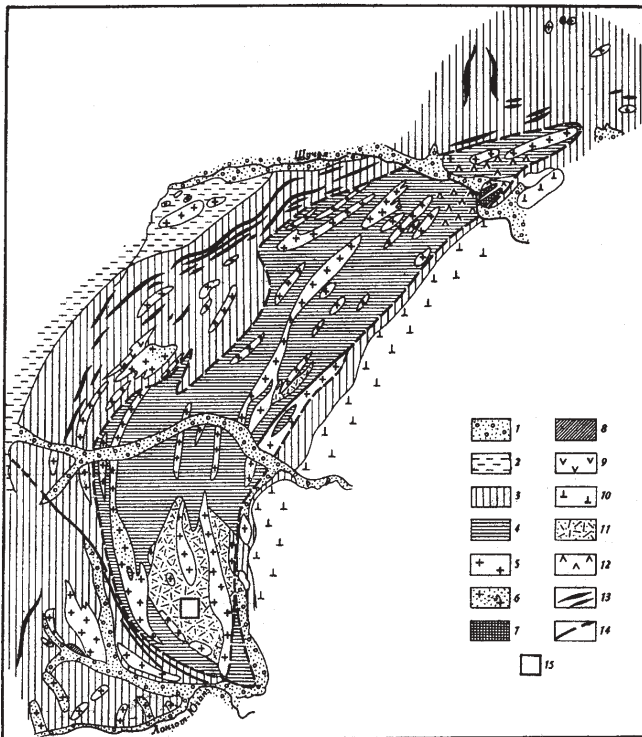


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Марункеуского блока. По: [13], с дополнениями автора.

1 — четвертичные отложения; 2 — палеозойские отложения; 3 — няровейская серия — кварц-графитовые, кварц-серицитовые сланцы, конгломераты, серицит-хлоритовые сланцы с прослоями кварцитов, песчаников и мраморов, кварц-серицит-хлоритовые тонкопослойчатые сланцы с прослоями эффузивов; 4 — марункеуский комплекс — переслаивание амфиболитов (гранатовых, альбитовых, слюдяных, слюдяно-хлоритовых) с гнейсами, гранитогнейсами и эклогитами; 5 — граниты, плагиограниты, гнейсограниты; 6 — гранитоиды с флюоритом; 7 — фельзит-порфиры; 8 — диориты; 9 — габбро, габбродиабазы и диабазы; 10 — сыумкеуский дунит-гарцбургитовый комплекс; 11 — районы распространения эклогитов; 12 — породы с глаукофаном; 13 — кварц-графитовые сланцы; 14 — зоны нарушений; 15 — район Слюдяной Горки



докембрийском возрасте марункеуского метаморфического комплекса высказываются и другие исследователи [5, 12].

Древний возраст эклогитов Марункеу был доказан работами Н. Г. Удовкиной [14–17], основанными на результатах K–Ar датирования минералов и Pb–Pb датирования цирконов. Максимальные значения достигали 1.70, 1.54 млрд. лет по цирконам и 1.51 млрд. лет по флогопиту\*. Более молодой K–Ar возраст (815–747 млн. лет) получен по амфиболу и флогопитам из ассоциирующихся с эклогитами гранат-цоизит-кианитовых и слюдисто-гранатовых пород. Сходный Pb–Pb возраст (750 млн. лет) имеют цирконы из эклогита. Кроме того, по амфиболам и биотиту из эклогитов было получено шесть K–Ar возрастных определений в узком диапазоне 626–605 млн. лет. Помимо этих данных имеется значительное количество минеральных возрастов по породам Марункеуского блока, в том числе и по эклогитам, отвечающим палеозою. Общая картина, свидетельствующая о полиметаморфическом характере развития блока, отражена на рис. 2.

Долгое время докембрийский возраст эклогитов не вызывал сомнений, однако в последние годы наметилась иная точка зрения. В. С. Шацкий с соавторами [9] получили Sm–Nd возраст (порода в целом + гранат + пироксен), равный  $366 \pm 8.5$  млн. лет. Практически такой же возраст ( $358 \pm 3$  млн. лет) был установлен по Rb–Sr минеральной изохроне [19]. В первом случае авторы интерпретируют цифру как время максимального проявления эклогитового метаморфизма на стадии субдукции, не исключая, что это может быть и время коллизии Восточно-Европейского континента с островными дугами, во втором случае говорится об одновременном образовании эклогитов и амфиболитов. Геохронологические данные предшественников при интерпретации во внимание не принимаются, хотя приуроченность полученных возрастов к основному максимуму K–Ar и Pb–Pb изотопных данных, приходящемуся на уровень 360 млн. лет (рис. 2), настораживает, так как при таком варианте интерпре-

тации более древние значения возраста отражают доэклогитовую историю блока. А как же быть с докембрийскими возрастными, установленными непосредственно по эклогитам? Не замечать их нельзя, поскольку нет объективных причин усомниться в их достоверности.

Реальность цитируемых возрастов сомнений не вызывает, но с интерпре-

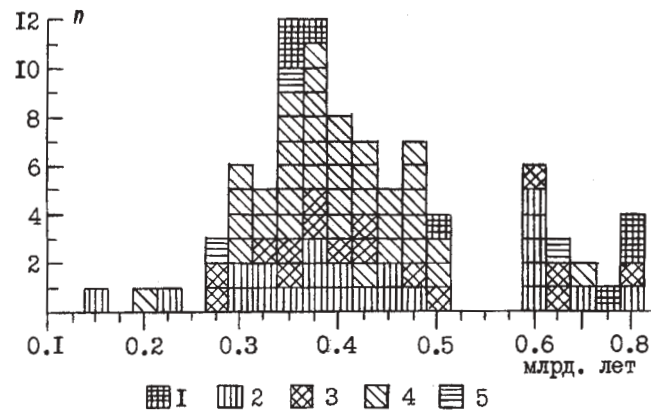


Рис. 2. Сводная гистограмма изотопных возрастов по метаморфическим и плутоническим породам Марункеуского блока. По: [9, 13–15] и лабораторному банку данных. Не показаны значения возраста 1.51, 1.54 и 1.70 млрд. лет. 1 —  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст по цирконам; 2–5 — K–Ar возраст: 2 — амфибол, 3 — биотит + флогопит, 4 — мусковит, 5 — калиевый полевошпат + плагиоклаз. Шаг осреднения 25 млн. лет — для возрастов меньше 0.6 млрд. лет и 50 млн. лет — для возрастов больше 0.6 млрд. лет

тацией согласиться трудно. В обоих случаях исследовались породы, имеющие в своем составе белую слюду, образование которой, вероятнее всего, связано с гранитизацией эклогитов, проявлявшейся неоднократно. По образному выражению Н. Г. Удовкиной эти процессы были настолько интенсивными, “что породы как бы “пропарены” кислыми флюидами, инъекциями и насыщены отдельными телами гранитоидов” [16, с. 19]. О неоднократном проявлении мусковитизации в пределах Марункеуского блока свидетельствуют K–Ar данные по этому минералу, варьирующие от 482 до 207 млн. лет, максимум которых приходится на 360 млн. лет (рис. 2). Об этом же говорит и название территории мак-

симального распространения эклогитов — Слюдяная Горка, в справедливости которого автор мог непосредственно убедиться. Не исключено, что цитируемые возрастные значения отражают время реэклогитизации, на дискретность которой указывает Н. Г. Удовкина [14, 15]. Если последнее справедливо, то результаты будут зависеть не только от метода датирования, но и от того, какой образец анализируется.

В своих исследованиях мы постарались максимально избавиться от влияния гранитизации на эклогиты, предполагая, что температурные условия, при которых она происходила, были достаточными, чтобы привести к нарушению изотопных систем в объеме отдельных минералов, а установление возраста ранних событий, в том числе и времени образования эклогитов, более вероятно при датировании по породе в целом или по минералам неизмененных (безмусковитовых) эклогитов.

Для проверки этого предположения было проведено датирование эклогитов Слюдяной Горки и вмещающих их пород из ближайшего геологического окружения Rb–Sr методом, осознавая, что это не лучший вариант. Дело в том, что протолитами для эклогитов служили породы основного и

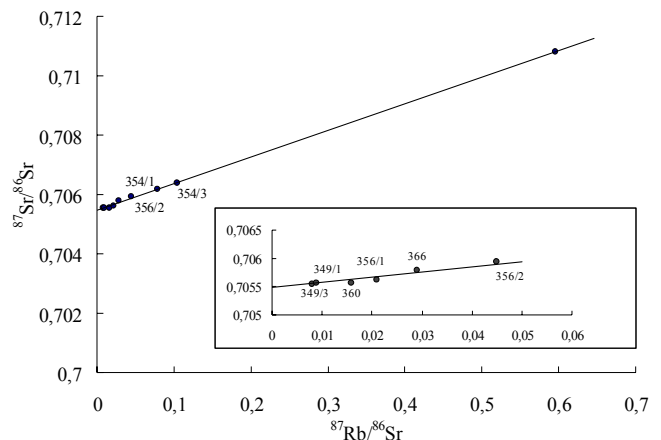
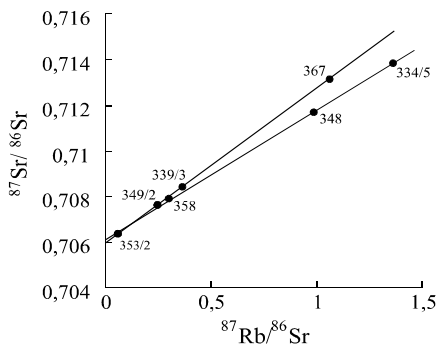


Рис. 3. Rb–Sr диаграмма для безмусковитовых эклогитов Слюдяной Горки.  $t = 626 \pm 20$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70549 \pm 4$ ,  $CKBO = 0.49$

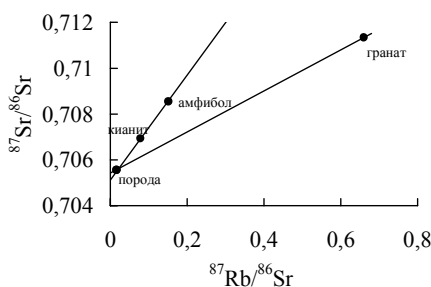
\* K–Ar возрастные значения приведены в соответствие с константами распада и изотопной распространенности калия по [18], что повлекло за собой незначительное расхождение с данными в цитируемых источниках.



**Рис. 4.** Rb-Sr диаграмма для мусковитизированных эклогитов Слюдяной Горки. Образцы 353/2, 349/2, 358, 339/3, 367:  $t=478 \pm 15$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70595 \pm 10$ ,  $СКВО=0.21$ ; Образцы 353/2, 348, 334/5:  $t=405 \pm 12$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70602 \pm 10$ ,  $СКВО=0.02$

ультраосновного составов, характеризующиеся низкими концентрациями Rb, а это влечет за собой слабую дифференцируемость Rb/Sr отношений, и, как следствие, незначительную растяжку изохрон и большую величину погрешностей их параметров.

На Rb-Sr диаграмме (рис. 3) фигуративные точки эклогитов без мусковита образуют изохронную зависимость с возрастом  $626 \pm 20$  млн. лет (приводимые в тексте и на рисунках погрешности для изохронных параметров соответствуют  $2\sigma$ ). Иная картина наблюдается с мусковитизированными эклогитами (рис. 4), по которым фиксируются два возраста. Большин-



**Рис. 5.** Rb-Sr диаграмма для образца эклогита № 360.

Порода+кианит+амфибол:  $t=1540 \pm 150$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70521 \pm 22$ ,  $СКВО=0.002$ .

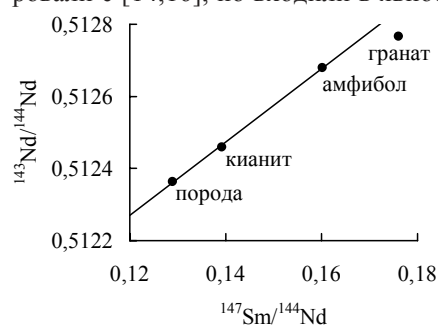
Порода+гранат:  $t=629 \pm 39$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70542 \pm 21$

ство точек образуют изохрону с возрастом  $478 \pm 15$  млн. лет, а координаты точек образцов 348 и 334/5 располагаются ниже изохроны. Возраст по этой паре составляет  $400 \pm 71$  млн. лет. Проведенная через них прямая проходит между точками 353/2 и 349/2, включение в расчет любой из них мало скажется на величине возраста и первичного отношения стронция, но суще-

ственно уменьшит погрешность. Так, включение точки 353/2 приводит к возрасту  $405 \pm 12$  млн. лет, что и отражено в подрисуночной подписи. Следует заметить, что исследуемые разновозрастные эклогиты отличаются не только возрастом, но и химизмом. Так, содержание  $\text{K}_2\text{O}$  в безмусковитовых эклогитах варьирует от 0.04 до 0.52 %, а в мусковитовых разностях – 0.43–3.41 %. Разумеется, аналогичная картина наблюдается и с содержанием Rb, что можно видеть из сравнения рис. 3 и 4. Размах Rb/Sr отношений в мусковитизированных эклогитах больше, чем у эклогитов без мусковита.

Полученные данные подтвердили справедливость отдельного датирования эклогитов, и в результате по безмусковитовым разностям был подтвержден докембрийский возраст, который автор связывал со временем первичной кристаллизации эклогитов [1], но, как оказалось, преждевременно. При исследовании Rb-Sr методом минералов из образца, не содержащего мусковит, был получен совершенно иной возраст (табл. 1, рис. 5). Порода, кианит и амфибол образуют изохрону с возрастом  $1.54 \pm 0.15$  млрд. лет, а координаты точки граната резко отклоняются от общей зависимости, его возраст в паре с породой составляет  $629 \pm 39$  млн. лет и практически совпадает с возрастом безмусковитовых эклогитов.

Новые значения возраста коррелировали с [14,16], но входили в явное



**Рис. 6.** Sm-Nd диаграмма для образца эклогита № 360.

$t=1540 \pm 140$  млн. лет,  $СКВО=0.27$

противоречие с [9, 19], поэтому для независимого контроля и исключения случайности этот же образец был исследован Sm-Nd методом в Геологическом институте Кольского научного центра РАН на масс-спектрометре Finnigan MAT-262 (RPQ) [2]. Результаты аналитических измерений представлены в табл. 2 и на рис. 6.

Изохронный возраст по породе, кианиту и амфиболу составил  $1.54 \pm 0.14$  млрд. лет, а координаты точки граната, как и в Rb-Sr систематике, находятся ниже изохроны, но незначительно. Sm-Nd возраст граната и породы составляет  $1.30 \pm 0.07$  млрд. лет. Сравнение поведения Rb-Sr и Sm-Nd систем в гранате позволяет предположить, что условия, при которых происходили метаморфические изменения эклогитов в венде, по-видимому, были не ниже эпидот-амфиболитовой фации.

Следует обратить внимание еще на один факт в пользу докембрийского возраста эклогитов Марункеу. В качестве их вероятных протолитов В. С. Шацкий с коллегами [9] не исключает офиолиты массива Сьумкеу, примыкающие с востока к Главному Уральскому надвигу, но не контактирующие с эклогитсодержащими толщами. Между ними находятся отложения няровейской серии (рис. 1). По-видимому, основанием для этого послужили Ar-Ar возраста по породам Сьумкеу [8], варьирующие в интервале 491–407 млн. лет, поскольку они удовлетворяют принимаемому авторами возрасту эклогитов 366 млн. лет.

Для оценки возраста вероятных протолитов эклогитов нами были исследованы Rb-Sr методом по породе в целом перидотиты, развитые в районе гор Рыжей и Перидотитовой, и плагиоклазовые порфириды, наблюдающиеся на безымянной сопке юго-восточнее горы Перидотитовой. Эти в различной степени гранатизированные породы находятся непосредственно в районе Слюдяной Горки. Их изохронный возраст составляет  $808 \pm 140$  млн.

**Таблица 1**

**Концентрации и изотопный состав Rb и Sr в образце эклогита № 360**

Материал	Rb, ppm	Sr, ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Порода	3.1	560.5	0.016	$0.70556 \pm 20$
Амфибол	5.2	99.3	0.151	$0.70855 \pm 22$
Кианит	0.9	32.0	0.078	$0.70694 \pm 30$
Гранат	3.2	14.0	0.660	$0.71134 \pm 27$

*Примечание.* Погрешности измерения отношения  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  – 1.5 % ( $2\sigma$ ), отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  приведены в последних знаках ( $2\sigma$ ).





Таблица 2

Концентрации и изотопный состав Sm и Nd в образце эклогита № 360

Материал	Sm, ppm	Nd, ppm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
Порода	1.00	4.70	0.12891	$0.512364 \pm 13$
Амфибол	0.16	0.62	0.16017	$0.512680 \pm 25$
Кианит	0.14	0.62	0.13916	$0.512460 \pm 24$
Гранат	0.13	0.44	0.17605	$0.512767 \pm 6$

Натапов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. 327 с.

6. Иванов С. Н., Краснобаев А. А., Русин А. И. Докембрий Урала // Докембрий в фанерозойских складчатых поясах. Л.: Наука, 1982. С. 81–94.

7. Ленных В. И. Метаморфические комплексы западного склона Урала // Доордовикская история Урала. Свердловск, 1980. Вып. 6. С. 3–40.

8. Новые данные о возрасте офиолитов Полярного Урала / В. А. Симонов, С. А. Куренков, Ю. В. Тихунов и др. // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты. М.: ГЕОС, 1998. С. 181–183.

9. Новые данные о возрасте эклогитов Полярного Урала / В. С. Шацкий, В. А. Симонов, Э. Ягоутиц и др. // Докл. РАН, 2000. Т. 371. № 4. С. 519–523.

10. Овчинников Л. Н. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Свердловск, 1963. С. 57–82. (Тр. I Уральского петрограф. совещ. Т.1).

11. Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна) / Н. Л. Добрецов, Ю. Е. Молдаванцев, А. П. Казак и др. Новосибирск: Наука, 1977. 217 с.

12. Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Возраст и проблема эксгумации эклогитов (на примере Урала) // Постколлизивная эволюция подвижных поясов. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2001. С. 155–156.

13. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург, 1993.

14. Удовкина Н. Г. Эклогиты Полярного Урала (на примере южной части хр. Марун-Кей). М.: Наука, 1971. 191 с.

15. Удовкина Н. Г. К вопросу о возрасте эклогитов Урала // Очерки геологической петрологии. М.: Наука, 1976. С. 339–348.

16. Удовкина Н. Г. Эклогиты СССР. М.: Наука, 1985. 286 с.

17. Удовкина Н. Г., Шанин Л. Л. О возрасте эклогитов Полярного Урала // Новые данные по геохронологической шкале в абсолютном летоисчислении, датирование тектоно-магматических циклов, процессов рудообразования и вопросы интерпретации цифр. М., 1971. С. 116–118.

18. Steiger R. H., Jöger E. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology // Earth and Planet. Sci. Lett. 1977. V. 36. № 3. P. 359–362.

19. The Marun-Keu Metamorphic Complex, Polar Urals, Russia: Protolith Ages, Eclogite Facies Fluid-Rock Interaction, and Exhumation History / J. Glodny, H. Austrheim, P. Montero, A. Rusin // J. Conf. Abs. (EUG-X), 4. 1999. P. 80.

Примечание. Погрешности измерения отношения  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  – 0.3 % (2σ), отношения  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  приведены в последних знаках (2σ)

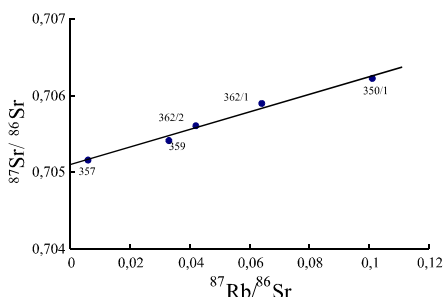


Рис. 7. Rb-Sr диаграмма для ультрамафитов района Слюдяной Горки.  $t = 808 \pm 140$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70510 \pm 13$ ,  $CKBO = 0.49$ .

лет (рис. 7). Величина первичного отношения стронция, равная 0.70510, свидетельствует о том, что это не время их образования, а возраст вторичного события в эволюции ультрамафитов. Не исключено, что это возраст амфиболитового метаморфизма, в пользу чего говорит изохронный Rb-Sr возраст амфиболитов (рис. 8), отобранных в районе оз. Ингилор и в береговом обнажении руч. Нярошор, равный  $772 \pm 16$  млн. лет.

Таким образом, результаты проведенных исследований в совокупности с имеющимися геохронологическими данными свидетельствуют о том, что

ные причины омоложения могут быть связаны с ремобилизацией вещества, обусловленной процессами гранитизации эклогитов или тектоническими событиями в эволюции уралид восточного склона Урала. Так, максимум палеозойских возрастов по породам Марункеуского блока приходится на уровень 360 млн. лет. По-видимому, это возраст эксгумации эклогитов. Практически в это же время имел место и глаукофановый метаморфизм, который разорван во времени от процессов эклогитизации [11, 16]. Кроме того, в Щучьинской и Войкарской палеоостроводужных системах вспышки постофиолитового гранитоидного магматизма приурочены к 400 и 360 млн. лет [1], и поэтому наблюдаемая коррелируемость возрастов в палеоконтинентальном и палеоостроводужном секторах Полярного Урала вполне закономерна.

Автор выражает глубокую признательность заведующей лабораторией геохронологии и геохимии изотопов Геологического института Кольского научного центра РАН Т. Б. Баяновой за предоставленную возможность исследования эклогитов Sm - Nd методом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андрищев В. Л. Геохронология метаморфических и магматических процессов в эволюции земной коры севера Урала // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Материалы Второго Всероссийского петрографического совещания. Т. IV. Сыктывкар, 2000. С. 12–14.

2. Андрищев В. Л., Деленицын А. А. Rb-Sr и Sm-Nd изотопные данные о докембрийском возрасте эклогитов Полярного Урала. 2003 (в печати).

3. Беляков Л. Н., Дембовский Б. Я. Основные черты структурно-тектонического районирования Тимано-Уральской области // ДАН СССР, 1982. Т. 266. № 6. С. 1437–1439.

4. Добрецов Н. Л. Глаукофанланцевые и эклогит-глаукофанланцевые комплексы СССР. Новосибирск: Наука, 1974. 436 с.

5. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И.,

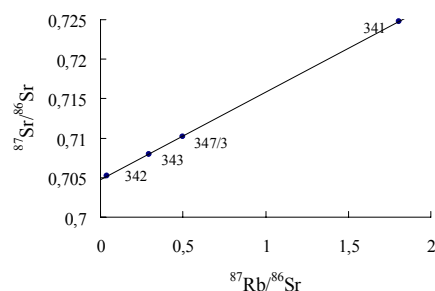


Рис. 8. Rb-Sr диаграмма для амфиболитов Марункеуского блока.  $t = 772 \pm 16$  млн. лет,  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.70476 \pm 12$ ,  $CKBO = 0.29$ .

образование эклогитов Марункеуского блока приурочено к границе раннего и позднего протерозоя. Возрастные значения, отвечающие венду и палеозою, скорее всего фиксируют более поздние процессы в метаморфической эволюции эклогитов. Вероят-