

О петрохимической классификации амфиболитов архейской части разреза Кольской сверхглубокой скважины

Н.Е. Козлов^{1,2}, Е.В. Мартынов^{1,2}, Н.Е. Козлова^{1,2}, Л.Д. Кириллова^{1,2},
Ю.П. Смирнов³

¹ Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты

² Апатитский филиал МГТУ, г. Апатиты

³ НПЦ "Кольская сверхглубокая", г. Заполярный

Аннотация. В работе рассмотрена проблема систематики амфиболитов архейской части разреза Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3). Показано, что комплексный петрогеохимический подход позволяет с высокой степенью достоверности классифицировать эти образования и выделять среди них разновидности, имеющие предположительно как архейский, так и протерозойский возраст. Протерозойские образования среди основных пород архейского комплекса СГ-3 составляют, по нашим оценкам, от 52 до 67 %. Показано наличие среди протерозойских метамагматитов архейской части разреза СГ-3 гомологов метавулканитов свиты матерт, что ставит под сомнение вывод, сделанный Н.П. Виноградовой и В.А. Мележином, об аллохтонном происхождении верхних уровней разреза Северной Печенги, в том числе ее продуктивных горизонтов, что крайне важно в металлогеническом аспекте.

Abstract. The problem of systematics of amphibolite from the Kola Superdeep Borehole (SG-3) Archaean section has been discussed. An integrated petrogeochemical approach allows classifying these rocks with a high degree of reliability and distinguishing among them varieties dated presumably as Archaean and Proterozoic. Proterozoic rocks among the basic rocks in the Archaean section range from 52 to 67 %. Homologues to metavolcanites from the Matert Formation are present among the Proterozoic metamagmatites in the SG-3 Archaean section. This has cast some doubt on the conclusion drawn by N.P. Vinogradova and V.V. Melezhik about the allochthonous origin of the upper layers of the North Pechenga section, including its producing horizons. This is of great importance in terms of metallogeny.

1. Состояние проблемы

Проблема систематики амфиболитов архейской части разреза Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3) вызывала интерес исследователей с самого раннего периода изучения СГ-3. Поскольку до последнего времени в ряде работ можно встретить термины "пара-" и "ортоамфиболиты", авторы сразу подчеркивают, что являются убежденными сторонниками точки зрения А.А. Предовского (1980) и некоторых других исследователей, что парапород, строго соответствующих по минеральному и химическому составу амфиболитам, в природе не существует. Ошибочное использование понятия "параамфиболиты" объясняется, возможно, тем, что к амфиболитам некоторые исследователи относят амфиболсодержащие сланцы, которые действительно в ряде случаев могут иметь осадочную или вулканогенно-осадочную протоприроду, фиксируемую в их химическом составе. С учетом этого следует уточнить, что в настоящей работе рассматриваются исключительно те породы, которые состоят из амфибола (иногда с присутствием клинопироксена или эпидота) и плагиоклаза и отвечают по минеральному составу амфиболитам в понимании петрологов (Хуан, 1965; Томкеев, 1986; Рык, Малишевская, 1989), а по химическому составу соответствуют базитам или более основным магматитам.

Среди наиболее подробных публикаций, посвященных проблеме систематики амфиболитов разреза СГ-3, можно назвать монографию А.А. Кременецкого и Л.Н. Овчинникова (1986), соответствующие главы монографий, подготовленные Ю.Н. Яковлевым и А.К. Яковлевой, а также Ю.П. Смирновым и В.А. Тюремновым (*Архейский комплекс...*, 1991; *Кольская сверхглубокая...*, 1998). Несколько позже детальное исследование вещественного состава амфиболитов привело ряд авторов к выводу, что в архейском комплексе разреза СГ-3 встречаются разновидности основных пород, являющиеся аналогами как архейских, так и протерозойских метамагматитов. Это наиболее убедительно, с использованием изотопных данных, показано в работах Т.Б. Баяновой и Ф.П. Митрофанова с соавторами (*Vayanova et al.*, 2001), а также В.Р. Ветрина с соавторами (2002).

В связи с этим проблема диагностики в архейской части разреза скважины амфиболитов, принадлежащих к протерозойскому комплексу, стала еще более актуальной. Невозможность геохронологического исследования каждой пробы определила необходимость поиска других подходов к решению этой задачи. Данному вопросу и посвящено настоящее исследование.

Авторы использовали как оригинальные и опубликованные литературные материалы по составу амфиболитов печенгского комплекса и породных ассоциаций архея из геопроостранства СГ-3, так и базу данных, содержащую сведения о химическом составе амфиболитов архейской части разреза СГ-3, любезно предоставленную руководством Научно-производственного центра "Кольская сверхглубокая". Всего в настоящей работе были использованы результаты 293 полных силикатных анализов пород разреза СГ-3 и 1036 анализов пород архейских и протерозойских комплексов окружения скважины.

2. Методика исследования

Для систематики амфиболитов авторами за основу взята классификация *А.А. Предовского* (1980), которая позволяет достаточно полно учитывать информацию о составе метаморфитов, в том числе такие важные показатели, как основность и общая щелочность пород, а не только содержание отдельных элементов, как это предложено в классификации *А.А. Кременецкого и Л.Н. Овчинникова* (1986). Последняя в несколько уточненном авторами виде была, тем не менее, использована, но лишь при решении некоторых вопросов, к примеру, для более дробной классификации базитов, а также пикробазитов нормальной щелочности.

Деление амфиболитов СГ-3 на группы рассматривалось как первый шаг в цепочке последовательных действий по систематике. На конечном этапе производилось сопоставление выделенных групп с эталонными выборками основных пород, встречающимися в пределах геопроостранства СГ-3, по методике *Е.В. Мартынова*, описанной ранее (*Козлов и др.*, 2001; 2002). Для этого сопоставления эталонные группы, созданные из породных ассоциаций геопроостранства СГ-3, также были предварительно классифицированы аналогично породам разреза СГ-3.

На основе геолого-петрогеохимических данных в качестве района для поиска гомологов архейских пород, вскрытых в СГ-3, была выбрана территория, расположенная к северу-северо-востоку от скважины, в пределах комплекса Ярфиорд-Кола (*Козлов и др.*, 2001; 2002; 2003). Авторы настоящей работы неоднократно аргументировали эту точку зрения, приводя геологические, петрогеохимические и иные доводы в ее пользу. Тем не менее, дискуссия по данному вопросу продолжается. Она представляется принципиальной, поскольку при сопоставлении амфиболитов с породами геопроостранства СГ-3, о чем пойдет речь в настоящей работе, в качестве последнего нами принимается именно этот район.

Предложенный авторами метод поиска гомологов по петрогеохимическим данным был апробирован на материалах протерозойской части разреза СГ-3, где геологические данные позволяют решать задачу определения гомологов однозначно, а значит, возможен строгий контроль за результатом сопоставлений. В ходе этих исследований была показана полная сходимость петрогеохимических и геологических данных, т.е. высокая надежность и достоверность методики (*Козлов и др.*, 2002). Тогда же была продемонстрирована согласованность вывода о возможности нахождения гомологов пород архейской части разреза СГ-3 в пределах комплекса Ярфиорд-Кола с геологическими, геохронологическими и геофизическими материалами.

Тем не менее, за рамками обсуждения остался достаточно серьезный, на первый взгляд, аргумент противников подобного выбора территории для поиска гомологов о практически полном отсутствии в ее пределах комплекса тоналит-трондьемитовых гнейсовых ассоциаций, широко развитых в архейской части разреза СГ-3 (*Ветрин и др.*, 2002). Этот аргумент, по мнению авторов, не может считаться обоснованным (*Козлов и др.*, 2003). В данном случае речь скорее идет о терминологическом недоразумении. Действительно, как показывают наши исследования, среди гнейсов района оз. Трифоноярви, Лиинахамари, Немецкой бухты, а также ряда полигонных участков района пос. Луостари, т.е. практически на всей исследованной нами площади распространения комплекса Ярфиорд-Кола, встречаются биотит-амфиболовые гнейсы и диоритогнейсы, по химическому составу отвечающие классическим тоналит-трондьемитовым ассоциациям *К. Конди* (1983) и характеризующиеся трендами, аналогичными трендам гранитоидных ассоциаций СГ-3 (рис. 1а, б).

В районе Немецкой бухты закартированная Ю.А. Морозовым замкнутая форма контура выходов биотит-амфиболовых гнейсов (диоритогнейсов) предполагает их интрузивную природу (*Козлов и др.*, 2001). Возраст этих пород, претерпевших палингенные преобразования и внедрившихся в метаморфиты гранитоидного комплекса, составляет 2724 ± 27 млн лет (*Козлов и др.*, 2003). Эта цифра аналогична полученной ранее в той же лаборатории для амфибол-биотитовых тоналитовых и трондьемитовых гнейсогранитов низов разреза СГ-3 (2746 ± 65 и 2740 ± 10 млн лет) (*Архейский комплекс...*, 1991; *Баянова и др.*, 2002).

Авторам известно определение более древнего возраста последних – 2832 ± 6 млн лет (*Кольская сверхглубокая...*, 1998; *Баянова и др.*, 2002). Поскольку названная цифра была получена как по монокристаллическим фракциям, так и по фракциям, состоящим из нескольких зерен, большинство из которых при этом подвергалась перед растворением абрадированию, нельзя исключать, что она характеризует

возраст более древнего субстрата, в результате палингенеза которого могла возникать хотя бы часть тоналит-гранодиоровых породных ассоциаций. Представляется, что подобным образом следует исследовать и метаморфиты района Немецкой бухты, что, возможно, позволит снять это видимое противоречие.

О сходстве пород разреза СГ-3 и района Ярфиорд-Кола свидетельствует также одинаковое соотношение слагающих их первичных разновидностей пород в целом (рис. 2а), а также в пределах групп основных (рис. 2б) и кислых (рис. 2с) метаматмитов, исходя из результатов реконструкции их протоприроды. Заметим, что здесь и далее при исследовании вариации разновидностей пород в разрезе СГ-3 был использован метод анализа распространенности породных ассоциаций по числу проб в тех или иных реальных выборках (Изох, 1978).

Следует отметить, что на рис. 2а в группу метатuffитов нами включены метаморфиты, по первичной природе соответствующие достаточно компактной петрохимической группе туффитов с кислым и средним составом (Предовский, 1980), в группу метаосадочных пород – породы, соответствующие по той же классификации грауваккам и субграуваккам.

На рис. 2б и для скважины, и для геопространства СГ-3 в выборки включены все метаморфиты основного состава, территориально встречающиеся в пределах полей развития архейских образований, которые по геологическим данным не могут быть однозначно отнесены к более молодому протерозойскому комплексу. Такой подход к этой группе пород в аспекте обсуждаемой в настоящей статье проблемы, без сомнения, достаточно условный, поскольку, как будет показано ниже, значительная часть основных пород в архейской части разреза СГ-3 имеет протерозойский возраст. Авторы не исключают подобную ситуацию и для комплексов окружения скважины. Возможно, сходство по соотношению типов пород на рис. 2б иллюстрирует, в том числе, и эту ситуацию.

Следовательно, согласно представленным и опубликованным нами ранее данным, район Ярфиорд-Кола с достаточно высокой степенью вероятности можно рассматривать как геопространство, где развиты породные ассоциации гомологов пород архейской части разреза СГ-3. Этот вывод был положен в основу настоящего исследования. При изучении амфиболитов авторы в своих дальнейших сопоставлениях исходили из того, что в архейской части разреза скважины могут встречаться как комагматы печенгских вулканогенных толщ и интрузии г. Генеральская, так и метавулканыты архейских комплексов района Ярфиорд-Кола. В связи с этим в качестве эталонов для сопоставления с амфиболитами архейской части разреза СГ-3 были выбраны основные породы именно этих объектов.

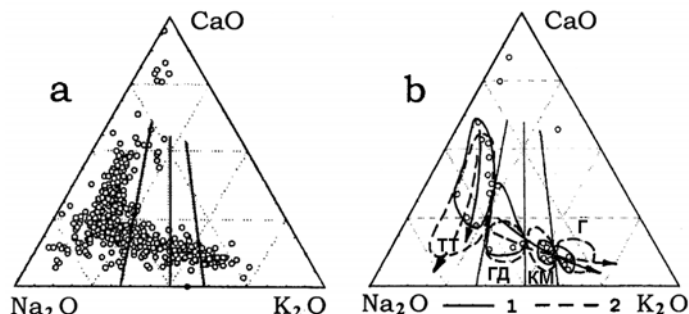


Рис. 1. Соотношение компонентов кислых пород архейской части разреза СГ-3 (а) и комплекса Ярфиорд-Кола (б) на диаграмме К. Конди (1983).

ТТ - тоналит-гранодиориты; ГД - гранодиориты; КМ - кварцевые монцитониты; Г - граниты.
1, 2 - границы полей и тренды изменения состава пород исследованных участков в пределах комплекса Ярфиорд-Кола и метаморфитов архейской части разреза СГ-3 соответственно.

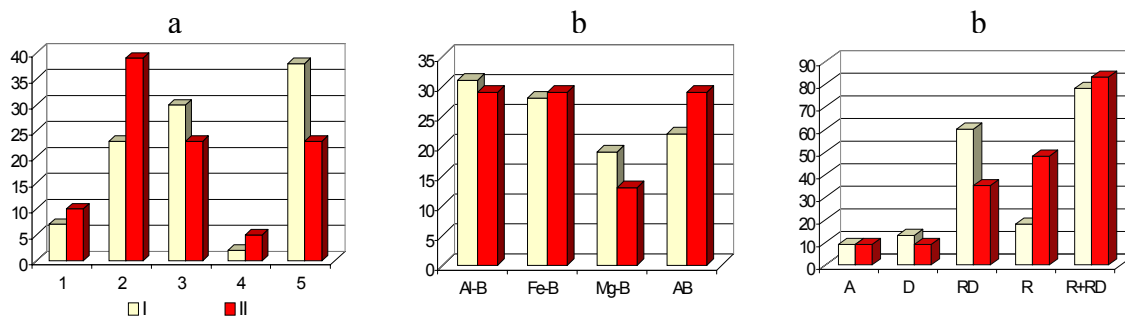


Рис. 2. Соотношение типов метаматмитов в архейской части разреза СГ-3 (I) и комплексе Ярфиорд-Кола (II) - (а), а также в пределах групп основных (б) и кислых (с) метаматмитов (размерность осей ординат - %):

1 – метатuffиты; 2 – метаосадочные породы; 3, 4 – основные и кислые метавулканыты соответственно; 5 – породы неопределенной протоприроды. Al-B, Fe-B, Mg-B – глиноземистые, железистые и магнизиальные метабазиты, соответственно; AB – метаандезибазиты; A – метаандезиты; D – метадациты; R – метариолиты; RD – метариодациты.

3. Обсуждение результатов

Предварительная систематика амфиболитов архейской части разреза СГ-3 по петрогеохимическим признакам показала, что вместо 6 групп, приведенных в работе А.А. Кременецкого и Л.Н. Овчинникова (1986), могут быть выделены 14 групп (табл. 1, 2). В группах железистых базитов низкой и нормальной щелочности, а также пикробазитов нормальной щелочности классификация производилась с учетом данных о содержании в породах TiO_2 (см. табл. 1, группы 6, 7, 10, 11, 13, 14). При этом использование в названиях групп пород терминов "высокотитанистые" или "низкотитанистые" в определенной степени условно. Авторы хотели этим подчеркнуть наличие в группах, сходных в рамках принятой классификации, разновидностей, значимо отличающихся по содержанию TiO_2 , что разъяснено в табл. 1.

Дальнейшее сопоставление выделенных групп с эталонными выборками метаморфитов из геопространства СГ-3 показало, что ни одна из них не сходна с породами г. Генеральская. При выборе между эталонами Печенгской структуры и архейскими породными ассоциациями с достаточно высокой степенью вероятности (не менее 90 %) было установлено сходство с теми или иными образованиями геопространства СГ-3 для 8 из 14 групп, включающих 82 % исследованных проб (см. табл. 1). Особо следует подчеркнуть крайне высокую степень сходства группы 9 с архейскими образованиями (с вероятностью не менее 99 %) и групп 7 и 10 с протерозойскими породными ассоциациями (с вероятностью не менее 95 %), что хорошо коррелируется с геохронологическими данными, полученными для некоторых проб из этих групп (Bayanova et al., 2001; Ветрин и др., 2002). Изотопные данные определения модельного возраста групп 5, 7, 9 и 12 не противоречат результатам наших исследований.

Таблица 1. Систематика амфиболитов архейской части разреза СГ-3

№ группы (число проб)	Группы пород, выделенные по систематике А.А. Предовского (1980) с учетом данных А.А. Кременецкого и Л.Н. Овчинникова (1986)	Тип по А.А. Кременецкому и Л.Н. Овчинникову (1986) с нашими дополнениями ¹	Возраст, полученный в результате сравнения комплексов архей и протерозоя	Модельный возраст, Sm-Nd (млн лет)
1 (8)	Пикриты нормальной щелочности	Fe-a, FM-a	?	
2 (17)	Субщелочные пикриты и базиты	Fe-a, FM-a	Архей (0.1 ³)	2434
3 (6)	Субщелочные и нормальные по щелочности мезит-базиты	Fe-a, Si-a	?	
4 (10)	Низкощелочные и нормальные по щелочности железистые мезит-базиты	Fe-a, FM-a	?	2499
5 (39)	Низкощелочные кремнистые мезит-базиты и базиты	Si-a, SM-a	Архей (0.1)	2648
6 (42)	Низкощелочные железистые базиты низкотитанистые ²	Fe-a	?	
7 (24)	Низкощелочные железистые базиты высокотитанистые ²	Fe-a	Протерозой (0.01)	2160
8 (7)	Низкощелочные магнезиально-железистые базиты	FM-a	Архей ? ⁴	
9 (33)	Глиноземистые базиты	Fe-a, Si-a, M-a, SM-a, AM-a	Архей (0.001)	2702
10 (40)	Железистые базиты нормальной щелочности низкотитанистые ²		Протерозой (0.05)	
11 (16)	Железистые базиты нормальной щелочности высокотитанистые ²	Fe-a	?	2499
12 (23)	Магнезиально-железистые базиты нормальной щелочности	FM-a	Протерозой (0.1)	2434
13 (15)	Низкотитанистые пикробазиты нормальной щелочности ²	FM-a, TA-s, Ac-s, M-a	Протерозой (0.1)	
14 (13)	Высокотитанистые пикробазиты нормальной щелочности ²	FM-a, Fe-a	?	

Примечания:

¹ FM-a – $SiO_2 < 53\%$; $Fe_2O_3 + FeO > 10\%$; $MgO > 7\%$; Fe-a – $SiO_2 < 53\%$; $Fe_2O_3 + FeO > 10\%$; $MgO < 7\%$;

AM-a – $SiO_2 < 53\%$; $Al_2O_3 > 16\%$; $MgO > 7\%$; Ac-s – $SiO_2 < 53\%$; $CaO > 10\%$; $MgO > 10\%$;

M-a (введена нами дополнительно) – $SiO_2 < 53\%$; $Al_2O_3 \leq 16\%$; $Fe_2O_3 + FeO < 10\%$; $MgO \geq 7\%$;

Si-a – $55\% > SiO_2 > 53\%$; $MgO < 7\%$; TA-s – $55\% > SiO_2 > 53\%$; $MgO > 20\%$;

SM-a (введена нами дополнительно) – $55\% > SiO_2 > 53\%$; $20\% > MgO \geq 7\%$.

² Группа 6 – $TiO_2 < 1.9\%$; группа 7 – $TiO_2 > 1.9\%$; группа 10 – $TiO_2 < 1.9\%$; группа 11 – $TiO_2 > 1.9\%$;

группа 13 – $TiO_2 < 1\%$; группа 14 – $TiO_2 > 1.5\%$.

³ Уровень значимости не ниже данной величины.

⁴ Уровень значимости < 0.1 , но внутри группы преобладают пробы, более сходные по составу с архейскими породами (6 из 7).

Таблица 2. Медианный состав (мас.%) различных групп амфиболитов архейской части разреза СГ-3

№ группы*	Группа пород	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO**	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	Пикриты нормальной щелочности	50.56	1.09	6.30	13.57	0.20	16.53	8.56	0.84	1.11
2	Субщелочные пикриты	46.14	1.96	8.58	13.99	0.20	15.51	7.80	0.60	3.35
2	Субщелочные базиты	49.14	1.34	15.13	13.05	0.18	4.49	7.13	3.55	2.38
3	Субщелочные мезит-базиты	54.33	1.07	17.21	9.77	0.10	3.49	7.31	5.07	0.89
4	Низкощелочные железистые мезит-базиты	51.19	1.01	14.93	10.27	0.18	5.38	10.58	2.14	0.38
5	Низкощелочные кремнистые мезит-базиты	54.49	0.78	14.40	10.61	0.18	5.43	9.32	2.48	0.80
5	Низкощелочные кремнистые базиты	53.90	0.80	14.20	10.6	0.17	6.15	9.01	2.64	0.84
6	Низкощелочные железистые базиты низкотитанистые	50.97	1.41	13.78	13.29	0.22	5.62	9.74	2.08	0.80
7	Низкощелочные железистые базиты высокотитанистые	50.12	2.60	12.77	15.21	0.23	4.58	9.43	2.05	0.95
8	Низкощелочные магнезиально-железистые базиты	50.74	0.70	13.00	9.600	0.19	7.15	14.70	1.77	0.47
9	Глиноземистые базиты	50.51	0.37	17.18	8.98	0.15	8.02	9.01	2.53	1.39
10	Железистые базиты нормальной щелочности низкотитанистые	49.21	1.43	14.25	13.72	0.20	6.30	10.28	2.38	0.67
11	Железистые базиты нормальной щелочности высокотитанистые	47.11	2.64	12.99	16.26	0.26	5.25	9.84	2.18	0.80
12	Магнезиально-железистые базиты нормальной щелочности	48.90	1.20	14.30	11.9	0.20	7.77	10.30	2.26	0.80
13	Низкотитанистые пикробазиты нормальной щелочности	52.27	0.21	7.06	9.41	0.21	15.82	10.70	0.77	1.39
14	Высокотитанистые пикробазиты нормальной щелочности	45.14	2.90	9.36	16.06	0.22	9.60	10.30	1.65	1.12

Примечания: * номера групп и названия пород соответствуют табл. 1. ** суммарное железо.

Отметим также, что полученные авторами ранее (*Вулканизм и седиментогенез...*, 1987) выводы о наличии на определенных возрастных уровнях в пределах Кольского региона специфических породных ассоциаций, например, довольно широкое развитие в архейских комплексах глиноземистых базитов при их отсутствии в протерозое, также подтверждает возрастную принадлежность метамагматитов группы 9 к архею.

В целом в архейской части разреза СГ-3 из числа распознанных в принципе метаморфитов выделяются как архейские 48 % основных пород, в то время как к протерозою могут быть отнесены 52 % амфиболитов. Если даже предположить, что все группы нераспознанных амфиболитов имеют протерозойский возраст, доля протерозойских образований в архейской части разреза все равно не превысит 67 %, что несколько меньше цифры, приведенной ранее *В.Р. Ветринным* с соавторами ($\geq 80\%$) (2002).

Отметим также, что амфиболиты в интервалах 7638-7656 и 10098-10120 м, исследованные ранее геохронологически (*Bayanova et al.*, 2001), т.е., вероятно, проанализированные в виде групповых проб и имеющие, согласно этим исследованиям, модельный возраст 2499 и 2434 млн лет соответственно, представлены в названном интервале, по нашим данным, породами разных петрогеохимических групп (см. табл. 1, в первом случае группы, соответственно, 4 и 11, а во втором – 2 и 12). Возможно, поэтому для группы 2, распознанной нами как архейская, возраст протолита определен в упомянутой выше работе как протерозойский.

Достаточно интересные результаты получены при сопоставлении группы 7 амфиболитов, которая и по нашим данным, и по результатам геохронологического исследования с высокой долей вероятности имеет протерозойский возраст протолита, с породами различных толщ Печенгской структуры (рис. 3). С вероятностью 95 % эта группа идентифицируется с породами IV толщи Печенги, т.е. с метавулканитами свиты матерг. Таким образом, можно утверждать, что среди амфиболитов архейской части разреза СГ-3 имеются, и в достаточно большом количестве (примерно 25 % от числа проб пород, распознанных как протерозойские, или порядка 8 % от всей выборки амфиболитов), гомологи верхних метавулканогенных уровней печенгского разреза, которые, вероятно, являлись для них подводящими каналами. Эти данные ставят под сомнение вывод, сделанный *Н.П. Виноградовой* и *В.А. Мележиком* (2002, итоговое совещание по Проекту № 408 МПГК ЮНЕСКО, г. Заполярный, устное сообщение) об отсутствии подобных образований в архейской части разреза СГ-3 и, соответственно, аллохтонном происхождении продуктивной свиты Печенги и перекрывающей свиты матерг.

Авторы не останавливались в настоящей работе на особенностях распространенности выделенных групп амфиболитов в разрезе СГ-3, что должно явиться предметом отдельного исследования и обсуждения. Можно лишь заметить, что во всех без исключения группах, как предположительно архейского, так и протерозойского возраста, встречаются породы, вскрытые скважиной СГ-3, в том числе в пределах толщи I (группы 1, 2, 4-6, 10, 12-14) или толщи II (группы 3, 7-9, 11). Это свидетельствует о более позднем времени формирования протолитов не только протерозойских (что естественно), но и архейских основных пород по отношению к большинству гнейсовых толщ в разрезе скважины (лишь породы групп 8 и 9 теоретически могут быть древнее гнейсов толщи I разреза СГ-3).

В заключение необходимо отметить, что выделенные нами группы не совпадают по объему и наполнению с выделенными ранее рядом авторов по минеральному составу группами (*Архейский комплекс...*, 1991; *Кольская сверхглубокая...*, 1998). Поскольку в названной систематике, разработанной на объемном фактическом материале, также заложена количественная основа, в том числе минералогическая, в дальнейшем представляется целесообразным использовать также и эту информацию. Данная задача достаточно масштабна и выходит за рамки настоящего исследования. Подобное замечание касается и систематики *А.А. Кременецкого* и *Л.Н. Овчинникова* (1986).

4. Выводы

1) Комплексный анализ петрохимических особенностей амфиболитов архейской части разреза СГ-3 позволил разделить их на 14 групп, что отличается от числа групп, выделяемых ранее по минералогическим или геохимическим данным.

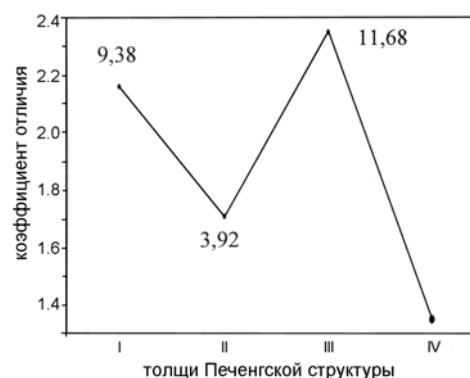


Рис. 3. Степень отличия амфиболитов группы 7 от метавулканитов различных толщ Печенгской структуры.

Чем меньше значение коэффициента отличия, тем больше сходство сравниваемых объектов. Цифры на рисунке – значения критерия Пури-Сена-Тамуры для расстояний от толщи IV (свиты матерг) до других толщ. Отличия сравниваемых структур значимы на 5 или 2 % уровне, если данный критерий выше 3.8 или 6.6 соответственно.

2) С учетом опубликованных геохронологических материалов и данных об особенностях вещественного состава амфиболитов четыре из 14 групп могут с высокой долей достоверности рассматриваться как архейские образования, четыре – как протерозойские, шесть групп пока не могут быть отнесены ни к одной из этих возрастных групп. Протерозойские амфиболиты в архейской части разреза СГ-3 составляют среди основных пород, по нашим оценкам, от 52 до 67 %.

3) Выявление среди протерозойских метамагматитов архейской части разреза СГ-3 гомологов метавулканитов свиты матерт ставит под сомнение вывод, сделанный Н.П. Виноградовой и В.А. Мележиком, об аллохтонном происхождении верхних уровней разреза Северной Печенги, в том числе ее продуктивных горизонтов.

4) Амфиболиты, исследованные ранее геохронологически в составе групповых проб, отобранных в интервалах 7638-7656 и 10098-10120 м, и имеющие, согласно опубликованным результатам исследований, возраст 2499 и 2434 млн лет соответственно, представлены, по нашим данным, разнородными петрогеохимическими группами. Поэтому цифры возраста этих групп нуждаются в дальнейшем уточнении.

Благодарности. Авторы признательны руководству НПЦ "Кольская сверхглубокая" Д.М. Губерману, Ю.Н. Яковлеву за помощь в подборе аналитических материалов, директору ГИ КНЦ РАН, академику РАН Ф.П. Митрофанову – за постоянную поддержку настоящих исследований, а также рецензентам данной статьи, В.Р. Ветрину и Т.Ф. Писарницкой за ряд ценных замечаний.

Работа выполнялась в рамках проекта № 408 МПГК ЮНЕСКО.

Литература

- Вауанова Т.В., Mitrofanov F.P., Delenitzin A.A.** The Archaean Sm-Nd model ages of the Kola Superdeep Borehole amphibolites. *Svekalapko 6th WS. Lammi. Finland*, p.8, 29.11-2.12, 2001.
- Архейский комплекс в разрезе СГ-3. МПГК проект 275 "Глубинная геология Балтийского щита". Под ред. Ю.Н. Яковлева, В.С. Ланева. *Апатиты, КНЦ РАН*, 151 с., 1991.
- Баянова Т.Б., Пожиленко В.И., Смолькин В.Ф., Кудряшов Н.М., Каулина Т.В., Ветрин В.Р.** Каталог геохронологических данных по северо-восточной части Балтийского щита (Геология рудных районов Мурманской области, приложение № 3). *Апатиты, КНЦ РАН*, 53 с., 2002.
- Ветрин В.Р., Туркина О.М., Ладден Дж., Деленицин А.А.** Корреляция и петрология пород фундамента Печенгского палеорифта. *Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова, Апатиты, КНЦ РАН*, с.208-230, 2002.
- Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита. Отв. ред. А.А. Предовский. *Л., Наука*, 185 с., 1987.
- Изох Э.П.** Оценка рудоносности гранитоидных формаций в целях прогнозирования. *М., Недра*, 136 с., 1978.
- Козлов Н.Е., Аведисян А.А., Иванов А.А.** Вещественные гомологи метаморфитов низов архейского разреза Кольской СГ-3 (IX толща в интервале глубин 11411-11708 м) в обнажениях затуломской структуры Кольско-Норвежского домена. *Мурманск, МГТУ*, 65 с., 2001.
- Козлов Н.Е., Мартынов Е.В., Козлова Н.Е., Иванов А.А., Смирнов Ю.П., Колодкина А.В.** Геолого-петрогеохимические особенности и метаморфизм архейских пород северо-восточного обрамления Печенги как критерий выбора их в качестве гомологов глубинных пород разреза СГ-3. *Вестник МГТУ*, т.5, № 1, с.75-84, 2002.
- Козлов Н.Е., Мартынов Е.В., Козлова Н.Е., Каулина Т.В., Смирнов Ю.П.** О возможности поиска гомологов архейского разреза СГ-3 в пределах комплекса Ярфьорд-Кола. *Межвузовский сборник по материалам Всероссийской научно-технической конференции "Наука и образование"*, МГТУ, Мурманск, с.220-222, 2003.
- Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследований. Под ред. В.П. Орлова, Н.П. Лаверова. *М., МФ "ТЕХНОНЕФТЕГАЗ"*, 260 с., 1998.
- Конди К.** Архейские зеленокаменные пояса. *М., Мир*, 300 с., 1983.
- Кременецкий А.А., Овчинников Л.Н.** Геохимия глубинных пород. *М., Наука*, 262 с., 1986.
- Предовский А.А.** Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. *Л., Наука*, 152 с., 1980.
- Рык В., Малишевская А.** Петрографический словарь. *М., Недра*, 590 с., 1989.
- Томкеев С.И.** Петрологический англо-русский толковый словарь. Под ред. А.А. Маракушева. *М., Мир*, т.1, 285 с., 1986.
- Хуан У.Т.** *Петрология*. М., Мир, 575 с., 1965.