
В. С. Степанов, А. В. Степанова

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РАННЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ ДАЕК ГРАНАТ-КЛИНОПИРОКСЕНОВЫХ ГАББРОИДОВ ВОРОТНОЙ ЛУДЫ, ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ

Дайки гранат-клинопироксеновых габброидов, рассматриваемые в данной работе, были установлены на о. Воротная Луда и привлекают внимание исследователей (Степанов, 1990; Степанова, Степанов, 2005; Травин, Козлова, 2007; Володичев и др., 2008), так как их морфология, особенности минерального и химического состава весьма специфичны и не позволяют отнести их ни к одному из выделяемых в Беломорском подвижном поясе (БПП) палеопротерозойских дайковых комплексов.

Геологическое положение даек гранат-клинопироксеновых габброидов однозначно свидетельствует о том, что их геологический возраст моложе времени формирования габброноритовых даек Гридинского дайкового поля (2396 ± 13 млн лет, Володичев и др., 2009). Вместе с тем изотопные датировки для Grt-CPx габброидов отсутствуют.

По имеющимся в настоящее время данным, дайки Grt-CPx габброидов не имеют широкого распространения в БПП, однако их геохимические особенности существенно отличают их от других палеопротерозойских комплексов БПП (Степанова, Степанов, 2005; Slabunov et al., 2008). Геохимические аналоги даек Grt-CPx габброидов, характерной особенностью которых являются очень слабо фракционированное распределение редкоземельных элементов и низкие содержания высокозарядных элементов по сравнению с породами комплекса коронитовых габбро, к которому они ранее относились (Степанов, 1990), установлены среди палеопротерозойских даек Пяозерского поднятия Карельского кратона (дайки толеитов, Степанова, 2004) и верхнеятулийских (людиковийских?) базальтов Онежской структуры (Иваников и др., 2008).

В настоящей работе рассматриваются преимущественно особенности морфологии тел Grt-CPx габброидов и их соотношения с вмещающими породами. Особое внимание им уделено вследствие нетипичных для дайковых тел, и в частности для даек Гридинского дайкового поля (ГДП), морфологических особенностей. Использован фактический материал, как полученный ранее (Степанов, 1990; Степанов, Степанова, 2005, 2006; Степанова, Степанов, 2005), так и собранный в процессе наблюдений, выполнен-

ных нами на о. Воротная Луда, а также на других объектах ГДП в 2006–2007 гг.

Геологическое строение о. Воротная Луда определяется широким распространением гнейсоплагиогранитов с многочисленными включениями базит-ультрабазитового состава. В последнее время эти образования определяются как эколгитсодержащий меланж (Володичев и др., 2004; Слабунов и др., 2007). Породы меланжа прорваны дайками основного состава (рис. 1).

Архейский эколгитсодержащий меланж определяет геологический фон острова и включает две составляющие: гнейсогранитную матрицу и обломочный материал. Гнейсоплагиограниты варьируют по меланократовости и степени мигматизации гранитным материалом. Они содержат ксеногенные включения основного и ультраосновного состава. Для включений характерны овальные сглаженные формы и небольшие размеры. Они образуют в плагиогнейсогранитной матрице скопления, которые широко варьируют по конфигурации и размерам. Совокупность этих образований рассматривается как архейский эколгитсодержащий меланж (Володичев и др., 2004; Слабунов и др., 2007; Бурдюх, 2009).

Образования, отнесенные к меланжу, различаются по содержанию обломков, которое изменяется в широких пределах от ~50 до 0%. Таким образом, в крайнем случае имеют место достаточно однородные гнейсограниты. Кроме того, породы меланжа различаются по степени деформированности, что наиболее заметно на участках скопления обломочного материала.

Деформации меланжа проявляются в разгнейсовании пород матрицы и в той или иной степени расплющивания и развальцевания включений. Слабо деформированный меланж сохраняет малоизмененной первичную форму включений и обнаруживает слабую гнейсовидность пород матрицы. В таком виде меланж сохранился в юго-восточной части острова (рис. 2). Более интенсивно деформированные и метаморфизованные породы меланжа существенно изменяют облик. В результате совместной деформации обломков и матрицы базитовые обломки сильно вытягиваются, местами приобретают лентовидную в плане форму, испытывают будинаж и нередко окан-

чиваются тонкими протяженными «хвостами». По-видимому, такие текстуры отражают совместную деформацию обломков и гнейсогранитов в условиях пластического течения и позволяют определить по-

роду как «прогретый» меланж. На таких участках нередко наблюдаются элементы складок, что, вероятно, свидетельствует о локализации их в замковых частях более крупных структур (рис. 3).

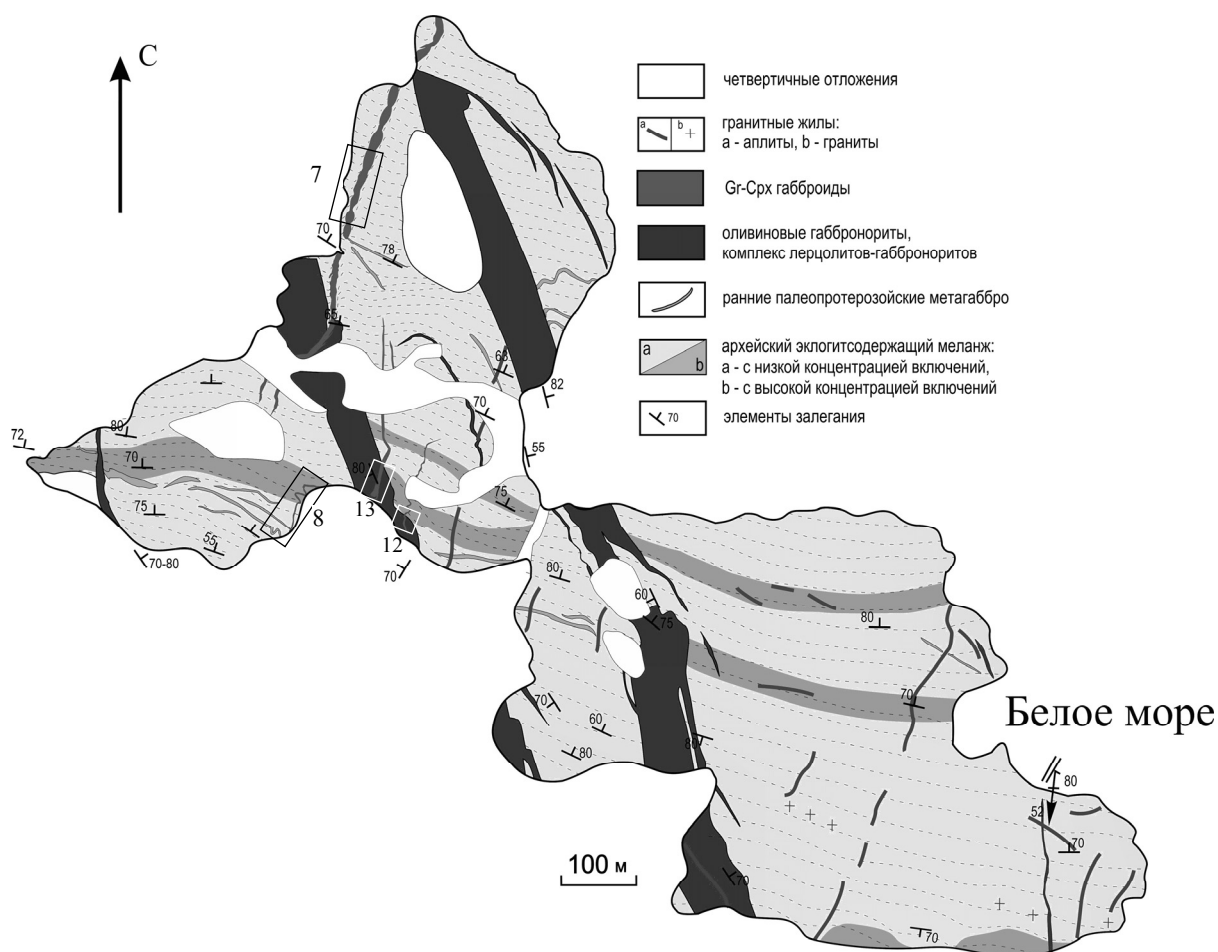


Рис. 1. Геологический план о. Воротная Луда. Прямоугольники с номерами соответствуют местоположению и номерам рисунков в статье



Рис. 2. Дайка оливинового габбро-норита (средняя часть снимка) в слабо деформированном меланже, ЮВ часть о. Воротная Луда



Рис. 3. Интенсивно деформированный «прогретый» меланж с элементами складок. Здесь и далее молоток ориентирован на север



Рис. 4. Наиболее сильно деформированный меланж

По-видимому, к крыльям таких структур тяготеют наиболее деформированные участки меланжа. Для них характерна довольно высокая степень гомогенизации с утратой четких границ между компонентами породы (рис. 4). Существуют разновидности меланжа, являющиеся промежуточными между рассмотренными типами. Различная степень мигматизации гнейсоплагиогранитов и деформированности обломков предполагает возможность неоднократного участия этих образований в тектонических процессах. В пределах Гридинского дайкового поля

(ГДП) признаки поздних деформаций зафиксированы в узких локальных зонах нарушений СЗ простирания. На Диоритовом острове (отметка 6,8 м; расположен у западного конца о. Избная Луда) в зоне СЗ нарушения палеопротерозойская дайка магнезиального диорита испытала интенсивное пластическое смятие с многократным уменьшением мощности, образованием сжатых, изоклинального типа складок и небольшими разрывами. Таким образом, возможность пластической деформации основных пород в условиях наложенных палеопротерозойских (свекофеннских?) деформаций представляется реальной. В ГДП они локализованы в узких зонах и сопровождаются деформацией палеопротерозойских даек, что позволяет отличать их от деформаций раннего этапа.

Палеопротерозойские интрузивные образования представлены на о. Воротная Луда тремя группами базитовых даек. Последовательность образования даек и закономерности пространственного размещения их отражены в легенде и на схеме геологического строения острова (рис. 1), а составы пород, слагающих дайку, иллюстрируются химическими анализами из объектов Воротной Луды (табл.). Раннепалеопротерозойские метагаббро (Степанов, Степанова, 2006) представлены здесь субширотными дайками, не выдержанными по мощности, которая обычно не превышает 1 м.

Реперными среди интрузивных образований ГДП являются дайки оливиновых меланогабброноритов КЛГН (Степанов, 1981) северо-западного простирания, изотопный возраст которых составляет 2493 ± 13 млн лет (Володичев и др., 2009). На Воротной Луде в условиях хорошей обнаженности задокументированы (Степанова, Степанов, 2005; Степанов, Степанова, 2006 и др.) непосредственные контактовые взаимоотношения между дайками оливиновых габброноритов КЛГН, дайками ранних палеопротерозойских метагаббро и дайками Grt-CPx габброидов.

Химические составы пород из даек о. Воротная Луда

Компоненты	C-2407-41	C-2407-12	C-2407-7-2	C-2407-20	C-2407-13	C-2407-14	C-2407-64
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	50,44	50,18	51,50	50,50	49,40	49,16	48,83
TiO ₂	1,08	1,16	1,19	0,73	0,90	0,90	0,99
Al ₂ O ₃	10,39	10,52	10,34	11,60	13,84	14,05	14,66
Fe ₂ O ₃	2,54	3,21	3,59	1,20	3,63	3,04	3,40
FeO	10,49	11,15	10,34	9,33	9,33	9,32	9,76
MnO	0,18	0,08	0,20	0,24	0,16	0,19	0,22
MgO	9,83	9,03	7,87	13,66	7,40	7,55	7,32
CaO	9,25	8,82	9,07	8,40	11,75	11,49	11,02
Na ₂ O	2,95	3,00	3,17	2,00	2,12	2,90	1,96
K ₂ O	0,79	0,85	0,75	0,61	0,05	0,03	0,03
P ₂ O ₅	0,16	0,00	0,24	0,17	0,00	0,00	0,09
H ₂ O	0,15	0,14	0,05	0,16	0,24	0,10	0,05
ppp	1,43	1,37	1,10	1,04	1,04	1,60	1,14
Cr	404	267	198	807	171	192	96
Ni	423	474	308	213	119	63	164
Co	87	103	79	0	71	63	59
V	140	168	241	0	291	302	179
Cu	208	208	216	0	129	96	150

П р и м е ч а н и е. 1–3 – раннепалеопротерозойские метагаббро (симплектитовые структуры, реликты Орх, Срх, редкие ортопироксеновые псевдоморфозы по ОI; 4 – оливиновый меланогаббронорит; 5–7 – Grt-CPx габброиды (геохимический тип MORB) – коронитовые габбро Воротной Луды. Анализы выполнены в аналитической лаборатории ИГ КарНЦ РАН.

Grt-CPx габброиды, являющиеся объектом нашего рассмотрения, определены как самые молодые базиты острова. Первоначально они были включены в комплекс гранатовых габбро (Степанов, 1990), позднее описаны как коронитовые метагаббро Воротной Луды (Степанова, Степанов, 2005). Используемое в статье определение их обосновывается следующим. Отсутствие реликтов магматических минералов и структур не позволяет определить видовое название породы в классических петрографических терминах. Вследствие этого определение породы ограничивается названием семейства – габброид. Принадлежность данной породы к габброидам определена на основании ее петрохимического состава и интрузивной, дайковой, формы сложенных ею тел. Уточнение Grt-CPx (габброид) отражает данные о главных порообразующих минералах (более ранние минералы не выявлены, а первичность Grt и CPx – не доказана). В петрографическом отношении они являются массивными мелко- или среднезернистыми плагиоклаз-гранат-клинопироксеновыми ортопородами аллотриоморфнозернистой структуры. Кроме клинопироксена и граната, составляющих более 50–60% объема породы, для них характерно присутствие кислого плагиоклаза (21–24% An) 14–20%, кварца до 1–3%, а из поздних метаморфических минералов – амфибола (паргасит) 5–25%. Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом, рутилом, титаномagnetитом, magnetитом, пирротинном, пентландитом и халькопиритом. Отмечено одно зерно телурида палладия. Клинопироксены представлены как минимум двумя разновидностями. Одна из них образует довольно однородные по строению зерна, а вторая является матрицей в симплектитовых сростаниях с кислым плагиоклазом. По микронзондовым определениям (обр. C-2407-64) однородные зерна содержат 21–22% Jd при $mg^{\#} = 70$ –74%. По данным других исследователей (Травин, Козлова, 2007; Володичев,

2008), содержание жадеитового минала в клинопироксенах этих пород достигает 30%. Таким образом, однородные зерна определяются как омфацит или близкий к нему клинопироксен. Ассоциация омфацита с гранатом (26% Prp), кислым плагиоклазом, рутилом и кварцем характерна для эклогитовой фации глубинности. В симплектитовых сростаниях с плагиоклазом (21–24% An) клинопироксен содержит около 8% Jd. Такие симплектиты достаточно широко распространены в данных породах, обычно они рассматриваются как декомпрессионные образования по эклогитам (Володичев и др., 2004). Поздним процессом изменения этих габброидов является амфиболизация.

Приведенные в таблице анализы отражают выдержанность химических составов Grt-CPx габброидов, которые практически не зависят от морфологии и мощности даек. По химизму рассматриваемые породы отвечают меланократовым магнезиальным базитам ($f' = 22$, $mg^{\#} > 50$, $Al_2O_3/TiO_2 = 15$, $Ti/V = 17$ –18, $Cr/V = 0,3$ –0,4) нормального ряда с геохимической специализацией MORB.

Имеющиеся данные, включая и ранее опубликованные, позволяют отметить, что дайки Grt-CPx габброидов Воротной Луды сформировались позднее даек КЛГН, из мантийного расплава, отличного от расплава, исходного для КЛГН, вероятно, при более высокой скорости перемещения его в литосфере и как следствие этого слабой контаминации коровым веществом.

Контакты даек с гнейсогранитами и меланжем. Установленные в различных частях о. Воротная Луда непосредственные контакты даек КЛГН, являющихся возрастным репером, с вмещающими породами показывают, что они имеют секущие соотношения с рассмотренными типами меланжа, что иллюстрируется рис. 2, 5 и 6. Аналогичные секущие контакты с породами меланжа характерны и для даек ранних палеопротерозойских метагаббро.



Рис. 5. Маломощные дайки амфиболизированного габбро-норита в зоне меланжа с относительно небольшим количеством обломочного материала



Рис. 6. Секущий контакт дайки КЛГН с деформированным «прогретым» меланжем

Приведенные данные показывают, что образование меланжа и его главные структурные преобразования на Воротной Луде имели место до формирования даек КЛГН и, следовательно, были оторваны во времени от момента внедрения даек Grt-CPx габброидов. Для даек КЛГН в большинстве случаев характерны прямолинейные, отчетливо секущие, с хорошо проявленной зоной закалки контакты с породами меланжа, свидетельствующие о том, что здесь, как и в других частях БПП, они внедрялись в относительно холодные консолидированные породы рамы.

Этот вывод позволяет более определенно подойти к интерпретации морфологии даек Grt-CPx габброидов и рассмотреть некоторые особенности условий их становления.

Морфология даек Grt-CPx габброидов и характер их контактов, а также особенности метаморфических преобразований, связанных с ними, рассмат-

ривались и ранее (Степанов, 1990; Степанова, Степанов, 2005; Травин, Козлова, 2007). Дайки этих базитов локализованы в зоне северо-восточного 15–20° простирания, прослеженной по западному берегу Воротной Луды на расстояние более 400 м при ширине до 250 м. По имеющимся данным она имеет продолжение южнее, на северном берегу мыса Гридин и далее на западном берегу о. Второй Коков. Таким образом, общая протяженность зоны, видимо, более 2 км. На Воротной Луде наиболее значительная, «главная» дайка этой зоны имеет мощность порядка 1–3 м и прослежена по простиранию с небольшими перерывами на расстояние более 400 м. Ориентировка дайки СВ 20°, падение крутое от 90 до 80° на восток. Кроме того, в пределах острова установлен ряд более мелких даек с мощностями от 0,1 до 0,7 м, которые ориентированы субпараллельно «главной» дайке (см. рис. 1) и формируют систему кулисообразных тел.

Таким образом, дайки Grt-CPx габброидов локализованы в узкой протяженной зоне, ориентировка которой отличается от ориентировки даек КЛГН и даек ранних PR₁ метагаббро в ГДП, что позволяет предполагать формирование каждой из этих групп даек в своем поле напряжений.

В качестве особенностей локализации, присущих «главной» дайке (рис. 7), отмечены следующие. Практически на всей обнаженной части дайки проявлены буди-наж-структуры начальной стадии. Характерны «оторван-ные» булавовидные апофизы, ближайшая к дайке утол-щенная часть которых имеет закругленную форму и от-делена от основного тела дайки зоной контактовых ана-тектитов по гнейсоплагиогранитам. Вместе с тем часть апофизы, расположенная на расстоянии более 30–40 см от контакта в неизменных породах рамы, имеет резкие секущие контакты, что свидетельствует о внедрении рас-плава в холодную консолидированную раму. Экзокон-тактовые зоны анатектитов мощностью до 20–30 см прос-леживаются на всем протяжении дайки. Для них харак-терна новообразованная полосчатость, которая конформ-на границам дайки и ориентирована под крутым углом по отношению к ранней гнейсовидности пород рамы. Именно эта зона и отделяет апофизы от основного тела дайки. Аналогичный тип экзоконтактовых зон характе-рен и для более мелких даек, но мощности зон контакто-вого анатексиса в этих случаях существенно меньше. Та-ким образом, расплав, формировавший эти дайки, обла-дал достаточно высокой тепловой энергией.



Рис. 7. «Главная» дайка гранат-клинопироксеновых габброидов, на переднем плане «булавовидная» апофиза

Морфология даек существенно меняется в зави-симости от состава и строения вмещающих пород. Эта зависимость проявлена и в «главной» дайке, ко-торая, попадая в зону интенсивно деформированно-го меланжа, утрачивает свою индивидуальность и распадается на ряд извилистых фрагментов (рис. 7), однако наиболее показательна в этом отношении дайка, представленная на детальном плане (рис. 8). Южная часть ее локализована в довольно однород-ных гнейсотоналитах, в которых хорошо выражена гнейсовидность, субширотная с крутым падением на север. Контакты дайки резкие, прямолинейные, секущие. Гнейсовидность вмещающих пород в кон-такте с ней имеет подвороты, свидетельствующие о наличии небольшого смещения вдоль тела дайки с отчетливой левосдвиговой составляющей в гори-зонтальном плане (рис. 9).

Северная часть этой дайки пересекает зону ин-тенсивно расщепленного меланжа. Эти породы отвечают грубополосчатому амфиболиту, в котором выделяются уплощенные, линзовидные фрагменты более темных пород и элементы изоклинальных складок (рис. 10).

Прямолинейная дайка Grt-CPx габброида на этом участке резко изменяет свою конфигурацию – образует складкообразные формы небольшой ам-плитуды и высоты (максимум первые метры), ли-нии простираения «осевых поверхностей» которых образуют тупые углы с генеральной линией прости-рания дайки (рис. 8). Аналогичная картина наблю-далась при пересечении этой зоны меланжа и дру-гими дайками Grt-CPx габброидов.

На рис. 11 представлен фрагмент небольшой дайки Grt-CPx габброидов, также расположенной в рассматриваемой зоне о. Воротная Луда. Морфоло-гия этой небольшой дайки также согласована со строением вмещающих пород, представленных де-формированным меланжем. В отличие от дайки, представленной на рис. 8, это тело залегает в менее гомогенизированном меланже и имеет более слож-ную конфигурацию.

В целом анализ морфологии тел Grt-CPx габб-роидов позволяет предполагать, что характер кон-тактов и морфологические особенности даек во многом зависят от состава и реологических свойств вмещающих пород. При пересечении однородных пород формируются тела прямолинейного общего тренда, но с волнообразными контактами, отрывом апофиз и интенсивно проявленными изменениями вмещающих пород в экзоконтактовой зоне. При пе-ресечении зон меланжа с высоким содержанием об-ломочной компоненты дайки Grt-CPx габброидов формируют извилистые складкообразные тела, фор-ма которых находится в определенной зависимости от главных структурных элементов интенсивно де-формированного меланжа. Это позволяет полагать, что наблюдаемые морфологические особенности даек являются следствием различных реологиче-ских свойств и флюидного режима разных компо-нентов меланжа.

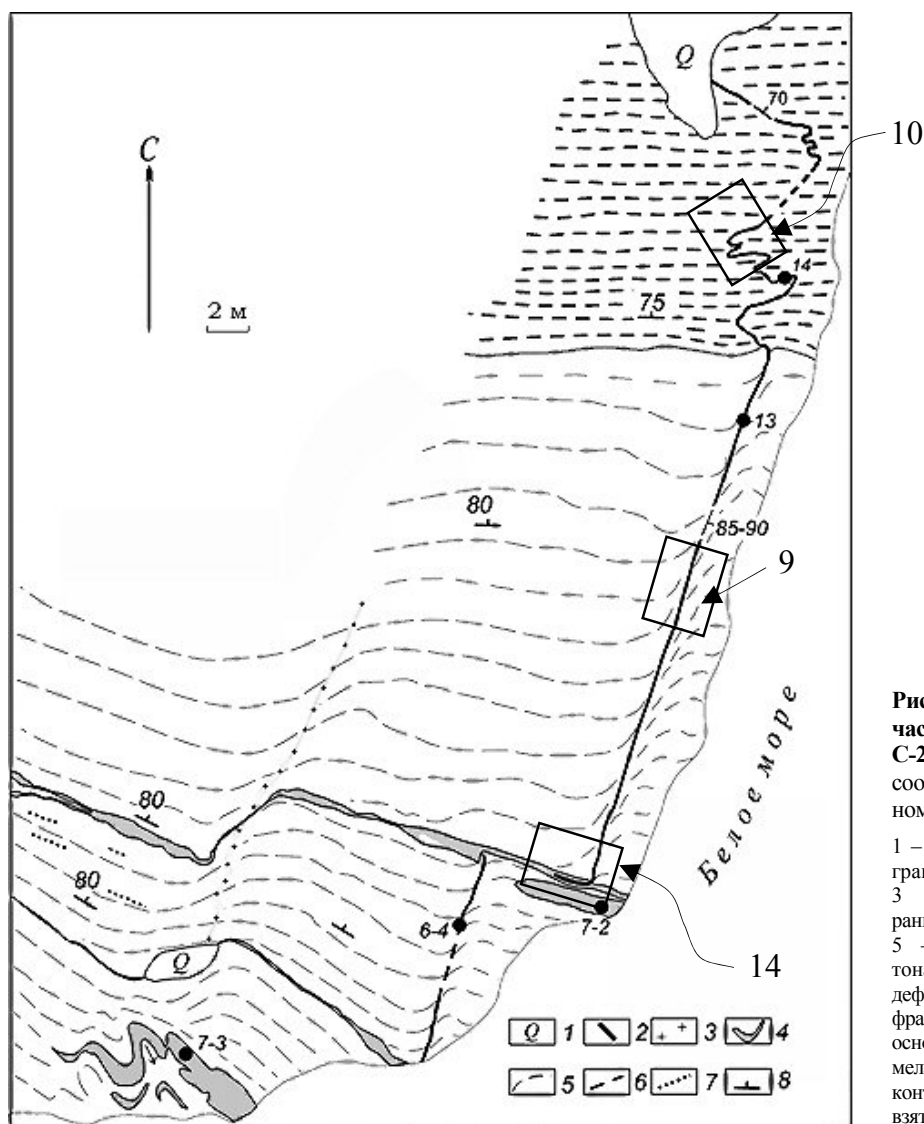


Рис. 8. Геологический план ЮЗ части острова Воротная Луда (обн. С-2407). Прямоугольники с номерами соответствуют местоположению и номерам рисунков в статье.

1 – четвертичные отложения; 2 – дайки гранат-клинопироксеновых габброидов; 3 – гранит-аплитовая жила; 4 – раннепалеопротерозойские габбро (дайки); 5 – гнейсограниты преимущественно тоналитового состава; 6 – интенсивно деформированный меланж; 7 – отдельные фрагменты амфиболитового и ультраосновного состава (обломочный материал меланжа); 8 – элементы залегания контактов и гнейсовидности; 9 – места взятия образцов и их номера

Контакты Grt-CPx габброидов с другими дайками. Контакты даек Grt-CPx габброидов с дайками КЛГН обнажены на данном острове, по крайней мере, на трех участках, а также на северном берегу мыса Гридин. Во всех этих случаях дайки Grt-CPx габброидов внедряются в габбронориты и активно воздействуют на них. Это проявляется как в разрывах сплошности и дроблении, так и в метаморфизме габброноритов. Характер этих взаимоотношений иллюстрируется рис. 12 и 13. Дайки пересекаются под углом около 40° (рис. 1). Характерным представляется следующий момент: дайки Grt-CPx габброидов, позиционирующиеся за пределами габброноритовых даек как единые тела, после пересечения границ последних формируют многочисленные апофизы, а в ряде случаев разветвляются на ряд тонких «струй», обтекающих довольно крупные чечевицеобразные фрагменты – блоки габброноритов. Площади, на которых получили развитие «струи», как правило, значительно превосходят мощности даек за пределами габброноритовых тел и прослеживаются на значительную глубину внутрь последних. Мощности отдельных «струй» варьируют в

широких пределах. Для них характерна полосчатая, флюидальная текстура. На одном из таких участков (рис. 13) происходит значительное (от 1 до 3 м) увеличение видимой мощности секущего тела Grt-CPx габброида, которое на этом участке приобретает сложную грушеобразную форму. Окончание тела Grt-CPx габброидов, осложненное многочисленными тонкими апофизами, несомненно отражает первично-магматическую интрузивную форму внедрения расплава, формировавшего дайку Grt-CPx габброидов, в полностью консолидированные средне-, мелкозернистые габбронориты. На контактах с Grt-CPx габброидами в габброноритах происходит замещение первичных магматических минералов Grt-CPx ассоциацией, для которой характерны Grt до 40% пиропы и CPx с 25–27% жадеита (Травин, Козлова, 2007).

На южном берегу Воротной Луды СВ дайка Grt-CPx габброида, представленная на рис. 8, контактирует с субширотной дайкой ранних PR₁ метагаббро. При этом СВ дайка прорывает контактовую границу субширотной дайки, внедряется в нее на глубину около 15 см и затем плавно поворачивает на запад,

образуя угол около 90° , и прослеживается в теле ранней дайки на расстояние около 1 м (рис. 8, 14). Мощность секущей дайки Grt-CPx габброида после изгиба постепенно сокращается до 2–3 см и затем теряется из-за перерыва в обнаженности. При этом на всей видимой части контакта граница между породами даек остается достаточно резкой. Выявить продолжение секущей дайки, после перерыва в обнаженности, не удалось. Возможно, продолжением ее является небольшая СВ дайка, расположенная восточнее ~ в 4 м и по составу близкая к первой (рис. 8).

Интерпретация наблюдений. Приведенные данные показывают, что морфология даек Grt-CPx габброидов в значительной степени определяется физическими свойствами вмещающих пород (рис. 8, 9 и 10). В однородных гнейсогранитах дайки име-

ют прямолинейный характер, при пересечении зоны интенсивно деформированного меланжа та же дайка образует складкообразные формы, специфичной оказывается и реакция ее на препятствие в виде более ранней дайки.

Появление в дайках складкообразных форм могло возникнуть как минимум двумя путями.

1) Смятием – интенсивной деформацией дайки совместно с зоной меланжа под влиянием деформирующих сил, ориентированных субпараллельно простиранию дайки, примерно вкрест простирания полосчатости меланжа.

2) Изменением пути перемещения расплава вследствие столкновений его с встреченными по ходу движения препятствиями и использованием ослабленных зон во вмещающих породах.

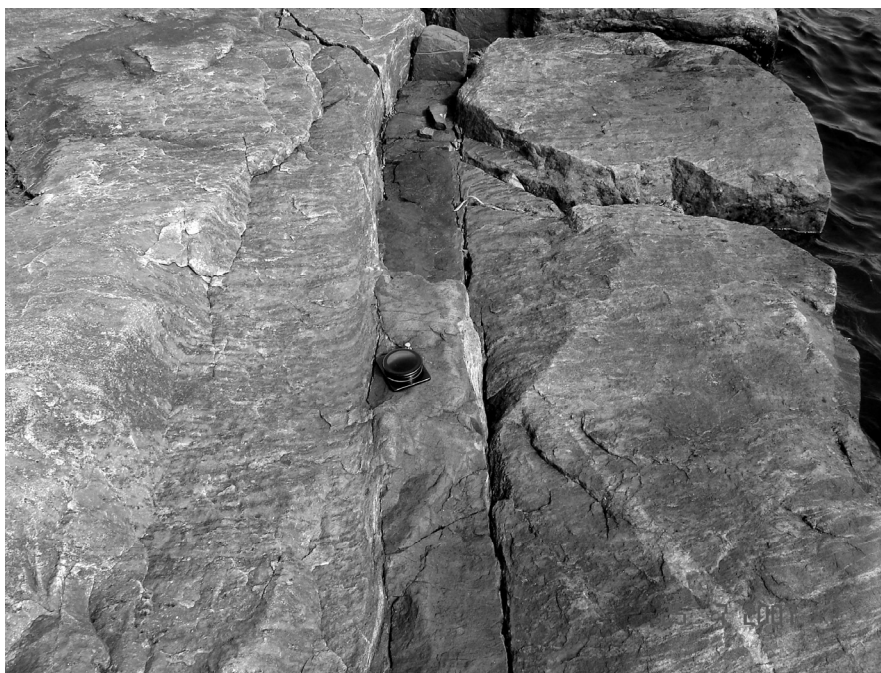


Рис. 9. Прямолинейная часть дайки Grt-CPx габброидов, секущая гнейсотоналиты

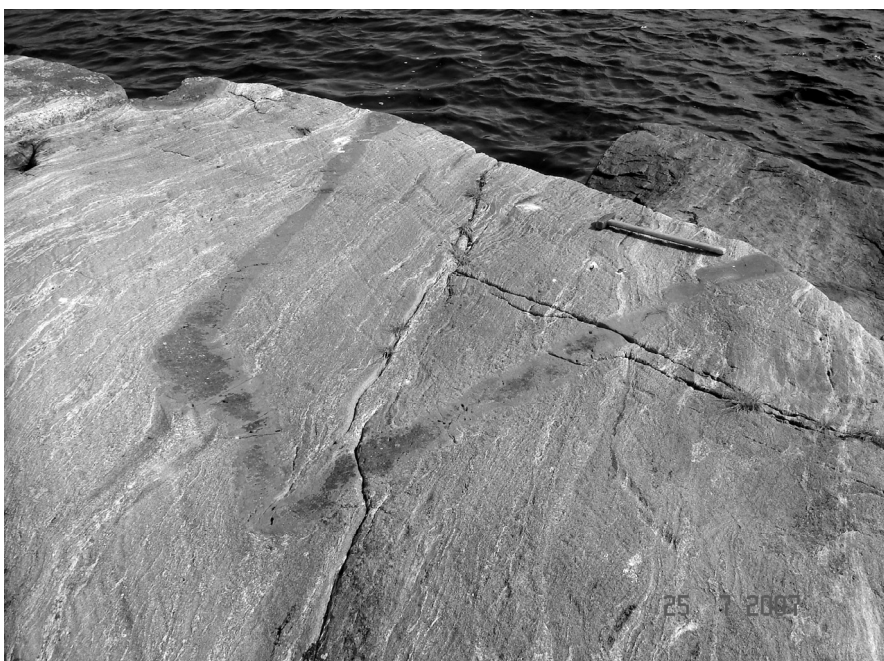


Рис. 10. Складкообразный изгиб дайки Grt-CPx габброидов в интенсивно деформированном меланже

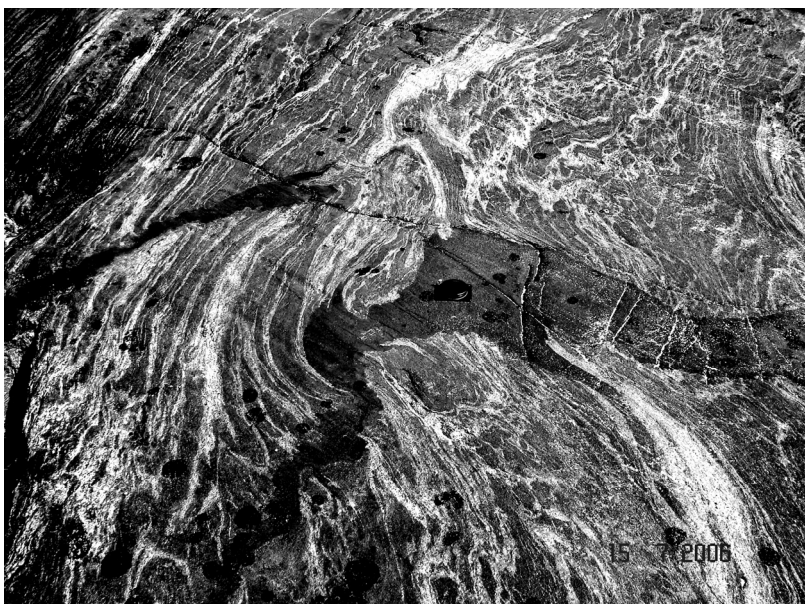


Рис. 11. Дайка Grt-CPx габброидов в интенсивно деформированном меланже



Рис. 12. Дайка Grt-CPx габброида, секущая меланж и краевую часть дайки КЛГН

Моментами, препятствующими принятию первого предположения, являются следующие: 1) как показано выше, деформация меланжа произошла значительно ранее внедрения даек Grt-CPx габброидов; 2) в системе рассматриваемых даек, в том числе и в наиболее крупной из них, не фиксируются деформации, являющиеся результатом влияния субмеридиально ориентированных тектонических сил, напротив, в «главной» дайке Grt-CPx габброидов проявлены структуры, отвечающие влиянию деформирующих напряжений, которые были ориентированы примерно вкрест ее простирания.

Более приемлемым представляется второе предположение, в пользу которого свидетельствует морфология дайки, фрагмент которой представлен на рис. 11.

Морфология этой дайки, на наш взгляд, является результатом реакции расплава, обладавшего повышенной динамической энергией (давлением), на

встреченную при пересечении зоны меланжа преградой. Грибообразная форма, образованная расплавом (центральная часть снимка), обусловлена изогнутым, серповидным амфиболитовым фрагментом, затруднившим его продвижение. Прорыв произошел западнее этого фрагмента, в результате чего образовался зигзагообразный «рукав» (низ левой части снимка). Характерно, что перед рассмотренной преградой в результате подпруживания магматического расплава образовался раздув тела дайки и сформировалась апофиза, ориентированная в направлении, противоположном предполагаемому направлению его движения, горизонтальная составляющая которого в этом случае была направлена на север.

Изгибы дайки при пересечении зоны меланжа (рис. 8, северная часть плана) имеют секущее положение по отношению к полосчатости меланжа, что, вероятно, связано с возможностью раскрытия трещин, ориентированных под углами около 30° и 60°

по отношению к последней. В морфологии этого фрагмента дайки проявляется сходство с зигзагообразными дайками (Ноек, 1994). Обе части дайки, изображенной на рис. 8, формировались в условиях расширения, ориентированного нормально к ее общему простиранию. Это, видимо, свидетельствует о том, что морфологически разные части рассматриваемой дайки сформированы динамически активным расплавом одновременно в одном поле напряжения.

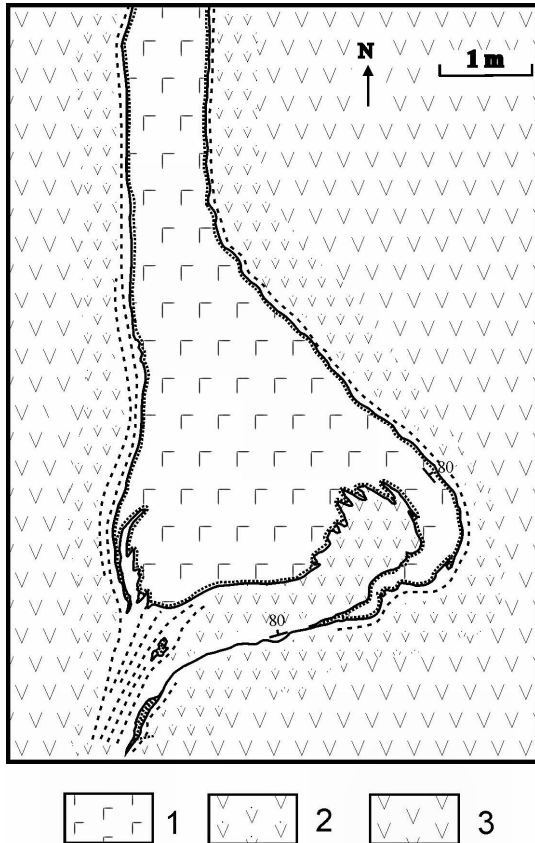


Рис. 13. Фрагмент дайки Grt-CPx габброида, инъекция в теле дайки оливинового габбронорита (КЛГН) (схематический план составлен А. В. Степановой):

1 – гранат-клинопироксеновый габброид; 2 – эклогитизированный оливиновый габбронорит в зоне экзоконтакта гранат-клинопироксенового габброида; 3 – оливиновый габбронорит

Ситуация, связанная с пересечением даек (рис. 8 и 14), представляется достаточно сложной для интерпретации. Несомненно, что для расплава оказался более легким путь по телу ранней дайки, чем прорыв ее второго контакта. Более или менее логичным объяснением этой картины могло бы быть допущение, что дайка Grt-CPx габброида внедрялась в не полностью консолидированную дайку метагаббро. Из этого предположения должно следовать: 1) все три группы даек, включая дайки КЛГН, формировались в очень узком временном интервале и 2) кристаллизация даек метагаббро началась ранее внедрения даек КЛГН, а закончилась позднее их консолидации. Обсуждать первое следствие рассматриваемого допущения не

имеет большого смысла, поскольку для его оценки необходимо изотопное датирование объектов. Что касается второго, то оно оценивается как невероятное, поскольку не известен процесс, который мог бы столь серьезно задержать кристаллизацию расплава в маломощных дайках.

Геологические данные свидетельствуют, что во временном интервале, разделяющем становление даек метагаббро и Grt-CPx габброидов, здесь сформировались достаточно мощные дайки КЛГН. Более того, на момент внедрения даек Grt-CPx габброидов они были полностью раскристаллизованы, что следует из геологических наблюдений. Следовательно, высказанное выше предположение о неполной консолидации ранних даек несостоятельно. Более вероятно, что проницаемость пород ранней дайки (рис. 8 и 14) повысило субширотное тектоническое нарушение с правосдвиговой составляющей, совмещенное с телом этой дайки и реализованное одновременно или близко по времени с внедрением поздней дайки. Амплитуда смещения по этому нарушению составила около 4 м и привела к разрыву поздней дайки.

Похожая ситуация, связанная со смещением и срывом секущей габброноритовой дайки вдоль тела субширотной дайки, сложенной ранним палеопротерозойским метагаббро, наблюдалась в средней части острова, но нарушение в этом случае имело правосдвиговую горизонтальную составляющую. Таким образом, существование субширотных нарушений вполне реально. Время их реализации должно быть сближено со временем внедрения поздних габброидных даек.

Приведенные выше данные о связи морфологии даек с составом и структурой вмещающих пород характеризуют мелкие дайки (мощностью <0,5 м), что позволяет предполагать, что раскрытие небольших трещин легче осуществлялось в однородных породах, обеспечивая формирование прямолинейных даек. Зоны меланжа, армированные базитовыми обломками, видимо, менее благоприятны для развития прямолинейных расколов. Вероятно, с этим связано появление складкообразных форм в дайках, при образовании которых расплав обходил локальные препятствия и использовал ослабленные зоны, в связи с чем довольно резко менял направление движения. Судя по телам КЛГН, локализованным на этом же острове, при образовании более крупных даек неоднородности меланжа не оказывали такого существенного влияния на морфологию интрузивных тел, что связано, с одной стороны, со слишком значительной разницей в размерах между фрагментами меланжа и мощностями даек, а с другой – с иными РТ-параметрами вмещающих пород на момент внедрения даек КЛГН.

Изложенное позволяет представить следующую последовательность событий, имевших место при формировании даек, сложенных Grt-CPx габброидами.

1. Магматические камеры были подготовлены СВ тектоническими нарушениями.

2. Расплав, обладавший повышенной тепловой и динамической энергией, внедрился в жесткую относительно холодную раму.

3. В экзоконтактах даек под влиянием эндогенной энергии сформировался гранитоидный мобилизат, мощности зон которого коррелируются с мощностями даек.

4. В условиях последовавшего за этим сжатия дайки испытали будинаж начальной стадии, наиболее четко выраженный в главной дайке, а мобилизат

приобрел автономную текстуру, ориентированную согласно с границами даек.

5. Время формирования левосдвиговых тектур, наблюдающихся в экзоконтактах рассматриваемых даек, не вполне определенно и может быть связано как с первым, что более вероятно, так и с последним этапом их формирования.

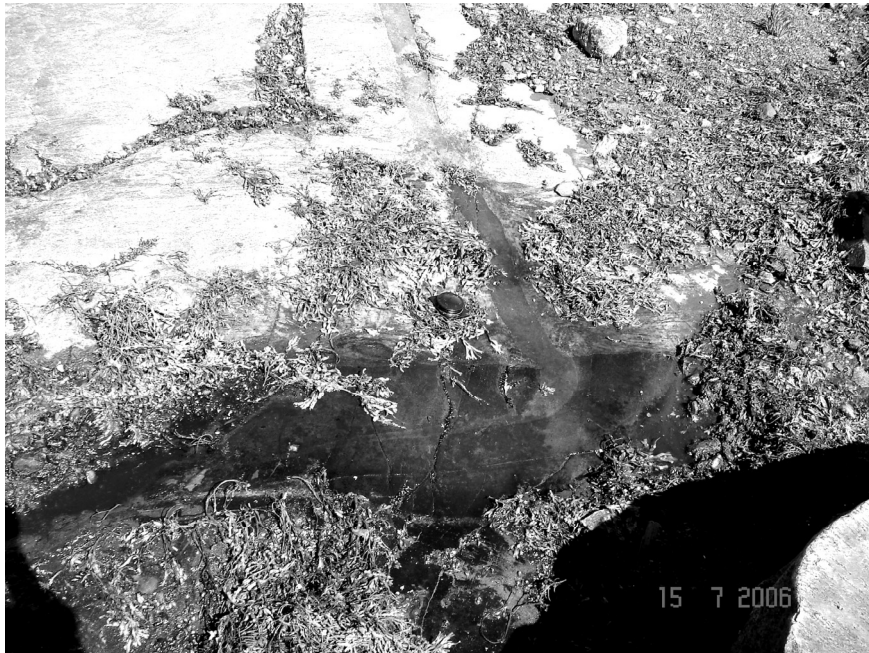


Рис. 14. СВ дайка Grt-CPx габброида, внедрившаяся в субширотную дайку раннепалеопротерозойского метагаббро

Особенности морфологии даек Grt-CPx габброидов дают основание для предположения о том, что при кристаллизации их существовало некоторое избыточное давление, превышающее изостатическое, связанное с собственным давлением расплава (magma driving pressure; Hoek, 1994). Оно могло сыграть решающую роль в формировании минеральной ассоциации, реализованной в процессе кристаллизации. В связи с этим представляется вероятным, что наблюдаемая в этих дайках Grt-CPx ассоциация сближена с магматической стадией их формирования и отражает кристаллизацию расплава в условиях повышенных давлений, возможно близких к эклогитовой фации, что предполагалось и ранее (Степанов, 1990). Данное предположение согласуется с отсутствием в этих породах достоверных реликтов обычных магматических структур и минералов, что сочетается с весьма хорошей сохранностью дайками первичной интрузивной морфологии. В связи с этим представляется интересным тот факт, что в дайках КЛГН, становление которого предшествовало внедрению даек Grt-CPx габброидов, прекрасно сохраняются зоны заделки и тонкие апофизы, а в породах – магматические структуры и минералы, притом что в них также присутствуют минеральные ассоциации, связанные с наложенными высокобарическими процессами. Эти данные позволяют предположить, что после внедрения интрузивов КЛГН произошло существенное повышение изостатического давления, причем в районе с. Гридино оно было заметно выше, чем в более

западной части БПП. Это проявляется и в более интенсивном развитии здесь Grt-CPx кайм в породах КЛГН.

Выводы

1) В архейском меланже ГДП проявлены два этапа деформаций. Ранний, главный этап, имеющий площадное развитие, реализован до внедрения ранних палеопротерозойских мафических даек и имеет позднеархейский (палеопротерозойский?) возраст. Разная степень деформированности меланжа, вероятно, связана с разной интенсивностью проявления деформаций в замковых частях и крыльях наложенных складок. Поздние, вероятно, свекофенские деформации в ГДП локализованы в узких линейных зонах и фиксируются как наложенные на дайки всех палеопротерозойских мафических комплексов. Более широко эти деформации проявлены за пределами ГДП – к северу от м. Дмитриев и южнее о. Крестовая Луда, где интенсивной тектонической переработке подвергнуты дайки КЛГН и коронитовых габбро.

2) Дайки Gr-CPx габброидов в ГДП локализованы в узкой СВ зоне. Они формировались позднее даек КЛГН и, так же как и последние, внедрялись в консолидированную раму, способную давать расколы и обеспечивать условия для образования тонких апофиз.

3) Морфология даек Grt-CPx габброидов коррелируется с составом и структурными особенностями вмещающих пород, при этом формирование прямо-

линейных и зигзагообразных участков даек происходило одновременно. После внедрения, возможно еще до полной консолидации, эти дайки испытали буди-наж. Таким образом, тектоническая обстановка в пе-риод формирования даек Gr-CPx габброидов была более динамичной, чем во время становления КЛГН.

5) Магматический расплав, сформировавший дай-ки Grt-CPx габброидов, внедрялся под давлением, ко-торое, вероятно, значительно превышало изостатиче-ское давление в породах рамы. Возможно, это избы-

точное давление обусловило развитие высокобариче-ских минеральных ассоциаций в породах даек, а так-же в экзоконтактах их, при пересечении тел КЛГН.

6) Для корректной оценки временного интервала, разделявшего эпизоды формирования даек КЛГН и Grt-CPx габброидов, необходимы дополнительные геохронологические исследования.

Авторы благодарны А. К. Карповой, за активную помощь на всех этапах работы с материалом статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Бурдюх Е. В. Гранулометрия тектонитов района с. Гридино // Геология, полезные ископаемые и геоэкология Се-веро-Запада России: Материалы XX рос. конф. молодых ученых, посвящ. памяти чл.-корр. АН СССР К. О. Кратца. Петрозаводск, 2009. С. 9–12.
- Володичев О. И., Слабунов А. И., Бибикина Е. В. и др. Архейские эклогиты Беломорского подвижного пояса, Бал-тийский щит // Петрология. 2004. Т. 12, № 6. С. 609–631.
- Володичев О. И., Слабунов А. И., Сибелев О. С., Лепехи-на Е. Н. Геохронология (SHRIMP-II) цирконов из палео-протерозойских эклогитов района с. Гридино (Беломорская провинция) // Изотопные системы и время геологических процессов: Материалы IV Рос. конф. по изотопной геохро-нологии. Т. II. СПб., 2009. С. 110–112.
- Слабунов А. И. Геология и геодинамика архейских по-движных поясов (на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита). Петрозаводск, 2008. 294 с.
- Слабунов А. И., Ларионов А. Н., Бибикина Е. В. и др. Геология и геохронология Шобозерского массива комплекса лерцолитов – габброноритов Беломорского подвижного пояса // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 3. Петрозаводск, 2001. С. 3–14.
- Слабунов А. И., Бурдюх Е. В., Бабарина И. И. Грануло-метрия и распределение по площади обломочной состав-ляющей гридинского эклогитсодержащего меланжа // Гео-логия и полезные ископаемые Карелии. Вып. 10. Петроза-водск, 2007. С. 27–34.
- Степанов В. С. Основной магматизм докембрия Запад-ного Беломорья. Л., 1981. 216 с.
- Степанов В. С. Ультрабазиты и амфиболиты оз. Серяк (к проблеме генезиса беломорских амфиболитов) // Петро-логия глубокометаморфизованных комплексов Карелии. Петрозаводск, 1983. С. 27–38.
- Степанов В. С. Магматиты района д. Гридино (веще-ство, последовательность образования и некоторые черты эволюции) // Докембрий Северной Карелии. Петрозаводск, 1990. С. 78–101.
- Степанов В. С., Слабунов А. И. Амфиболиты и ранние базит-ультрабазиты докембрия Северной Карелии. Л., 1989. 175 с.
- Степанов В. С., Степанова А. В. Гридинское дайковое поле: геология, геохимия, петрология // Беломорский под-вижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, гео-динамика, минерагения. Материалы науч. конф. и путево-дитель экскурсии. Петрозаводск, 2005. С. 285–288.
- Степанов В. С., Степанова А. В. Ранние палеопротеро-зойские метагаббро района с. Гридино (Беломорский под-вижный пояс) // Геология и полезные ископаемые Каре-лии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 55–71.
- Степанова А. В., Степанов В. С. Коронитовые габбро Беломорского подвижного пояса // Геология и полезные ис-копаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 29–30.
- Травин В. В., Козлова Н. Е. Деформации как фактор ме-таморфизма // Фундаментальные проблемы геотектоники: Материалы XL Тектонического совещания. Т. 1. М., 2007. С. 285–288.
- Hoek H. Mafic dykes of the Vestfold Hills, East Antarctica (an analysis of the emplacement mechanism of tholeiitic dyke swarms and of the role of dyke emplacement during crustal extension). Utrecht University, Netherlands, 1994. 128 p.
- Slabunov A. I., Volodichev O. I., Stepanova A. V. et al. Archean eclogites and Paleoproterozoic eclogitized gabbroids, Gridino area // Karelian Craton transect (Finland, Russia): Precambrian greenstone belts, ophiolites and eclogites / Eds.: P. Peltonen, P. Höltä, A. I. Slabunov. 33IGC, The Nordic Countries. Oslo, 2008. P. 36–53.