

## **ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ВАРИАЦИИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ**

Морозов Ю.А., Кулаковский А.Л., Смульская А.И.

Институт физики Земли РАН, г. Москва, morozov@ifz.ru

Исследования по теме начались с участием акад. Ф.П. Митрофанова. Постановка задачи в какой то мере инициирована результатами, полученными им с соавторами при изучении тектонометаморфизма в зоне пластического сдвига на Воче-Ламбинском полигоне Кольского п-ова [2]. Ими была выполнена количественная оценка вариаций РТ-параметров стресс-метаморфизма в этой зоне и установлены сверхдавления порядка 9-11.6 кбар, генерируемые интенсивными сдвиговыми деформациями при фоновом, преимущественно литостатическом давлении 6.5-7.5 кбар. Наши исследования стресс-метаморфизма в тектонической зоне Мейери в Приладожье стали продолжением этих пионерских работ.

В докембрии Приладожья принято выделять [1] два геоблока - карелиды (на севере региона) с выходами архейского фундамента и чехлом нижнепротерозойских пород, и свекофенниды (на западе) - нижнепротерозойские метаосадки и метавулканисты. Границей геоблоков служит «зона Мейери» надвиговой природы. Северное Приладожье в блоке карелид является классической областью зонального метаморфизма умеренных и средних давлений. Степень метаморфизма нарастает с СВ на ЮЗ и на большей части территории варьирует в пределах эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. Свекофеннские породы Зап. Приладожья метаморфизованы в гранулитовой фации. Работами многих исследователей [1 и др.] определены Р-Т параметры метаморфизма карельских (ладожской серии) и свекофеннских пород. Температуры / давления амфиболитовой фации ладожской серии составляют 650-730 °С / 5.3 кбар, свекофеннских гранулитов - 865-945 °С / 5.6-6.5 кбар.

Нами изучены составы минералов и рассчитаны параметры метаморфизма в 135 образцах метаморфических пород Приладожья из разных метаморфических зон. В 58 зафиксировано давление, превышающее 6.5 кбар, т.е. верхнюю границу давлений для гранулитовой фации докембрия Приладожья. Отсюда следует, что породы, для которых давление превышает 6.5 кбар, не являются продуктами регионального метаморфизма амфиболитовой / гранулитовой фаций, а связаны с метаморфическими событиями иной природы. Две особенности отличают эти породы: а) приуроченность к зонам разломов разного масштаба (абсолютное большинство связано с зоной Мейери), б) тектонитовая природа. Тектониты этой

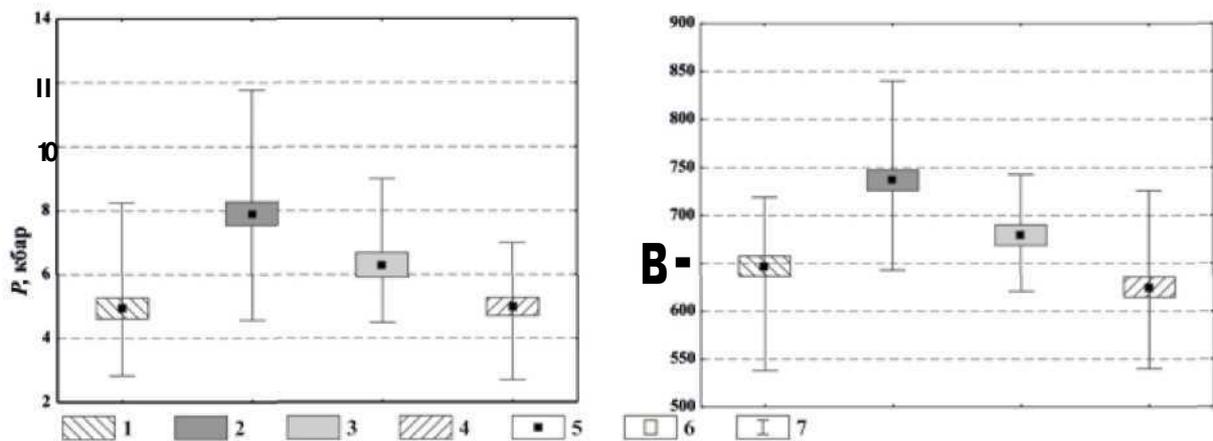


Рис. 1. Диаграммы размаха P-T параметров для регионально метаморфизованных гнейсов кислого состава и апогнейсовых тектонитов.

1-3 - породы зоны Мейери: гнейсы и плагиогнейсы (1), роговики (2), бластокатаклазиты (3); 4 - гнейсы и плагиогнейсы вне зоны Мейери; 5 - среднее; 6 - среднее ± стандартная ошибка; 7 - размах вариации.

совокупности принадлежат к одной из двух разновозрастных групп, различных по структурно-текстурным особенностям, минеральному составу и составу слагающих минералов: массивных роговики [4] и бластокатаклазитов.

Парадоксальный на первый взгляд процесс - формирование в зонах разломов при стрессе массивных высокобарных тектонитов с квазиизотропной петроструктурой - видимо, аналогичен таковому при возникновении массивных апогаббровых пород в надвиговых зонах Беломорья. Согласно модели, предложенной в [3], при деформации основная масса гнейсов, исключая наиболее компетентные и менее обводненные разности пород (в нашем случае - метапесчаники и амфиболиты), в присутствии флюида переходит в пластичное состояние. При этом для сохраняющихся в твердом состоянии блоков (пластин) компетентных пород стресс трансформируется в нормальное гидростатическое давление. В этом квазиизотропном поле напряжений протекает рекристаллизация метапесчаников и амфиболитов с формированием высокобарных компрессионных парагенезисов (роговикоподобных по структуре и текстуре пород). Из двух групп тектонитов роговики характеризуются более высокими давлениями, чем бластокатаклазиты (рис. 1) - максимальные значения 11.5-11.6 и 9.0-9.5 кбар, соответственно. Роговики и бластокатаклазиты относятся к двум разным эпизодам стресс-метаморфизма, разделенным фазой складчатости: «жилы» бластокатаклазитов нередко секут сминающие пластины роговики складки данной генерации.

Минеральный состав лейкократовых роговики схож с таковым исходной «матрицы» - гнейсов, плагиогнейсов и гранито-гнейсов, но составы породообразующих минералов роговики отличаются от минералов «матрицы». Бластокатаклазиты, наоборот, по минеральному составу

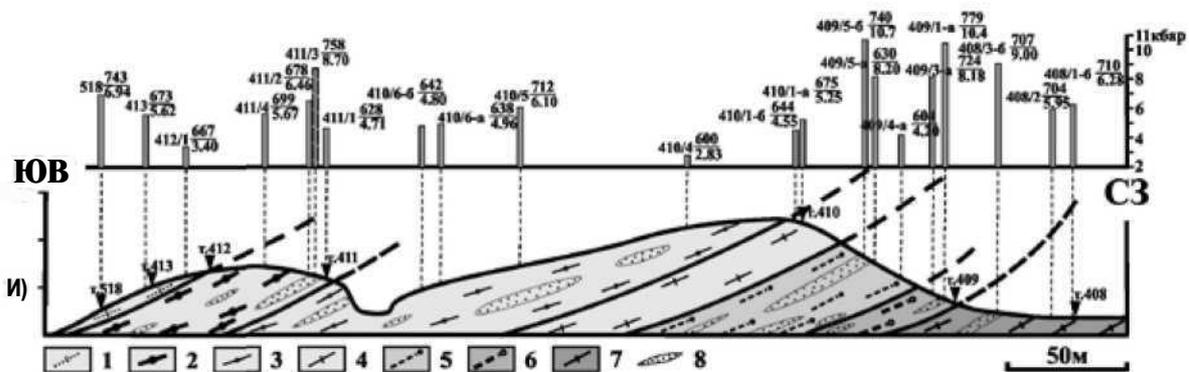


Рис. 2. Профиль через зону Мейери и рассчитанные значения температуры и давления.

1 - плагиогранито-гнейсы; 2 - катаклазированные плагиогранито-гнейсы и бластокатаклазиты; 3 - катаклазированные плагиогнейсы и роговикоподобные тектониты; 4 - катаклазированные плагиогранито-гнейсы с будинами ороговикованных плагиогнейсов; 5 - ороговикованные амфиболовые плагиогнейсы; 6 - ороговикованные плагиогнейсы с пластинами апоамфиболитовых «роговики»; 7 - катаклазированные плагиогранито-гнейсы и катаклазиты с пластинами апоамфиболитовых «роговики»; 8 - крупные линзы «роговики».

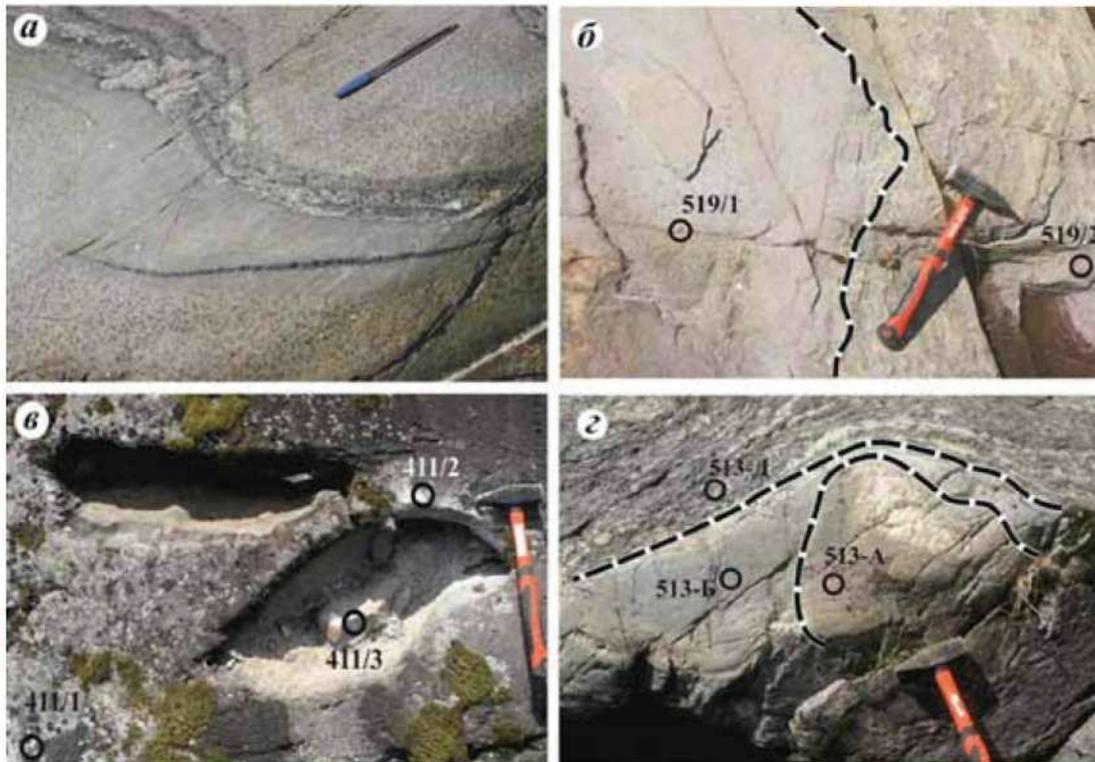


Рис. 3. Неоднородность распределения тектонитов в дециметровом диапазоне (южный берег о-ва Хавус).

а - пластина «роговиков» меж двух пластин бластокатаклизитов; б - контакт «роговика» (обр. 519/1:  $T = 745\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 9.66\text{ кбар}$ ) и катаклазированного плагиогнейса (обр. 519/2:  $T = 660\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 5.41\text{ кбар}$ ); в - будина «роговика» (обр. 411/3:  $T = 758\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 8.7\text{ кбар}$ ) в катаклазированном плагиогнейсе (обр. 411/1:  $T = 628\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 4.71\text{ кбар}$ ) (эндоконтактная зона будины - обр. 411/2:  $T = 678\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 6.46\text{ кбар}$ ); г - будина «роговика» (обр. 513-А:  $T = 718\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 8.74\text{ кбар}$ ) в бластокатаклизите (обр. 513-Д:  $T = 727\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 5.57\text{ кбар}$ ) (эндоконтактная зона будины - обр. 513-Б:  $T = 704\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 6.31\text{ кбар}$ ).

отличаются от гнейсов/плагиогнейсов: помимо кварца, полевых шпатов, биотита и граната обычны кордирит, силлиманит и/или андалузит, мусковит, графит. В то же время, составы плагиоклаза, биотита и граната незначительно отличаются от составов этих же минералов в гнейсах/плагиогнейсах. Статистическая обработка микрозондовых анализов близких по минеральной ассоциации пород кислого состава - гнейсов / плагиогнейсов и апогнейсовых тектонитов - показала, что по составу граната, биотита и плагиоклаза, и по силе корреляции составов этих минералов с давлением наиболее резко выделяются роговики, демонстрирующие статистически значимое отличие от регионально метаморфизованных пород и бластокатаклизитов.

Главной особенностью распространения тектонитов является их крайне неравномерное распределение. Роговики и бластокатаклизиты перемежаются с метаморфитами с «нормальными», типичными для данных метаморфических зон, значениями пиковых температур и давления. Такая неоднородность распределения тектонитов прослеживается на масштабных уровнях, различающихся на несколько десятичных порядков - в диапазоне от километров и сотен метров до сантиметров (рис. 2-4).

Такая дискретность проявления стресс-метаморфизма, вероятно, предопределена неоднородностью разреза в шовной зоне Мейери как по исходному химическому составу флишоидной толщи ладожской серии, так и по неравномерности в степени деформаций (интенсивности тектонизации) субстрата. Дискретность на разных масштабных уровнях предполагает локальные вариации P-T параметров стресс-метаморфизма на стадиях ороговикования и бластокатакклаза. На диаграмме поля P-T параметров «роговиков» и бластокатаклизитов перекрываются друг с другом и с полем регионально метаморфизованных пород «матрицы» (гнейсов и плагиогнейсов). Используя для построения трендов стресс-метаморфизма средние значения P-T параметров, можно заметить, что прогрессивные тренды обеих стадий близки, а регрессивные ветви для гнейсов / плагиогнейсов, «роговиков» и бластокатаклизитов почти выстраиваются в одну прямую линию (рис. 5). И она очень близка к линиям прогрессивных ветвей стресс-метаморфизма обеих стадий.

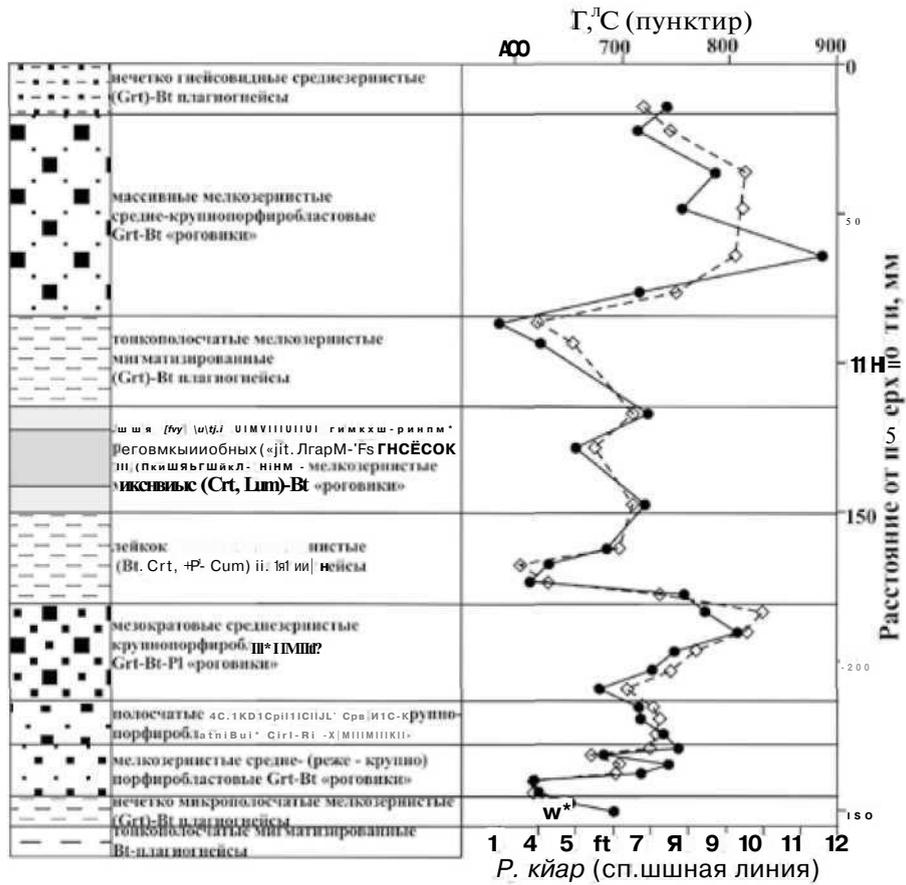


Рис. 4. Неоднородность распределения тектонитов, слабо тектонизированных и нетектонизированных гнейсов / плагногнейсов в субгоризонтальной тектонической пластине южного берега о. Хавус (по керну скважин) в сантиметровом диапазоне.

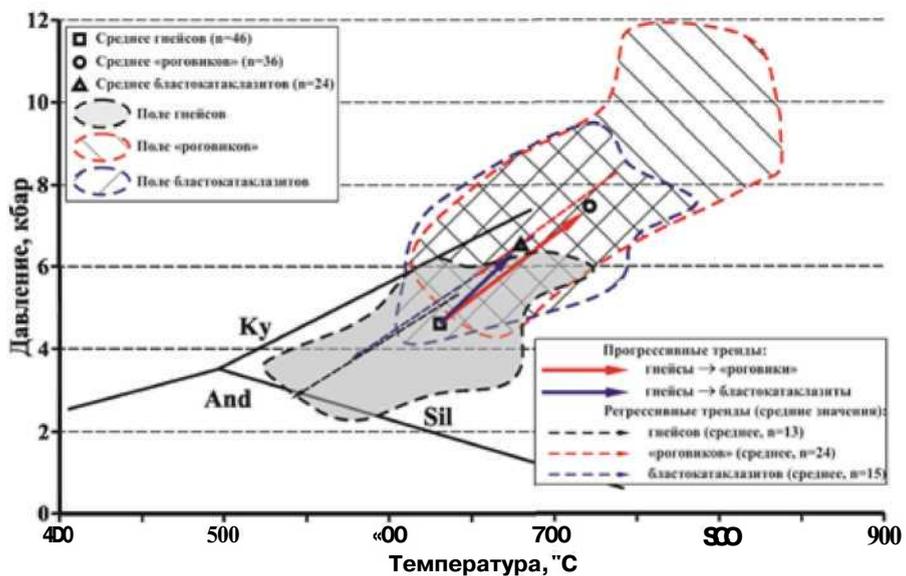


Рис. 5. Тренды стресс-метаморфизма стадий ороговирования и бластокатаклаза, рассчитанные по средним значениям P-T параметров для регионально метаморфизованных пород «матрицы» тектонитов, «роговиков» и бластокатаклизитов (п - число анализов по группам пород).

### Список литературы

1. Балтыбаев Ш.К., Левченков О.А., Невский Л.К. Свекофеннский пояс Фенноскандии: пространственно-временная корреляция раннепротерозойских эндогенных процессов. СПб.: Наука, 2009. 276 с.

2. Беляев О.А., Митрофанов Ф.П., Петров В.П. Локальные вариации P-T параметров тектонометаморфизма в зоне пластического сдвига // Докл АН. 1998. Т. 361. № 3. С. 370-374.
3. Козловский В.М., Вирюс А.А. Гранулитовые парагенезисы в локальных зонах деформаций Вост. Беломорья // Гранулитовые и эклогитовые комплексы в истории Земли. Матер, научн. конф. и путеводитель научных экскурсий. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2011. С. 93-97.
4. Кулаковский А.Л. Об одном типе метаморфических пород в зонах разломов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2003. Т. 78. Вып. 3. С. 88-98.