

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Н. В. Бердников, Л. П. Карсаков, Ган Шенгфей

**ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ГРАНУЛИТАХ СЕВЕРНОЙ ОКРАИНЫ
СИНО-КОРЕЙСКОГО ШИТА
(хр. Данциншань, Внутренняя Монголия)**

Методом криометрии изучены включения флюидов в кварце гранулитов из западной части гранулитового пояса на северной окраине Сино-Корейского щита (хр. Данциншань). Они представлены включениями сжиженной углекислоты, плотность которой варьирует в зависимости от степени вторичной переработки гранулитов. По комплексу геологических, петрологических и термобарогеохимических признаков условия гранулитового метаморфизма пород пояса ($T = 750-850$ °С, $P = 7,0-7,7$ кбар) близки к условиям образования гранулитов умеренных давлений Алданского щита. Диафторез гранулитов проходил в условиях, сходных с условиями образования позднеархейского гилуэйского комплекса зон шовных дислокаций на юге Алдано-Станового щита.

Вдоль окраин древних щитов нередко обнажаются породы фундамента, претерпевшие неоднократные преобразования в результате крупных геологических событий. В этом плане очень показательны активизированные окраины Алдано-Станового и Сино-Корейского щитов. Юг Алдано-Станового щита является классическим районом неоднократной активизации (хр. Становой), сложной геологической эволюции, благодаря чему здесь выведены на поверхность древние глубокометаморфизованные комплексы, характеристики которых рассмотрены в ряде работ [5, 6 и др.]. На северной окраине Сино-Корейского щита также выделяется гранулитовый пояс, который протягивается с запада на восток между 40 и 42° с. ш. на расстояние более чем 1000 км от хр. Данциншань на западе через восточные части Хэбэйской провинции к берегу Бохайского моря на востоке [12]. Предполагается, что пояс возник к концу позднего архея на активной окраине Сино-Корейского щита при погружении под него протомонгольско-хинганского подвижного пояса. В раннем протерозое гранулитовый пояс рассечен Утайским рифтом северо-восточного направления. Породы гранулитового комплекса несогласно перекрыты отложениями группы Эрдова предположительно раннепротерозойского возраста, т. е. возраст гранулитового комплекса определяется как дораннепротерозойский. В дальнейшем вдоль северной окраины Сино-Корейского щита неоднократно проявились глыбовые движения, в результате которых гранулитовый пояс расчленен на ряд блоков. Условия метаморфизма в них широко варьируют от $T = 920$ °С, $P = 14$ кбар до $T = 720$ °С, $P = 9-10$ кбар [12], что указывает на различную степень эродированности блоков.

Нами изучены гранулиты пояса в его западной части, названной Данциншанской (Danqingshan) [10] по названию горного хребта во Внутренней Монголии. Она протягивается на расстояние более чем 200 км (рис. 1). Позднеархейские (?) гранулиты представлены здесь комплексом пород группы Улашань, в составе которой присутствуют магнетит-пироксенитовые гранулиты, гранат-биотитовые, гиперстен-роговообманковые гнейсы, биотит-роговообманково-пироксеновые, двупироксеновые, роговообманково-двупироксеновые кристаллические сланцы, лейкогранулиты, амфиболиты и диопсидовые мраморы. Минеральные парагенезисы пород свидетельствуют об их метаморфизме в условиях гранулитовой фации. Параметры метаморфизма

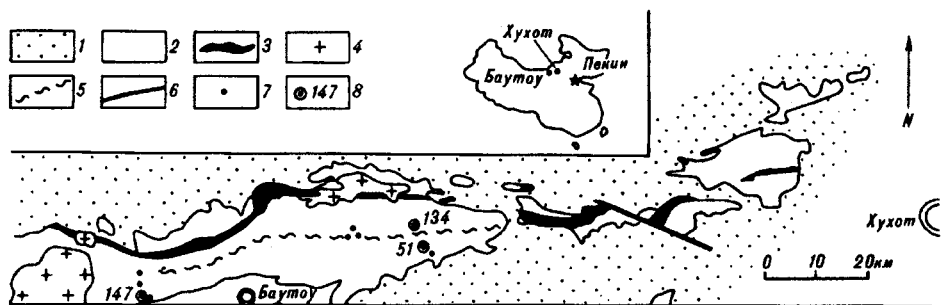


Рис. 1. Схематическая геологическая карта архейского гранулитового пояса в районе хр. Данциншань (Внутренняя Монголия, КНР).

1 — кайнозойские отложения; 2 — архейские образования гранулитового комплекса Улашань; 3 — мраморы комплекса Улашань; 4 — граниты верхнего палеозоя и мезозоя; 5 — зона очковых blastsмилолитов; 6 — разломы; 7 — места отбора проб; 8 — пробы (и их номера), в которых изучены флюидные включения.

по различным геотермобарометрам варьируют в пределах $T = 750\text{--}850\text{ }^\circ\text{C}$, $P = 7\text{--}9$ кбар.

В гранулитах проявились четыре этапа деформаций и диафористические изменения вдоль зон blastsмилолитизации и разломов. Первые два этапа происходили в условиях гранулитовой фации, третий сопровождался сдвигом с востока на запад. В результате этих движений блоки гранулитов были выведены на поверхность. Деформации на четвертом этапе происходили в условиях эпидот-амфиболитовой фации и проявились в породах пояса неравномерно.

Целью настоящей статьи является сравнение условий образования южной окраины Алдано-Станового региона и хр. Данциншань. Наряду с геологическими и петрологическими критериями нами использованы термобарогеохимические признаки, которые, как показал опыт изучения включений в метаморфических породах, достаточно устойчивы в образованиях фундамента древних кратонов [1, 7, 8]. Для них характерны высокоплотные включения практически чистой углекислоты. Распределение плотностей этих включений по генерациям чаще всего говорит о том, что регрессивный этап гранулитового метаморфизма проходил в субизохорических относительно CO_2 условиях или в условиях декомпрессии [2, 4]. Термобарогеохимические исследования показали [1], что гранулиты зверевско-чогарского комплекса на южной окраине Алдано-Станового щита характеризуются наличием высокоплотных включений CO_2 в минералах. Их плотность варьирует от $0,97$ до $1,09\text{ г/см}^3$, что при температурах $1000\text{--}1100\text{ }^\circ\text{C}$ соответствует давлениям $7,2\text{--}10$ кбар. Перекрывающий гранулиты становой комплекс дистенсодержащих гнейсов и сланцев также характеризуется углекислотной специализацией флюида во включениях. Низкоградиентный тип его метаморфизма в условиях амфиболитовой фации обусловил повышенную (до $1,18\text{ г/см}^3$) плотность CO_2 во включениях, особенно в дистене. Рассчитанное по ним давление достигает $7,8$ кбар при $630\text{ }^\circ\text{C}$. По границам блоков гранулитов развиты породы гилуёвского комплекса зон шовных дислокаций. Метаморфизм его пород проходил в условиях водно-углекислотного флюида при $T = 525\text{--}560\text{ }^\circ\text{C}$ и $P = 2,3$ кбар.

Образцы, использованные для термобарогеохимического изучения гранулитов хр. Данциншань, отобраны в районе г. Баутоу (см. рис. 1). Обр. 147 представляет собой железистый кварцит, состоящий из тонкого (порядка 1 см) переслаивания полос кварца и двупироксен-магнетитовой породы. Магнетит образует также линзовидные агрегаты в кварцевой матрице. Кварц содержит большое количество включений сжиженной углекислоты ($T_{пл} = -57,5\text{ }^\circ\text{C}$, $T_{гом}$ см. на рис. 2), плотность которой находится в соответствии с относительным временем образования генераций. Так, плотность включений в наиболее ранних генерациях достигает значений $1,05\text{ г/см}^3$ (один замер — $1,07\text{ г/см}^3$). Более поздние генерации сложены включениями, плотность которых варьирует от $0,87$ до $0,99\text{ г/см}^3$. В некоторых из них наблюдалась каемка воды.

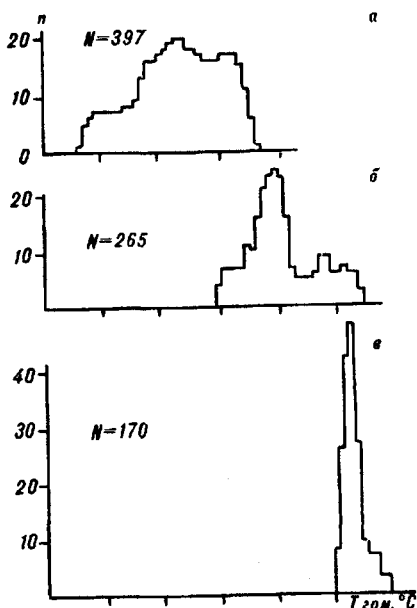


Рис. 2. Гистограммы $T_{\text{гом}}$ CO_2 во включениях из кварца образцов:

а — 147, б — А-134, е — А-51. N — количество замеров.

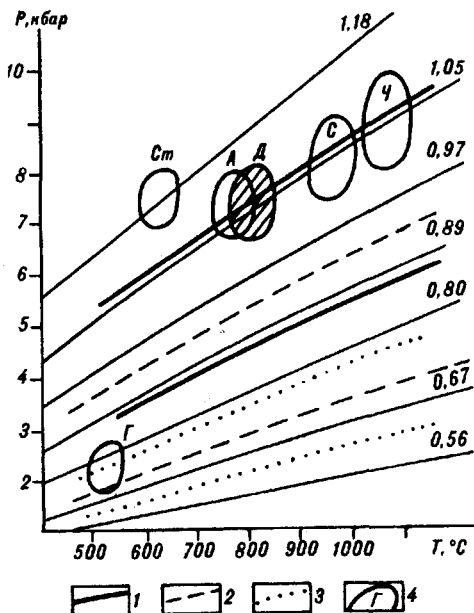


Рис. 3. Изоденсы включений CO_2 и T — P -области метаморфизма пород Алдано-Станового щита и хр. Данциншань на диаграмме состояния CO_2 по [9].

1—3 — изоденсы CO_2 из включений в кварце образцов 147 (1), А-134 (2), А-51 (3); 4 — T — P -области метаморфизма комплексов: Ч — зверевско-чогарского, Ст — станового, Г — гиллоуского по [1]; С — сутамского по [5]; А — алданского по [3]; Д — Данциншань.

Обр. А-134 — blastsмилонитизированный гранит. Темноцветные минералы отсутствуют, образец представляет собой интенсивно расщелоченную кварц-полевошпатовую породу. Флюидные включения в кварце содержат сжиженную CO_2 ($T_{\text{пл}} = -57,5^\circ\text{C}$), гомогенизирующуюся в жидкость в широком интервале температур от 0 ($0,93 \text{ г/см}^3$) до $+25^\circ\text{C}$ ($0,70 \text{ г/см}^3$). Замеры $T_{\text{гом}}$ включений, по морфологическим признакам в наибольшей мере отвечающих первичным, располагаются в середине интервала (от $+10$ до $+18^\circ\text{C}$). Нередко в составе включений присутствует вода (в единичных случаях — до 50 % объема).

Обр. А-51 — лейкократовая полосчатая порода, по структуре и составу сходная с А-134. Кварц изобилует вторичными включениями CO_2 ($T_{\text{пл}} = -57,5^\circ\text{C}$, плотность от $0,62$ до $0,77 \text{ г/см}^3$, $T_{\text{гом}}$ см. на рис. 2), с которыми часто ассоциируют водные газовой-жидкие, образуя как отдельные, так и совместные зоны.

Изоденса наиболее плотных включений из обр. 147 пересекает поля T — P -условий метаморфизма чогарского, сутамского и алданского гранулитовых комплексов на Алдано-Становом щите (рис. 3). Если принять температуры метаморфизма гранулитов Данциншань 750 — 850°C [11], то давления их образования, рассчитанные по включениям, в соответствии с этой изоденсой будут $7,0$ — $7,7$ кбар, что неплохо коррелируется с приведенными выше оценками, сделанными по минералогическим барометрам. Достоверность этой оценки подкрепляется тем, что она сделана по обр. 147, наименее подверженному вторичным процессам, что повышает вероятность нахождения в нем зерен кварца с реликтовыми включениями гранулитовой флюидной системы. Условия метаморфизма гранулитов хр. Данциншань наиболее близки к таковым для алданских гранулитов (см. рис. 3). В то же время, не исключено, что они могут быть сопоставимы с условиями метаморфизма сутамского комплекса на южной окраине Алдано-Станового щита, если в процессе дальнейших исследований будут получены более высокие температуры метаморфизма. Два других образца изменены значительно более интенсивно. Так, наиболее измененный обр. А-51 содержит включения,

максимальные плотности которых соответствуют условиям образования гиллюйского комплекса зон шовных дислокаций на Становике. В то же время, ни в одном из изученных образцов не найдено включений, по плотности соответствующих условиям метаморфизма станового комплекса повышенных давлений.

Таким образом, криометрическими исследованиями установлено, что гранулиты хр. Данциншань первоначально были метаморфизованы в условиях гранулитовой фации умеренных глубин, что позволяет сопоставить их с гранулитами Алданского щита. Диафорез изученных гранулитов происходил при параметрах, сходных с таковыми для гиллюйского комплекса Становой складчатой области (рассланцевание, бластомилонитизация на фоне низких температур и давлений, водно-углекислотный состав флюида). Это обстоятельство говорит в пользу возможности выделения в пределах пояса Данциншань зон шовных дислокаций, подобных гиллюйскому комплексу в Становой области. Образования, сопоставимые с низкоградиентными супракрустальными толщами станового комплекса, на изученной территории нами не обнаружены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердников Н. В. Термобарогеохимия докембрийских метаморфических комплексов Дальнего Востока. — М.: Наука, 1987.
2. Бердников Н. В. Термобарогеохимические модели метаморфизма // Тихоокеан. геология. — 1989. — № 3. — С. 116—118.
3. Бердников Н. В., Карсаков Л. П., Курдюков Е. Б. Термобарогеохимические признаки «омоложения» изотопного возраста метаморфических пород (Алданский щит) // Там же. — 1992. — № 4. — С. 65—76.
4. Вапник Е. А., Седова И. С. Режим давлений и состав флюида при процессах ультраметаморфизма в Алданском мегаблоке // Записки ВМО. — 1986. — Вып. 4. — С. 410—422.
5. Карсаков Л. П. Глубинные гранулиты. — М.: Наука, 1978.
6. Карсаков Л. П., Вольский А. С., Озерский А. В. и др. Становая складчатая область // Геологическое строение региона БАМ. — М.: Недра, 1989. — С. 168—199.
7. Реддер Э. Флюидные включения в минералах. Т. I. — М.: Мир, 1987.
8. Томиленко А. А., Чупин В. П. Термобарогеохимия метаморфических комплексов — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1983.
9. Шмулович К. И., Терещенко Е. Н., Калинин А. Г. Уравнение состояния и изохоры неполярных газов до 2000 К и 10 Гпа // Геохимия. — 1982. — № 11. — С. 1598—1614.
10. Gan Shengfei. Tectonic evolution of the archaean granulite belt of mt. Danqingshan in Inner Mongolia, China // 3^d Intern. archaean symposium. — Perth, 1990. — P. 223—225.
11. Gan Shengfei. Metamorphic $P - T$ conditions of the rocks of Archaean (Wulashan group) granulite facies in Inner Mongolia, North China // Contr. Miner. Petrol. — 1991. — V. 11, N 2. — P. 10—18.
12. Qian Xianglin, Gui Wenyuan, Wang Shigi. Evolution of the Inner Mongolia — Eastern Hebei Archaean granulite belt in the North China craton // The records of geological research. — Peking University Publ. House, 1985. — P. 20—29.

ИТуг ДВО РАН
Хабаровск

Поступила в редакцию
28 декабря 1992 г.