

НИКОЛАЙ ВИКТОРОВИЧ БЕРДНИКОВ*

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОРОДАХ АМФИБОЛИТОВОЙ И ГРАНУЛИТОВОЙ ФАЦИИ

(Рис. 6. Таб. 1)

Резюме: В работе изложены результаты изучения составов флюидных включений в минералах высокометаморфизованных пород ряда выступов докембрийского фундамента на территории Дальнего Востока СССР. Показано, что для пород гранулитовой фации преобладающим компонентом флюида во включениях является углекислота. Жидкие азот и метан обнаружены во включениях в кварце докембрийских чарнокитов. В составе включений из минералов пород амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций заметную роль наряду с CO_2 играет водно-солевой раствор. Эволюция докембрийских блоков в молодых геосинклинально-складчатых системах приводит к появлению в их минералах новых генераций включений углекислотно-метанового состава.

Abstract: This paper provide the data on fluid inclusions in minerals of high-grade metamorphic rocks of pre-Cambrian basement in Soviet Far East. It is shown that granulites are characterized by carbon dioxide fluid inclusions composition. The liquid nitrogen and methane inclusions are observed in pre-Cambrian charnokites. The amphibolite and epidote-amphibolite facies rocks are characterized by carbon dioxide fluid inclusion compositions with minor saline water mixture. The appearance of carbon dioxide-methane fluid inclusions is related to tectonic evolution of pre-Cambrian blocks in young fold belts.

В настоящее время в исследовании процессов метаморфизма широко применяются методы термобарогеохимии. Изучение включений в метаморфических минералах позволяет судить о Т-Р условиях и флюидном режиме метаморфизма, а также об эволюции этих параметров как в течении одного цикла метаморфизма, так и при полиметаморфизме. Флюидные включения, являясь одной из разновидностей метаморфогенных включений, представляют собой микропорции минералообразующего флюида или продукты распада газовых растворов. Первые образуются в процессе роста минерала (первичные) и при его механических деформациях (вторичные), а вторые возникают в уже сформированном кристалле при снижении температуры и давления подобно процессу распада твердых растворов. Различные генерации флюидных включений, возникая на той или иной стадии метаморфизма, своим составом и состоянием фиксируют физико-химические параметры метаморфической системы в процессе ее эволюции. К сожалению, в породах гранулитовой и амфиболитовой фации флюидные включения большей частью отражают регрессивный этап метаморфизма, поскольку большинство включений, возникших на прогрессивном этапе, уничтожаются в связи с перекристаллизацией или полным растворением низкотемпературных минералов.

* Н. В. Бердников, к. г. м. н., Институт тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР, Ким-Ю-Чена, 65, Хабаровск-63.

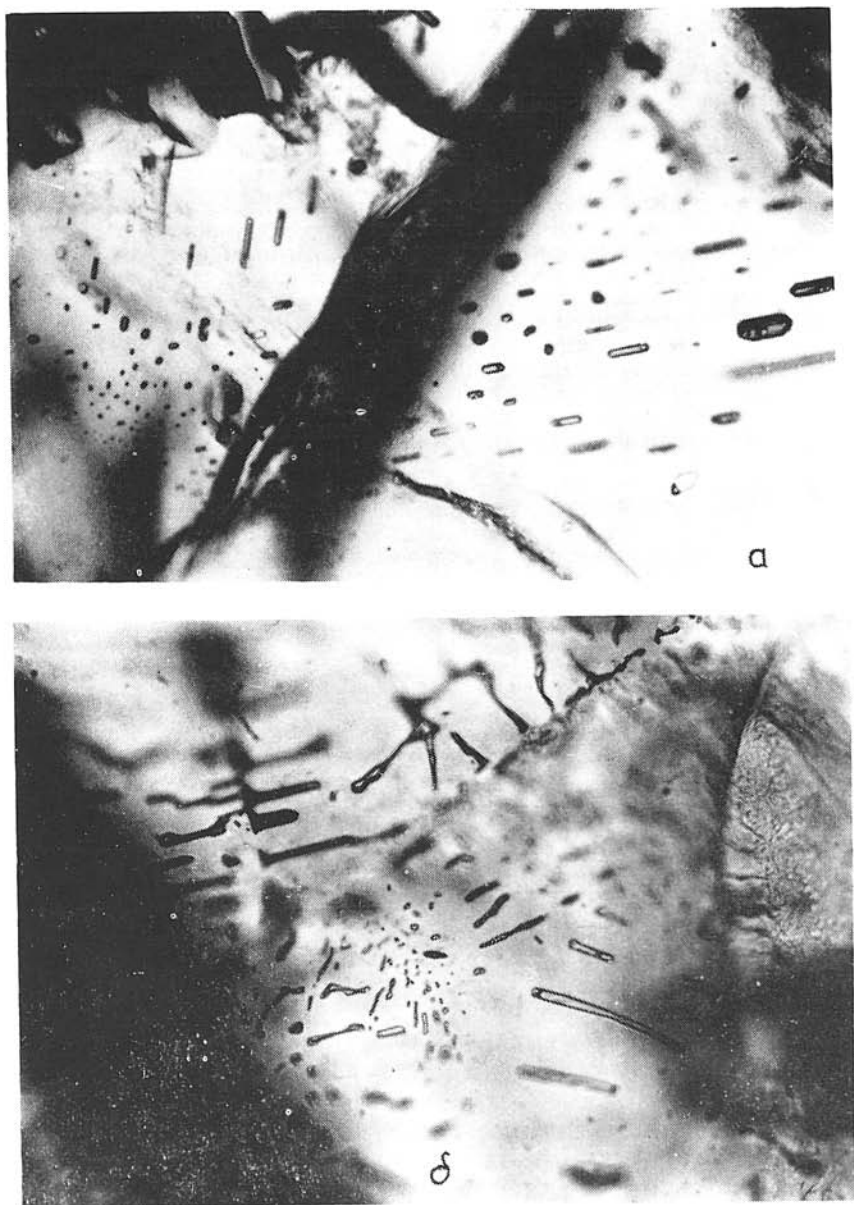


Рис. 1. Углекислотные включения в гранате: а — первично-вторичные; б — вторичные, 600 х.

В работе анализируются данные, полученные при изучении включений в минералах высокометаморфизованных пород ряда выступов докембрийского фундамента на территории Дальнего Востока СССР. Центральным

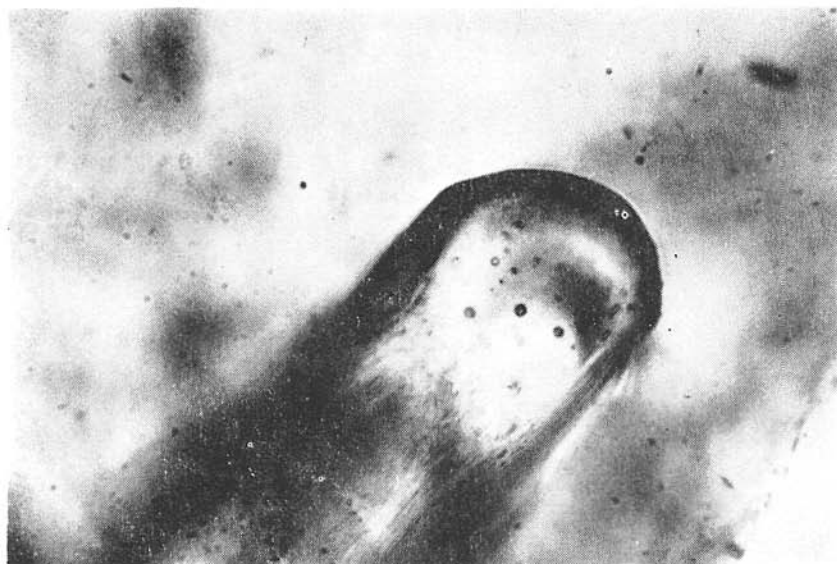


Рис. 2. Углекислотные включения распада в плагиоклазе из плагиоклаз-гиперстенового симплектита, 800 х.

объектом анализа являются метаморфические комплексы Становой области — сложно построенной складчатой структуры, в составе которой известны блоки разновозрастных метаморфических пород, образовавшихся в различных геодинамических обстановках (Карсаков, 1978).

Гранулитовая фация

Основание Становой складчатой области сложено гранулитами. Их образование датируется ранним археем и проходило при $T = 1000\text{—}1100^\circ\text{C}$ и $P = 10\text{—}11$ кбар. В дальнейшем гранулиты испытали полиметаморфизм, связанный с формированием позднеархейского станового комплекса дистен-силлиманитовых гнейсов и позднеархейско-раннепротерозойского комплекса зон шовных дислокаций, развитого по границам архейских блоков. Не затронутые полиметаморфизмом гранулиты обнаружены в центральных частях ряда блоков (Карсаков, 1978), что позволило нам на их примере изучить типично „гранулитовые“ флюидные включения (рис. 1, 2) (Бердников, 1984). Криометрические и хроматографические исследования показали, что эти включения наполнены практически чистой углекислотой с небольшой примесью метана, азота, редких и кислых газов. Вода в этих включениях оптическими методами не обнаружена, хотя возможно ее присутствие в виде тончайшей пленки на стенках вакуолей. Существенно углекислотный состав включений установлен нами в древнейших гранулитах Омонского массива, который считается тектонотипом докембрийских срединных массивов в мезозоидах Северо-Востока Азии (Бердников —

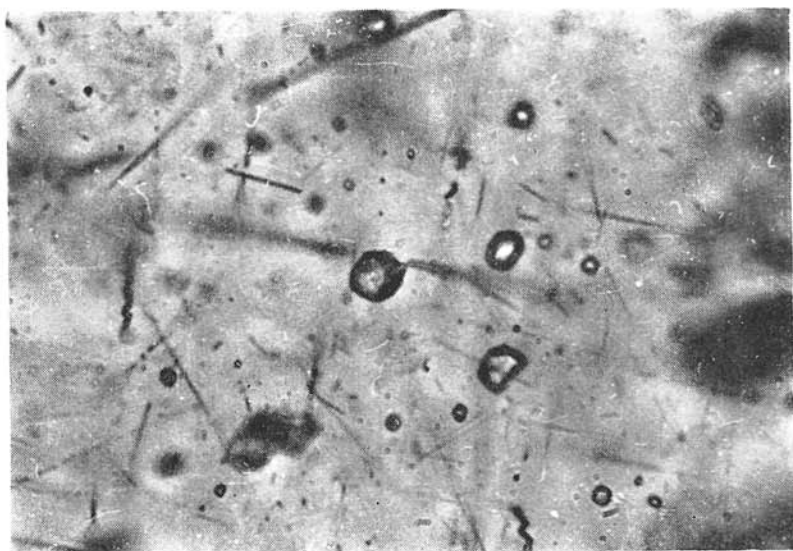


Рис. 3. Азотные включения в кварце чарнокитов, 800 х.

— Карсаков, 1983). Здесь, как и в Становой области, древнее основание в процессе активизации разбито на блоки, в центральных частях которых породы сохранили первоначальную (архейскую) углекислотную флюидную специализацию. Жидкая углекислота является преобладающим компонентом и во включениях в минералах малоглубинных гранулитов Ханкайского срединного массива на юге Дальнего Востока. Углекислотная флюидная специализация гранулитов отмечена всеми изучавшими их авторами, эта закономерность является сейчас общепринятой (Томиленко — Чупин, 1983). Однако в последнее время, в результате расширения технических возможностей анализа включений, в них в качестве преобладающей фазы обнаружены азот и метан. Так, например, среди гранулитов Джугджурского блока на востоке Становой складчатой области обнажаются тела чарнокитов и гиперстеновых гранитов, первичные флюидные включения в которых наполнены сжиженным азотом (рис. 3) и метаном соответственно (Бердников — Карсаков, 1984).

Амфиболитовая фация

Типичным представителем пород амфиболитовой фации метаморфизма являются верхнеархейские дистен-силлиманитовые гнейсы станового комплекса Становой складчатой системы, образовавшиеся при $T = 650^{\circ}\text{C}$ и $P = 7\text{—}8$ кбар. Первичные включения в их минералах содержат практически чистую сжиженную углекислоту (рис. 4), а во вторичных в заметных количествах появляется водно-солевой раствор. В немногочисленных реликтовых включениях, отражающих дометаморфическую исто-

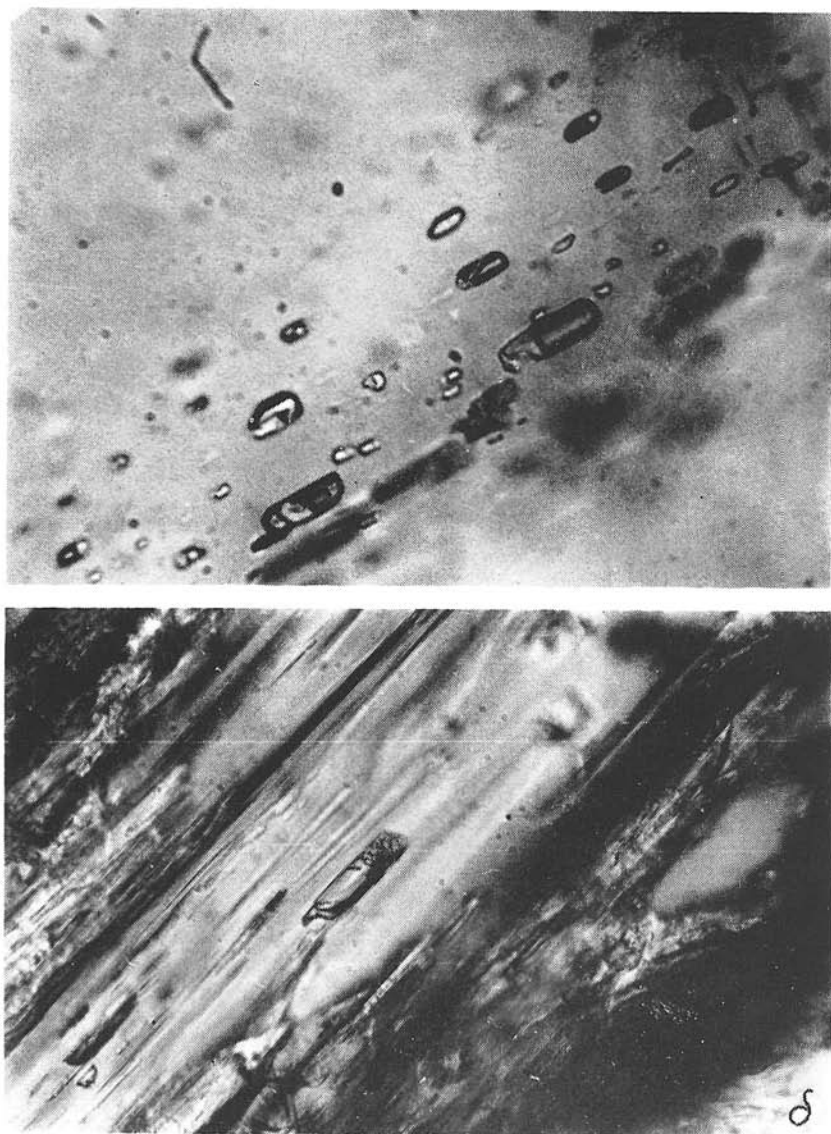


Рис. 4. Углекислотные включения в дистене (а), 800 х; и в силлиманите (б), 630 х.

рию пород, содержится жидкий азот (Бердников — Карсаков, 1982).

Для образований эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма, слагающих троговый (гиллойский) комплекс зон шовных дислокаций по границам архейских блоков, характерна водно-углекислотная специали-

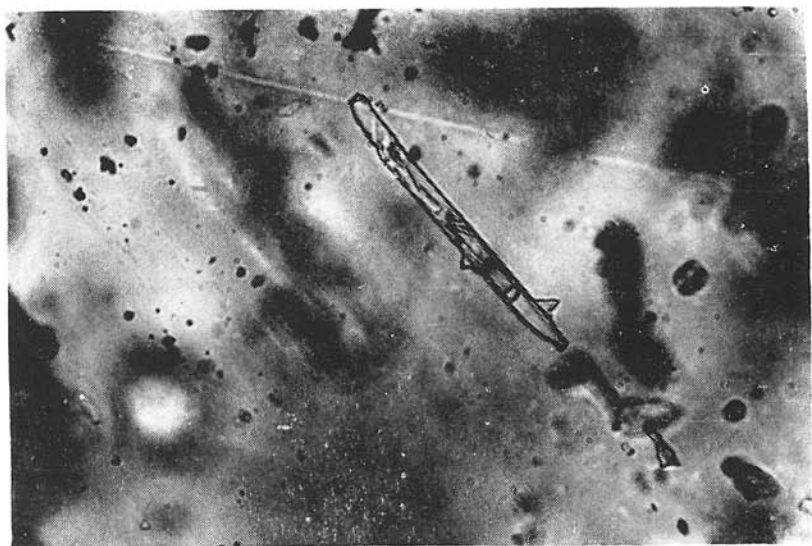


Рис. 5. Водно-углекислотное первичное включение в дистене, 1 000 х.

зация флюида во включениях (Б е р д н и к о в, 1984). При этом в ранних генерациях включений, образование которых по времени близко к кульминационному этапу метаморфизма, содержится водно-солевой раствор и сжиженная углекислота в качестве отдельной фазы (рис. 5). Более поздние генерации включений, образовавшиеся на регрессивном этапе метаморфизма, содержат или водный раствор, или жидкую углекислоту, то есть их образование шло из гетерогенного по составу флюида.

Таким образом, можно заключить, что основными компонентами флюида в метаморфогенных включениях являются углекислота и вода. Другие газы (N_2 , CH_4 , CO , H_2S , H_2 и др.), по данным хроматографии, могут присутствовать в них в виде примесей. При этом для гранулитов характерна практически чистая CO_2 , а для пород амфиболитовой фации — наличие заметного количества воды и растворимых солей во включениях.

Большой интерес представляют термобарогеохимические исследования блоков докембрийских высокометаморфизованных пород, в различной степени ремобилизованных и редуцированных в результате позднейших геосинклинальных процессов (Б е р д н и к о в — К а р с к о в, 1984). Под ремобилизацией мы понимаем здесь изменение структуры блока под влиянием геосинклинальных процессов, а под редукцией — его более существенные, структурно-вещественные изменения и уменьшение суммарной мощности сиалической коры в регионе. Оба процесса сопровождаются внедрением больших масс гранитоидов и повторным метаморфизмом. Анюйский выступ основания Сихотэ-Алинской складчатой системы первоначально был метаморфизован в условиях высокотемпературной амфиболитовой (низы гранулитовой?) фации метаморфизма с существенно углекислотным составом флюида во включениях. В мезозое

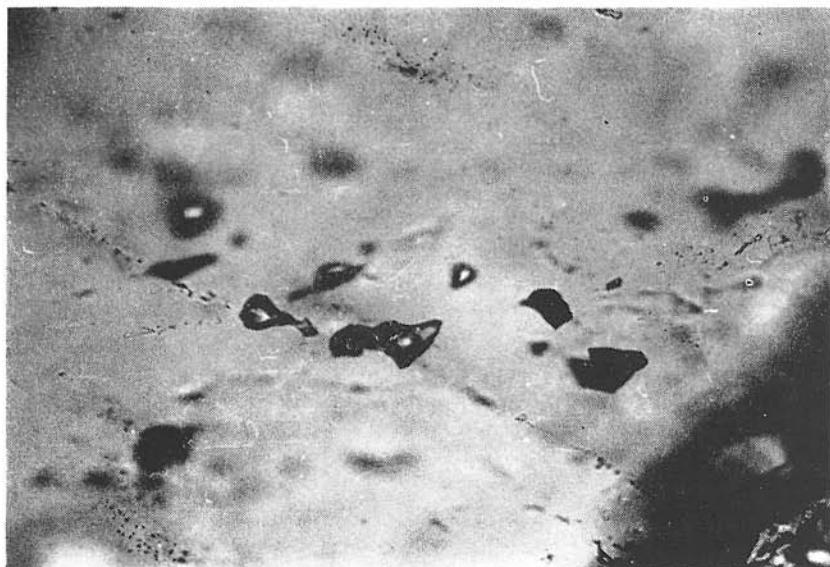


Рис. 6. Вторичные метановые включения в кварце; 800 х.

он претерпел ремобилизацию, сопровождавшуюся повторным низкотемпературным метаморфизмом, в результате которого его образования были приведены в структурное согласие с геосинклинальными комплексами Сихотэ-Алиня. Этот процесс сопровождался привнесом в метаморфические породы выступа восстановленного флюида существенно метанового состава, проводниками которого служили глубинные высокоглиноземистые граниты (Б е р д н и к о в, 1984). Низкая степень повторного метаморфизма (зеленосланцевая фация) препятствовала окислению метана, в результате чего в метановых включениях (рис. 6) отмечены лишь крайне незначительные количества углекислоты и воды. Докембрийский гранулитовый фундамент Буреинского массива претерпел редукцию, по-видимому, в палеозое, которая выразилась в значительном уменьшении мощности сиалической коры в результате глубокой эрозии с поверхности и подплавления и внедрении глубинного материала снизу. Сопутствующий редукции метаморфизм достигал условий амфиболитовой фации и в большой мере преобразовал парагенезисы первичных пород. Редукция сопровождалась глубокой проработкой метаморфических толщ восстановленным флюидом существенно метанового состава (Б е р д н и к о в — К а р с а к о в — Т о м и л е н к о, 1985). Высокая степень повторного метаморфизма обусловила окисление метана, который является преобладающим лишь в первичных включениях. В первично-вторичных и вторичных включениях преобладающими компонентами являются углекислота и вода. Породы фундамента Ханкайского срединного массива первоначально были метаморфизованы в условиях глубоинной (сутамского уровня) гранулитовой фации. Об этом свидетельствуют на-

Таблица 1

Состав флюида во включениях из минералов редуцированных и ремобилизованных докембрийских блоков земной коры на юге Дальнего Востока СССР

№ пп	Блок	Тип преобразования	Степень эродированности	Степень повторного метаморфизма	Состав флюида во включениях
1.	Ануйский выступ (верхи разреза)	ремобилизация	слабая	зелено-сланцевая фация	CH_4 , примесь $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2.	Ануйский выступ (низы разреза)	ремобилизация	—	амфиболитовая фация	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3.	Тастахская серия Буреинского массива	редукция	сильная	амфиболитовая фация	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4.	Ханкайский массив	редукция	сильная	гранулитовая фация	CO_2 , примесь CH_4 и N_2

ходки реликтовых высокоплотных углекислотных включений в кварце и топологические микрозондовые исследования реликтовых ядер в зернах граната (Бердников — Карсаков, 1981; Биотит-гранат..., 1982). В дальнейшем, по-видимому, на рубеже позднего архея—протерозоя, породы массива претерпели глубокую редукцию и метаморфизм в условиях малоглубинной (ханкайского уровня) гранулитовой фации. Первоначальные парагенезисы сутамского уровня глубинности не сохранились, а во включениях, образовавшихся в результате повторного метаморфизма, преобладает углекислота. Следует заметить, что температура плавления углекислоты в этих включениях постоянно понижена до -60 — -62 °С, что говорит о присутствии в них большого количества низкокипящих газов. Хроматографическими исследованиями в них обнаружена примесь метана и азота.

Таким образом, термобарогеохимические исследования срединных массивов юга Дальнего Востока СССР показали, что их эволюция в последние докембрийских геосинклинальных системах проходила с привнесением восстановленного флюида преимущественно метанового состава, имевшего, по-видимому, глубинное происхождение (таб. 1). Эволюция состава этого флюида в породах конкретного массива определялась интенсивностью сопровождавшего редукцию и (или) ремобилизацию метаморфизма. Она заключалась в изменении его состава от существенно метанового к водно-углекислотному и, далее, к существенно углекислотному: более вы-

сокотемпературному метаморфизму соответствует более углекислотный состав флюида. Эта закономерность отражает общую тенденцию установления углекислотной специализации глубокометаморфизованных толщ.

Определенный интерес вызывают находки метаморфогенных включений, содержащих сжиженный азот. Такие включения обнаружены в реликтовых зернах кварца из дистен-силлиманитовых гнейсов станового комплекса, несущих характерные признаки «серых гнейсов», образовавшихся за счет изверженных пород диоритового состава. Первичные азотные включения встречены также и в глубинных чарнокитах, прорывающих раннеархейские гранулиты на востоке Становой складчатой области. Геологические и термобарогеохимические данные позволяют предполагать, что в пределах Становой области исходными породами для образования «серых гнейсов» были изверженные породы (возможно, чарнокиты) со специфической азотной специализацией флюида во включениях.

ЛИТЕРАТУРА

- БЕРДНИКОВ, Н. В., 1984: Термобарогеохимия метаморфических пород Становой складчатой области. Автореф. канд. дисс., Новосибирск, 16 с.
- БЕРДНИКОВ, Н. В. — КАРСАКОВ, Л. П., 1981: Метаморфогенные включения в минералах пород гранулитовой фации Ханкайского массива. Докл. Акад. Наук СССР, (Москва), 259, 5, с. 1172—1175.
- БЕРДНИКОВ, Н. В. — КАРСАКОВ, Л. П., 1983: Флюидные включения в минералах пород гранулитовой фации Омогонского массива. В кн.: Метаморфические комплексы Дальневосточной континентальной окраины. Владивосток, с. 97—101.
- БЕРДНИКОВ, Н. В. — КАРСАКОВ, Л. П., 1984: Флюидный режим метаморфизма амфиболитовой фации станового комплекса (Дальний Восток). Тихоокеанская геология, 1, с. 28—37.
- БЕРДНИКОВ, Н. В. — КАРСАКОВ, Л. П., 1984: Термобарогеохимия метаморфических комплексов юга Дальнего Востока. В кн.: 27 Междунар. геол. конгр. Москва, 4—14 авг. 1984. Тез. докл., 5, Москва.
- БЕРДНИКОВ, Н. В. — ТОМИЛЕНКО, А. А. — КАРСАКОВ, Л. П., 1986: Эволюция флюидного режима метаморфизма и ультраметаморфизма на востоке Буреинского массива. Докл. Акад. Наук СССР (Москва), 285, 2, с. 439—442.
- БИОТИТ-ГРАНАТ-КОРДИЕРИТОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ МЕТАМОРФИЗМА, 1983: (Эд. Перчук, Л. Л. — Лаврентьева, И. В. — Аранович, Л. Я. и др.), Наука, Москва, 197 с.
- ТОМИЛЕНКО, А. А. — ЧУПИН, В. П., 1983: Термобарогеохимия метаморфических комплексов. Наука, Новосибирск, 200 с.

Рукопись получена 26 Мая, 1986.

The author is responsible for language correctness and content.

