

а для слабо сцементированных и рыхлых оолитовых руд – фации оолитовых песков и песчаных пляжных отложений литоральной зоны. Выявленные закономерности могут быть использованы для геометризации площадей распространения рыхлых оолитовых гетит-гидрогетитовых руд, наиболее благоприятных для отработки методом скважинной гидродобычи.

Литература

- Бабин А. А.* Бакчарское железорудное месторождение (геология, закономерности размещения и генезис железных руд). Дис. ... канд. геол.-минер. наук. Томск: ТПИ, 1969. 248 с.
- Вылцан И. А.* Фации и формации осадочных пород. Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2002. 484 с.
- Западно-Сибирский железорудный бассейн / Под ред. Ф. Н. Шахова. Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. 448 с.
- Мазуров А. К., Боярко Г. Ю., Емешев В. Г., Комаров А. В.* Перспективы освоения Бакчарского железорудного месторождения, Томская область // Руды и металлы. 2006. № 2. С. 64–70.
- Николаева И. В.* Бакчарское месторождение оолитовых железных руд. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1967. 129 с.
- Пишеничкин А. Я., Домаренко В. А.* Петрографо-геохимические особенности Бакчарского месторождения // Вестник науки Сибири. Томск, 2011. № 1(1). С. 13–18.

А. В. Кичеева

*Томский государственный университет, г. Томск
1990.15.10@mail.ru*

Петроструктурные особенности гарцбургитов Калнинского массива (Западный Саян) (научный руководитель А. И. Чернышов)

Введение. Целью работы является выявление термодинамических условий пластического деформирования гарцбургитов на основе анализа петроструктурных узоров оливина и энстатита с использованием результатов других исследователей. Основной задачей исследования стало изучение ориентировок кристаллооптических осей оливина и энстатита в гарцбургитах из хромитоносного Калнинского ультрабазитового массива с использованием микроструктурного анализа. При работе использовался каменный материал, отобранный научным руководителем в ходе выполнения хозяйственных работ с ОАО «КНИИГиМС», который использовался автором при написании выпускной бакалаврской работы.

В работе приведены результаты петроструктурного изучения гарцбургитов Калнинского хромитоносного массива, который является фрагментом нижней части разреза Куртушибинского офиолитового покрова, выделенного в северо-западной части Западного Саяна [Добрецов и др., 1977]. Калнинский ультрамафитовый массив имеет субизометричную форму, его площадь составляет примерно 65 км². Массив является крупным тектоническим блоком, окруженным серпентинитовым меланжем. Он сложен метаморфическими перидотитами, которые представляют собой реститовые породы дунит-гарцбургитового полосчатого комплекса. Его северо-восточная часть сложена, главным образом, дунитами. В юго-западной части массива наблюда-

ется чередование дунитов и гарцбургитов, часто имеющее полосчатое строение. Дуниты и гарцбургиты имеют свежий облик, а в тектонически ослабленных зонах они обычно преобразованы в серпентиниты.

Петроструктурные исследования были направлены на изучение гарцбургитов с целью выявления термодинамических условий их пластического деформирования по характеру предпочтительных петроструктурных узоров оливина и энстатита.

Результаты исследования. В образце гарцбургита устанавливается плоскость минеральной уплощенности S (аз. прост. 325° , угол пад. 75° СВ), совпадающая с плоскостью полосчатости, обусловленная струйчато-плоскостным распределением энстатита.

Для оливина выявлены строгие предпочтительные петроструктурные узоры для всех трех кристаллооптических осей Ng, Nm и Np (рис., обр. 7077, Ол), которые обнаруживают тесную связь с плоскостью минеральной уплощенности (S). Оси Ng локализируются в два субгоризонтальных максимума со значительной плотностью (10 % и 12 %), отражающих их преимущественную ориентировку в направлении СЗ-ЮВ. Максимумы Ng располагаются в минеральной уплощенности S , один из них совмещается с линейностью L . Для осей Ng отмечается тенденция к растягиванию в пояс в плоскости пластического кливажа. Оси Nm и Np концентрируются в совмещенные вертикальные пояса, нормально субгоризонтальному максимуму осей Ng. В поясах четко выделяются по два максимума для Nm 12 % и 6 %, для Np 14 % и 6 %. Максимумы Nm и Np с наибольшей плотностью ориентированы перпендикулярно плоскости уплощенности.

Оси Ng в энстатите концентрируются в субвертикальный пояс в плоскости уплощенности. В поясе отчетливо проявляется субгоризонтальный максимум с высокой плотностью (8 %), пространственно совпадающий с максимумом осей Ng оливина

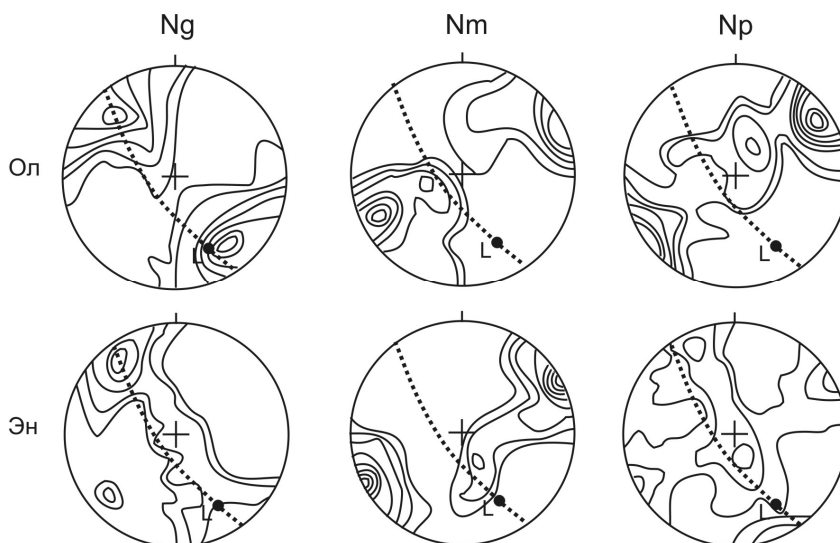


Рис. Диаграммы ориентировки кристаллооптических осей оливина (Ол) и энстатита (Эн) в гарцбургите (обр. 7077) Калининского массива.

Диаграммы построены по 100 замерам кристаллооптических осей минералов. Изолинии: 1-2-4-6-8-10-12-14 % на 1 % сетки Шмидта. Проекция на верхнюю полусферу. Точечная линия – плоскость пластического течения (S), L – линейность.

и располагающийся вблизи линейности. Оси Nm концентрируются, главным образом, в горизонтальный максимум с очень высокой плотностью (14 %), который располагается субнормально к плоскости уплощенности. Наблюдается отчетливая тенденция максимума Nm к растягиванию в вертикальный пояс, в котором отмечается субвертикальный максимум невысокой плотности (4 %). Оси Nr образуют два взаимно перпендикулярных вертикальных пояса концентраций, один из которых располагается нормально максимуму Ng, а другой нормально максимуму Nm. В поясах наблюдаются максимумы по 4 %, пространственно совмещенные с субгоризонтальными максимумами Ng и Nm, отмечается также субвертикальный максимум.

Интерпретация результатов. По микроструктурным особенностям исследуемых гарцбургитов предполагаются два этапа их пластического деформирования.

Первый этап воссоздают петроструктурные узоры пластически деформированного оливина, которые характеризуются наличием горизонтального максимума осей Ng с плотностью 10 % и вертикальным поясом осей Nm и Nr. При этом максимум осей Ng отражает преимущественную их ориентировку в СЗ направлении согласно полосчатой внутренней структуре массива (S). Образование такого петроструктурного узора оливина, вероятно, осуществлялось высокотемпературным внутрикристаллическим трансляционным скольжением по системам (010)[100] и {0kl}[100] в динамически активной зоне, в зоне перехода верхней мантии и корневых частей земной коры. На этом этапе пластическое течение гарцбургитов, очевидно, сопровождалось их рестированием с образованием полосчатого дунит-гарцбургитового субстрата СЗ простираения, которое фиксируется максимумом осей Ng, отражающим направление растяжения. При этом направление сжатия отражает максимум осей Nr. Такой петроструктурный узор свидетельствует о том, что пластическое течение протекало в условиях осевых деформаций в режиме снижения температур (от 900 °С), умеренной и высокой скорости (10^{-5}c^{-1} – 10^{-2}c^{-1}) и низкого всестороннего давления (≈ 5 кбар). Пластические деформации на этом этапе носили неоднородный характер и осуществлялись трансляционным скольжением и синтектонической рекристаллизацией. В результате зерна оливина в гарцбургитах приобретают характерное неоднородное волнистое погасание, характеризуются наличием многочисленных полос излома и подвергаются порфирокластезу.

Второй этап отражают петроструктурные узоры крупных порфиробластовых недеформированных либо слабо деформированных зерен оливина, которые имеют узоры, близкие пластически деформированным зернам и отличаются наличием угловых расстояний между главными максимумами кристаллооптических осей, главным образом, Ng. Отсутствие признаков пластических деформаций в крупных зернах оливина показывает, что этот этап носил прогрессивный характер и осуществлялся при повышении температур. При этом пластические деформации сменяются вторичной рекристаллизацией отжига, которая осуществлялась в условиях незначительно меняющегося поля напряжения (S), на что указывают угловые расстояния между исходным (10 %) и новообразованным (12 %) максимумами осей Ng. Этот процесс протекал за счет упругой постепенно уменьшающейся внутрикристаллической энергии зерен оливина. При этом сохраняется высокая межзерновая свободная энергия, способствующая разрастанию свободных от дислокаций зерен за счет поглощения неблагоприятно ориентированных и насыщенных дислокациями деформированных индивидов посредством перемещения границ [Николя, 1992]. В результате формируются гарцбургиты со средне- и крупнозернистой микроструктурой, плавными гра-

нищами зерен оливина, часто сходящимися под углом 120° . Новообразованный оливин отличается отсутствием признаков пластических деформаций и имеет однородное погасание.

Энстатит в гарцбургитах оказывается менее подвержен пластическим деформациям. В исследуемых гарцбургитах петроструктурные узоры оптических ориентировок энстатита имеют характер распределения, близкий кристаллооптическим осям пластически деформированного оливина. Оптические ориентировки оливина и энстатита тесно связаны между собой и являются сингенетичными. На их сингенетичность в гарцбургитах офиолитовых комплексах неоднократно обращалось внимание многих исследователей [Nicolas, Poirier, 1976; Щербаков, 1981; Чернышов, 2001].

Анализ петроструктурного узора энстатита также позволяет установить последовательность их пластического деформирования. В метаморфических перидотитах, деформация энстатита осуществляется трансляционным скольжением по высокотемпературной системе (100)[100] при температурах $800\text{--}1300^\circ\text{C}$, давлении до 10 кбар и $\epsilon = 10^{-4}\text{--}10^{-7}\text{c}^{-1}$, что соответствует трансляционному скольжению в оливине по (010)[100]. При этом оси Ng энстатита образуют максимум концентрации, ориентированный параллельно оси растяжения, который, обычно, пространственно совмещен с исходным максимумом Ng оливина. Эти максимумы отражают преимущественное направление трансляции в минералах, контролируемое пластическим течением (S_1). Оси Nm в результате трансляции формируют максимум, который располагается перпендикулярно к плоскости полосчатости (S_1) и ориентируются параллельно оси сжатия, при этом максимум Nm энстатита пространственно совмещается с максимумом Nr оливина. Пластические деформации энстатита в участках повышенных скоростей приводят к образованию удлинённых зерен и появлению неоднородного, волнистого погасания и полос пластического излома. Усложнение оптических ориентировок зерен энстатита обусловлено синтетектонической рекристаллизацией. При этом часть осей Nr пластически деформированного энстатита образуют максимум, пространственно совмещённый с максимумом осей Nr оливина, отражающим направление сжатия.

Выводы. Таким образом, проведенный петроструктурный анализ оливина и энстатита в дунитах позволил выявить предпочтительные узоры ориентировок оптических осей этих минералов, которые отражают термодинамические условия и последовательность пластических деформаций гарцбургитов на различных этапах их формирования. Полученные результаты предполагается использовать для дальнейших петроструктурных исследований рудовмещающих дунитов, а также вкрапленных хромититов с целью уточнения роли пластических деформаций ультрамафитов при локализации хромитового оруденения.

Литература

Добрецов Н. Л., Молдаванцев Ю. Е., Казак А. П. и др. Петрология и метаморфизм древних офиолитов на примере Полярного Урала и Западного Саяна. Новосибирск: Наука, 1977. 223 с.

Никола А. Основы деформации горных пород. М.: Мир, 1992. 168 с.

Чернышов А. И. Ультрамафиты (пластическое течение, структурная и петроструктурная неоднородность). Томск, 2001. 216 с.

Щербаков С. А. Механизм пластических деформаций ультрабазитов Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал) // Геотектоника. 1981. № 4. С. 44–56.

Nicolas A., Poirier J. P. Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks // New York: Wiley-Interscience, 1976. 444 p.