

*А. В. Кичеева, А. И. Чернышов*  
*Национальный исследовательский Томский государственный*  
*университет, г. Томск*  
*1990.15.10@mail.ru*

## **Петроструктурные исследования пластически деформированных гарцбургитов и дунитов Эргакского массива (Западный Саян)**

Объектом изучения является Эргакский ультрамафитовый массив, расположенный в крайней северо-восточной части Западного Саяна. Массив является фрагментом Куртушибинского офиолитового пояса [Петрология..., 1977]. Целью исследования является выявление условий пластического деформирования гарцбургитов и дунитов. Для достижения поставленной цели проводился петроструктурный анализ, который предусматривал детальное исследование петрографических, структурно-текстурных особенностей пород, а также изучение в них микроструктурных ориентировок кристаллооптических осей оливина. Исследования выполнялись с использованием каменного материала, любезно предоставленного М. Ю. Подлипским (Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск).

**Результаты исследования.** *Петрографическая характеристика.* Под микроскопом гарцбургиты и дуниты характеризуются деформационными типами структур

[Чернышов, 2001]. Для гарцбургитов отмечается среднезернистая мезогранулярная структура, частично осложненная синтетектонической рекристаллизацией. Зерна оливина размером до 4–5 мм имеют субизометричную, либо слабо удлинённую форму и ориентированы субпараллельно. Их ориентировка отражает направление директивности. В зернах имеются признаки пластического деформирования в виде неоднородного погасания и полос пластического излома. Зерна энстатита размером до 4 мм обычно имеют таблитчатую форму ксеноморфную к индивидам оливина. Они менее деформированы, характеризуются слабо выраженным неоднородным погасанием и иногда – изгибом трещинок спайности. В отдельных участках проявляется синтетектоническая рекристаллизация с образованием мелкозернистых мозаичных агрегатов оливина. Хромшпинелиды наблюдаются в виде неравномерной вкрапленности буровато-коричневых зерен размером до 0.5 мм.

Дуниты характеризуются порфиорокластовой структурой с отчетливо выраженной директивностью. Порфиорокласты оливина длиной до 3 мм обладают линзовидной, лентовидной формой и имеют строгую предпочтительную ориентировку, отражающую направление директивности и, соответственно, направлению пластического течения в дунитах. Зерна интенсивно деформированы, в них отмечается неоднородное волнистое погасание и многочисленные полосы пластического излома. Полосы пластического излома нередко обнаруживают симметричное «перистое» расположение к удлинению зерен, что свидетельствует об интенсивном пластическом течении в условиях сдвига. Мелкие зерна (менее 1 мм) оливина имеют субизометричную форму. Они образовались в результате синтетектонической рекристаллизации. В дунитах наблюдается вкрапленность субизометричных и удлинённых индивидов хромшпинелидов бурого цвета с размерами менее 0.5 мм. Они вытягиваются субпараллельно согласно удлинению порфиорокластов оливина.

*Петроструктурный анализ.* Для оливина из гарцбургита выявлены строгие петроструктурные узоры для всех трех кристаллооптических осей Ng, Nm и Np (рис. а), которые обнаруживают тесную связь с плоскостью минеральной уплощенности. Оси Ng локализируются в отчетливый максимум со значительной плотностью (8 %), который совмещается с линейностью L и имеет тенденцию растягиваться в пояс в плоскости минеральной уплощенности. Оси Nm и Np концентрируются в совмещенные пояса, нормально максимуму осей Ng и L. В поясах четко выделяются по два максимума для Nm и Np по 8 и 6 % соответственно. Максимумы Nm и Np с наибольшей плотностью ориентированы субнормально плоскости уплощенности. Другие максимумы Nm и Np располагаются в плоскости уплощенности и субнормально к максимуму Ng. Отмечается также тенденция осей Nm и Np к обособлению в пояс в плоскости уплощенности.

Оливин из дунита также имеет строгий петроструктурный узор (рис. б). Оси Ng обнаруживают тенденцию к растягиванию в пояс нормально плоскости уплощенности. В поясе отмечаются два максимума с плотностью 12 и 4 %. Эти максимумы располагаются симметрично по отношению к линейности зерен оливина и составляют с ней угол ~30°. При таком угловом соотношении линейности и максимумов осей Ng величина угла сдвига в процессе деформации составляла ~60° [Nicolas, Poirier, 1976]. Оси Nm образуют пояс концентрации, нормальный наибольшему максимуму осей Ng. В поясе наблюдаются два максимума 8 и 4 %. При этом максимум наибольшей плотности 8 % лежит в плоскости минеральной уплощенности и ортогонально к L. Оси Np образуют пояс концентрации, совмещенный с поясом осей Nm, в котором отмечаются два максимума пространственно сближенные с максимумами осей Nm.

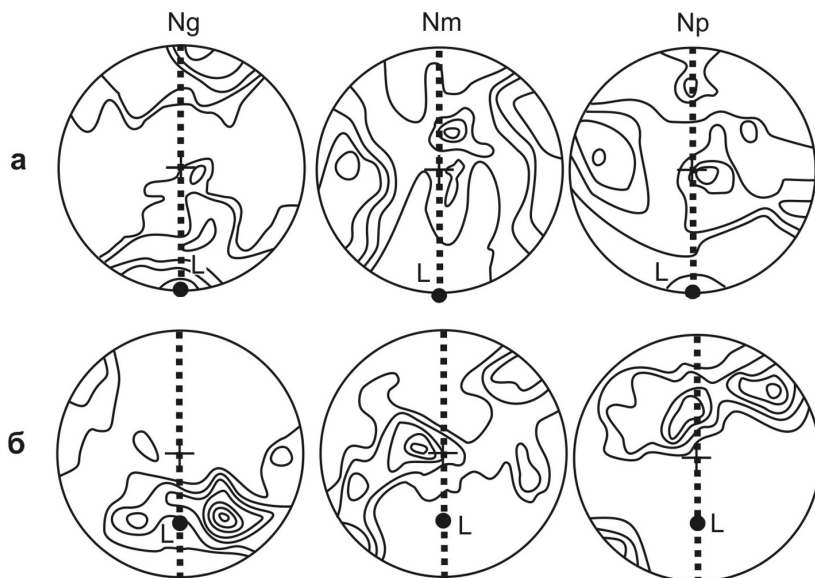


Рис. Диаграммы ориентировки кристаллооптических осей оливина из: а) гарцбургита (обр. 4076) и б) дунита (обр. Эр-221) Эргакского массива.

Диаграммы построены по 100 замерам кристаллооптических осей оливина. Изолинии: 1-2-4-6-8-10-12 % на 1 % сетки Шмидта. Проекция на верхнюю полусферу. Точечная линия – плоскость пластической минеральной уплощенности, L – линейность.

**Интерпретация результатов.** По микроструктурным особенностям предполагается два этапа пластического деформирования ультрамафитов. Пластически деформированные гарцбургиты с равновесной мезогранулярной структурой отражают первый этап. Во второй этап в результате интенсивной синтетектонической рекристаллизации мезогранулярных дунитов образовались дуниты с порфинокластовой структурой.

Предполагаемые этапы деформации подтверждаются петроструктурными исследованиями оливина в гарцбургитах и дунитах. Образование петроструктурного узора оливина в гарцбургите осуществлялось, главным образом, высокотемпературным внутрикристаллическим трансляционным скольжением по системе  $\{0kl\}[100]$ , при подчиненной роли синтетектонической рекристаллизации. При этом направление пластического течения гарцбургитов фиксируется минеральной линейностью, с которой совмещается максимум осей Ng оливина. При этом направление сжатия отражает максимум осей Np, нормальный к минеральной уплощенности. Такой петроструктурный узор свидетельствует о том, что пластическое течение протекало в условиях осевого сжатия в режиме высоких температур ( $\sim 800^\circ\text{C}$ ) и умеренной скорости деформации ( $\epsilon \sim 10^{-5}\text{c}^{-1}$ ) [Nicolas, Poirier, 1976] и, вероятно, осуществлялось в зоне перехода верхней мантии и корневых частей земной коры. Пластические деформации на этом этапе носили неоднородный характер, в результате зерна оливина в гарцбургитах приобретают характерное неоднородное погасание, в них появляются многочисленные полосы пластического излома, и частично они подвергаются порфинокластезу.

Петроструктурный узор оливина в дунитах с порфинокластовой структурой обусловлен активизацией трансляционного скольжения по системе  $\{0kl\}[100]$ , осу-

щественного в двух направлениях [Чернышов, 2001]. При этом одно из направлений является доминирующим и ориентируется преимущественно согласно с направлением наложенного сдвига. Второе направление трансляции располагается под углом 60–90° к плоскости сдвига. Последовательное увеличение степени деформации с возрастанием угла сдвига до 40–60° способствует формированию двух множеств зерен оливина, в которых многочисленные полосы излома ориентируются симметрично к направлению их удлинения, т.е. обнаруживают перистое расположение. При этом наиболее благоприятно ориентированными оказываются зерна, в которых плоскости трансляции совпадают с плоскостью сдвига. Формирование такого узора, очевидно, осуществлялось в нижних частях земной коры при высокой скорости пластического течения (до  $e \sim 10^{-2} \text{c}^{-1}$ ), которая способствовала возрастанию температуры (до 1000 °C) в результате внутреннего трения при сдвиговых деформациях [Kunze, Ave Lalle-mant, 1981]. В условиях быстрого возрастания скорости деформации и температуры пластическое течение не успевает реализоваться трансляционным скольжением в одном направлении, поэтому активизируется второе, субнормальное первому.

**Выводы.** Таким образом, петроструктурный анализ мезогранулярного гарцбургита и порфиорокластового дунита позволил выявить в них предпочтительные ориентировки оптических осей оливина, которые отражают последовательность и условия пластического деформирования ультрамафитов в процессе их перемещения из верхней мантии в земную кору.

## Литература

Петрология и метаморфизм древних офиолитов на примере Полярного Урала и Западного Саяна / Под ред. Н. Л. Добрецова, В. С. Соболева. Новосибирск: Наука, 1977. 221 с.

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

*Kunze F. R., Ave Lalle-mant N. G.* Non-coaxial experimental deformation of olivine // *Tectonophysics*. 1981. Vol. 74. P. 1–13.

*Nicolas A., Poirier J. P.* Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. New York: Wiley-Interscience, 1977. 444 p.