

ПЕТРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ОЛИВИНА В УЛЬТРАМАФИТАХ И МАФИТАХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИОННЫХ ТИПОВ КАНСКОЙ ГЛЫБЫ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Рассмотрены петроструктурные узоры оливина из ультрамафитов и мафитов различных формационных комплексов Канской глыбы Восточного Саяна. Анализ полученных результатов позволил установить термодинамические условия кристаллизации оливина и его последующего пластического деформирования как в магматических, так и реститовых образованиях.

Ключевые слова: мафит-ультрамафитовые комплексы, формационная принадлежность; оливин; петроструктурный анализ.

Введение

В северо-западной части Восточного Саяна выходы пород раннего докембрия распространены в пределах Бирюсинского и Канского выступов фундамента Сибирской платформы, а также в Дербинском антиклинории Восточно-Саянской складчатой системы. Исследование этих структур [1] показало, что Канская глыба по своему внутреннему строению, набору и составу геологических формаций, характеру магматизма и особенностям металлогении весьма сходна с типичными раннедокембрийскими зеленокаменными поясами древних кратонов [2]. Размеры глыбы примерно $200 \times (15-50)$ км. В ее строении принимают участие метаморфизованные преимущественно вулканогенные троговые комплексы, включающие протрузии и интрузии ультрамафит-мафитового состава, мигматит-гнейсовые купола и гранодиорит-плагиогранитные массивы, а также гнейсы и гранитоиды основания (рис. 1).

При проведении ранее геолого-съёмочных и прогнозно-металлогенических работ на территории Канской глыбы среди метаморфизованных осадочно-вулканогенных толщ были выявлены многочисленные ультрамафитовые и мафит-ультрамафитовые тела, в которых неоднократно отмечалась рудная минерализация меди, никеля и благородных металлов. Они были отнесены к четырем формационным типам и объединены в четыре комплекса: реститовый – идарский дунит-гарцбургитовый и магматические – кингашский дунит-верлит-пикритовый, талажинский плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитовый и кулибинский перидотит-пироксенит-габбровый.

Целью настоящего исследования является выявление петроструктурных особенностей оливина в ультрамафитах и мафитах различных формационных типов. Анализ результатов петроструктурного исследования позволил реконструировать термодинамические условия формирования внутренней структуры и последовательность пластического деформирования пород исследуемых мафит-ультрамафитовых комплексов.

Краткая геологическая характеристика исследуемых комплексов

Кингашский дунит-верлит-пикритовый комплекс (AR_2-R_1) представлен линзовидными телами размером от нескольких десятков метров до 15 км при мощности от первых метров до 100 м и более, которые обычно имеют северо-западное простирание и развиты в составе отложений караганского комплекса. Характерной особенностью пород кингашского комплекса является наличие в них кумулятивных и бластопорфи-

ровых структур, свидетельствующих об их образовании в гипабиссальных и субвулканических условиях [3]. Многочисленные ультрамафитовые массивы кингашского комплекса обнаруживают неоднородный петрографический состав и представлены дунитами, верлитами, их серпентинизированными разностями и различными по составу метапикритами. Такое разнообразие состава ультрамафитов, вероятно, обусловлено различной степенью дифференцированности исходного магматического расплава пикритового состава и глубиной кристаллизации пород [4]. Наиболее представительный и эталонный объект этого комплекса – Кингашский массив, который является рудовмещающим для одноименного Cu-Ni-Pt месторождения. Однако его формационная принадлежность остается дискуссионной и существует несколько точек зрения на его происхождение [5–11].

Идарский дунит-гарцбургитовый комплекс (AR_2-PR_1) пользуется значительным распространением на Канской глыбе. Он представлен мелкими, часто линзовидными телами [12], которые являются реститовыми образованиями и были выведены в верхние этажи литосферы по эшелонированным глубинным надвигам, обрамляющим с юго-запада Сибирскую платформу [4]. Породы комплекса представлены метаморфическими ультрамафитами дунит-гарцбургитовой ассоциации, которые характерны для нижней части офиолитовых комплексов [13]. Отличительной особенностью пород этой ассоциации является наличие в них гранобластовых и порфинокластовых структур, свойственных для метаморфических пород [14]. Часто дуниты и гарцбургиты серпентинизированы и представлены хризотиловыми, хризотил-антигоритовыми, лизардитовыми, лизардит-антигоритовыми и антигоритовыми серпентинитами, которые нередко оказываются оталькованными, карбонатизированными и амфиболитизированными.

Талажинский плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитовый комплекс (R_{2-3}) по настоящее время остается слабоизученным и представлен одноименным расслоенным массивом [15], локализованным в пределах северо-западного окончания Канской глыбы. По площадным размерам (более 40 км^2), породному составу (плагиодуниты, троктолиты, оливиновые габбро и анортозиты), характеру ритмичности (4 горизонт мощностью 180–400 м и пачки по 20–26 м) и другим признакам в пределах Канской глыбы массив не имеет аналогов. Этот массив, очевидно, относится к рифейской дунит-троктолит-габбровой формации, представленной на южной окраине Сибирской платформы массивами, потенциально рудоносными на Cu, Ni и платиноиды [16, 17].

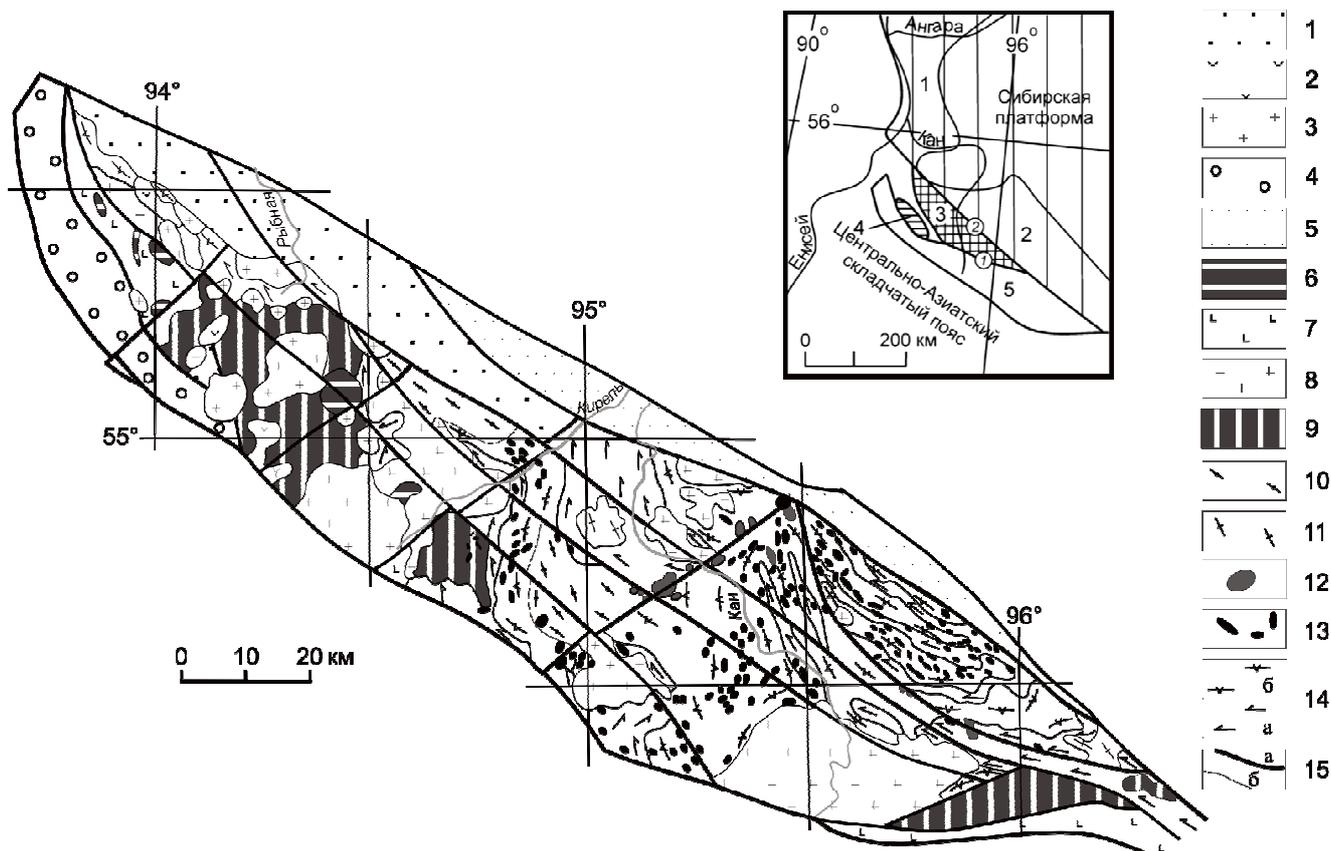


Рис. 1. Схематическое геологическое строение Канской глыбы (схема составлена по материалам А.Н. Смагина, А.Г. Еханина, А.Д. Ножкина, О.М. Туркина, А.И. Чернышова): 1 – верхнепалеозойско-мезозойские преимущественно терригенные отложения: карымовская, павловская и кунгусская свиты; 2 – нижнедевонские (возможно, частью ордовикские) вулканиты; 3 – ордовикская лейкогранитовая формация: кутурчинский комплекс; 4 – кембро-ордовикские красноцветные терригенные отложения Баджейского прогиба; 5 – венд-нижнекембрийские терригенно-карбонатные отложения; 6 – средне-верхнерифейский плагиодунит-троктолит-габбро-анортозитовый талажинский комплекс; 7 – средне-верхнерифейские осадочно-вулканогенные образования кувайской серии; 8 – позднерифейский гранитоидный канский комплекс; 9 – раннепротерозойская-среднерифейская (?) перидотит-пироксенит-габбровая формация: кулибинский комплекс; 10 – раннепротерозойские амфиболит-гнейсовые толщи анжинского структурно-вещественного комплекса; 11 – раннепротерозойский мигматит-плагиогранитный тукшинский комплекс; 12 – позднеархейский (возможно, ранне- и даже позднепротерозойский) дунит-верлит-пикритовый кингашский комплекс малых расслоенных дифференцированных массивов; 13 – позднеархейский – раннепротерозойский (?) дунит-гарцбургитовый идарский комплекс (штоки, дайки, линзы, силы) (некоторые тела практически не изучены, вероятно, могут принадлежать кингашскому комплексу); 14 – верхнеархейские (?) амфиболитовые (а) и гнейсовые (б) толщи караганского комплекса; 15 – глубинные северо-западные и северо-восточные разломы (а), геологические границы (б).

На врезке – положение Канского блока в структурах юго-западного обрамления Сибирской платформы. Выступы кристаллического фундамента платформы: 1 – Ангаро-Канский; 2 – Присяянский. Докембрийские структуры складчатого обрамления: 3 – Канский; 4 – Арзыйский; 5 – Дербинский блоки. Разломы (цифры в кружках): 1 – Главный Восточно-Саянский; 2 – Канско-Агульский

Кулибинский перидотит-пироксенит-габбровый комплекс (PR_1-R_2) представлен дифференцированными массивами и телами по рр. Кулиба, Кулижа, Мал. Агул, в верховьях р. Поперечный Кунгус [18]. Комплекс характеризуется преимущественно габброидным составом (роговообманковые габбро, габбро-нориты и нориты) при подчиненной роли ультрамафитов (лерцолиты, верлиты, роговообманковые вебстериты, клинопироксениты и горнблендиты) [15, 19]. Установленные аэромагнитные аномалии на исследуемой территории, очевидно, указывают на наличие значительных по объему перидотитов в основании массивов (устное сообщение А.Н. Смагина, А.В. Ренжина). Массивы этого комплекса могут оказаться перспективными на обнаружение Cu-Ni-Pt оруденения [9, 15, 20].

Петроструктурный анализ оливина

Петроструктурные исследования оливина проведены нами впервые в ультрамафитах и мафитах кингаш-

ского, идарского, талажинского и кулибинского комплексов, имеющих различную формационную принадлежность. Они позволяют установить предпочтительные ориентировки оливина по внутреннему строению, которые, в свою очередь, являются отражением термодинамических условий их формирования. Исследования проводились в неориентированных образцах, поэтому важно было выяснить соотношение оливина по форме и внутреннему строению. Для построения диаграмм использовались результаты замеров пространственной ориентировки кристаллооптических осей оливина, при этом для осей каждого минерала было проведено от 50 до 100 определений. Для каждой оси результаты измерений ее пространственной ориентировки были вынесены на равноплощадную стереографическую сетку Шмидта в виде точек, затем с помощью специальной палетки подсчитана плотность точек, по которым проведены изолинии. В результате были получены ориентировки кристаллооптических осей оли-

вина с определенным типом петроструктурных узоров, интерпретация которых позволяет получить информацию об условиях формирования ультрамафитов. Динамокинематическая интерпретация полученных микроструктурных диаграмм проводилась с использованием данных по экспериментально и природно деформированным породам и минералам отечественных и, в большей мере, зарубежных исследователей [21–23].

Кингаишский комплекс. Петроструктурные исследования оливина проведены в образцах дунита и оливинового пикрита.

Оливин в *дуните* обнаруживает предпочтительную ориентировку (рис. 2, обр. Кн-4/1). Оси Nm концентрируются в максимум с очень высокой плотностью (12%), который находится в плоскости минеральной уплощенности и пространственно совмещен с линейностью. Незначительная концентрация осей Nm (до 2%) располагается почти перпендикулярно к минеральной уплощенности и нормально – к линейности. Оси Ng и Nr образуют совмещенные пояса концентрации нормально линейности. В них отмечаются локальные максимумы: Ng (6%) и Nr (4%), ориентированные почти перпендикулярно к минеральной уплощенности; максимумы Ng (4%) и Nr (4%), располагающиеся в ней. При этом часть осей Ng и Nr образует локальные максимумы (2%), совмещенные с линейностью.

Петроструктурный узор оливина в *оливиновом пикрите* (см. рис. 2, обр. 7003) характеризуется строгой предпочтительной ориентировкой. Оси Nm концентрируются в максимум с очень высокой плотностью (12%), который находится в плоскости минеральной уплощенности и пространственно совмещен с линейностью. Незначительная концентрация осей Nm (до 2%) отмечается в плоскости минеральной уплощенности и нормально к линейности. Оси Ng и Nr образуют совмещенные пояса концентрации нормально линейности. В них отмечаются локальные максимумы с высокой плотностью, максимум Nr (12%) располагается нормально к минеральной уплощенности, а максимум Ng (6%) располагается в ней. При этом часть осей Ng образует максимум (6%), совмещенный с линейностью.

Идарский комплекс. Петроструктурные исследования оливина проведены в образцах гарцбургита и дунита.

Оливин в *дуните* обнаруживает предпочтительную ориентировку (рис. 2, обр. 5173). Оси Ng и Nm образуют сложные узоры, в которых можно наблюдать сочетание двух поясов концентрации. Один из них растягивается в плоскости минеральной уплощенности, а другой располагается нормально к линейности. В них отмечаются локальные максимумы с повышенной плотностью. При этом одни из максимумов – Ng (4%) и Nm (6%) – пространственно совмещены с линейностью, а другие – Ng (6%) и Nm (4%) – находятся в плоскости минеральной уплощенности и располагаются субнормально к линейности. Оси Nr концентрируются в пояс нормально к линейности, в котором устанавливается максимум (6%), ориентированный нормально к минеральной уплощенности.

Петроструктурный узор оливина в *гарцбургите* отличается более упорядоченным узором (см. рис. 2, обр. 18448). Оси Ng и Nr концентрируются в совмещенные пояса нормально минеральной линейности.

В них отмечаются локальные максимумы. Один из максимумов Nr (6%) ориентирован нормально к минеральной уплощенности, а Ng (8%) находится вблизи нее и субнормально к линейности. Другие локальные максимумы Ng (4%) и Nr (6%) располагаются диагонально к минеральной линейности. Оси Nm образуют максимум высокой плотности (8%), совмещенный с линейностью и имеющий тенденцию к растягиванию в пояс в плоскости минеральной уплощенности.

Талажинский комплекс. Петроструктурные исследования оливина проведены в образцах плагиодунитов и троктолите.

Петроструктурными исследованиями оливина в *плагиодунитах* Талажинского массива установлены одинаковые предпочтительные ориентировки этого минерала как по форме, так и по внутреннему строению (рис. 3, обр. 5014/7, 1109). Они характеризуются следующими особенностями. Кристаллооптические оси Ng и Nr образуют почти однотипные петроструктурные узоры, которые обнаруживают тесную связь с плоскостью минеральной уплощенности и линейностью. Совмещенные пояса концентрации оптических осей расположены нормально линейности. Внутри поясов наблюдаются локальные максимумы осей Ng (6–8%) и Nr (4–6%), которые расположены нормально к минеральной уплощенности. Один из таких максимумов Ng (4%) находится в плоскости минеральной уплощенности и нормально линейности. Другие локальные максимумы этих осей ориентированы под различными углами в плоскости уплощенности. Оси Nm в обоих образцах образуют по одному максимуму с высокой плотностью (10%), совмещенные с линейностью, которые обнаруживают тенденцию растягиваться в пояс вдоль плоскости минеральной уплощенности.

Оливин в *троктолите* из Талажинского массива также имеет предпочтительную оптическую ориентировку (см. рис. 3, обр. 5015/2), которая по своим петроструктурным узорам оказывается близкой к таковым в плагиодунитах. Петроструктурные узоры по осям Ng и Nr имеют тесную связь с плоскостью минеральной уплощенности и линейностью. Они образуют совмещенные пояса концентрации, расположенные нормально линейности. В поясах наблюдаются отчетливые локальные максимумы по осям Ng (6%) и Nr (8%), расположенные нормально минеральной уплощенности. При этом максимум осей Ng находится в плоскости минеральной уплощенности нормально линейности. Другие локальные максимумы осей ориентированы под разными углами к уплощенности. Ось Nm образует один максимум с высокой плотностью (10%), совмещенный с линейностью. Еще один локальный максимум оси Nm (4%) лежит в плоскости минеральной уплощенности.

Кулибинский комплекс. Петроструктурные исследования оливина проведены в образцах лерцолита и верлита.

Петроструктурными исследованиями оливина в *лерцолите* кулибинского комплекса установлены одинаковые предпочтительные ориентировки этого минерала как по форме, так и по внутреннему строению (рис. 3, обр. Б-43). Они характеризуются следующими особенностями. Оси Nm образуют, главным образом, макси-

мум с высокой плотностью (8%), который располагается в плоскости минеральной уплощенности и совмещен с линейностью. Незначительная часть осей Nm концентрируется в максимум с низкой плотностью (до 2%), ориентированный нормально к минеральной уплощенности. Оси Ng и Np образуют близкие петроструктурные узоры, тесно связанные с минеральной уплощенностью

и линейностью. Большая часть осей Ng и Np концентрируется в совмещенные пояса концентрации, ориентированные нормально линейности. В них отмечаются локальные максимумы осей Ng и Np (по 4%), которые располагаются субнормально к минеральной уплощенности. Незначительная часть осей Ng и Np концентрируется вблизи минеральной линейности.

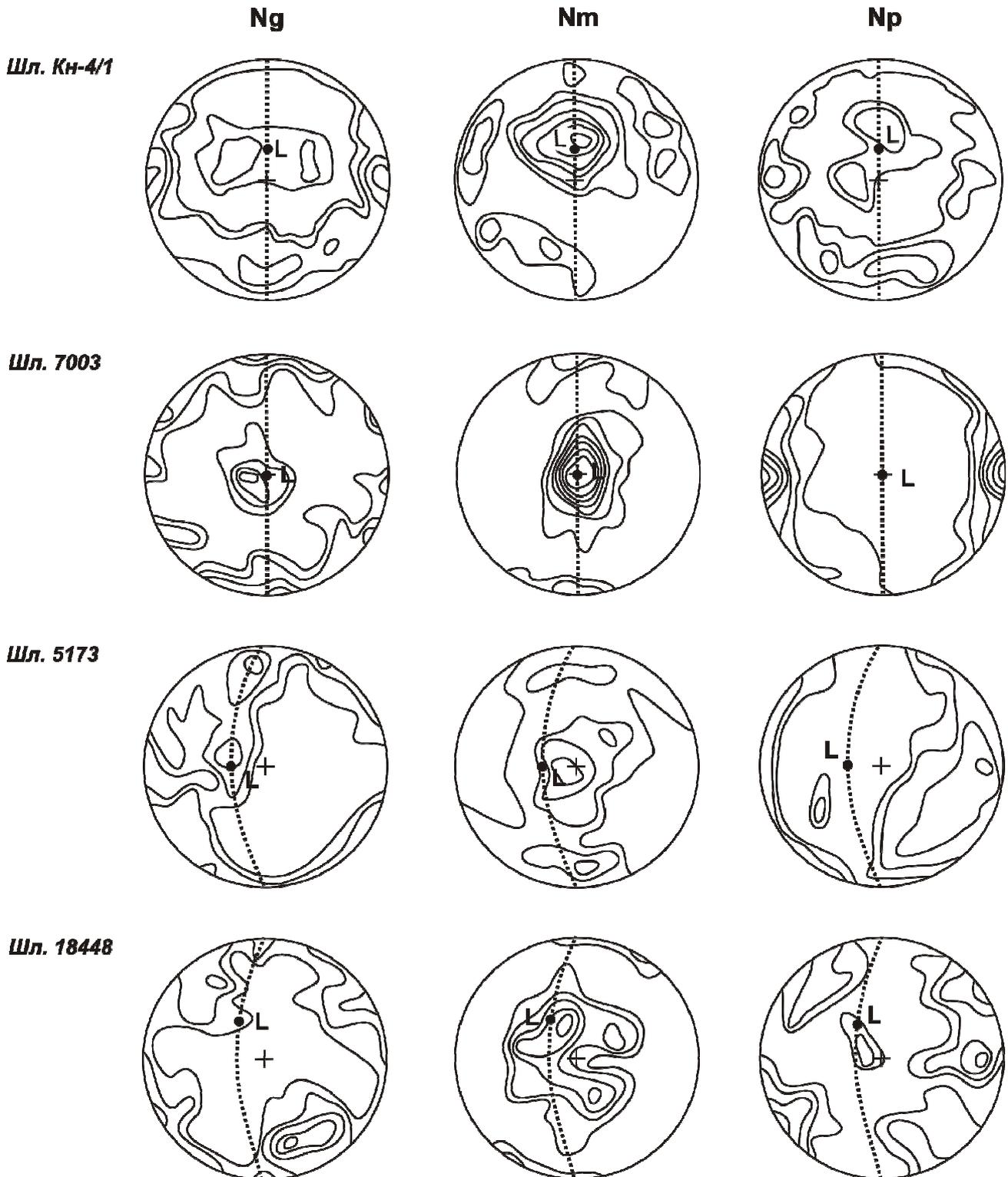


Рис. 2. Диаграммы ориентировки кристаллооптических осей оливина в ультрамафитах идарского и кингашского комплексов Канской глыбы. Диаграммы построены по 50–100 замерам осей оптической индикатрисы оливина. Изолинии: 1–2–4–6–8–10–12% на 1% сетки Шмидта. Проекция на верхнюю полусферу. Точечная линия на диаграммах – плоскость минеральной уплощенности, в которой «L» – минеральная линейность. Кингашский комплекс: дунит (Кн-4/1), оливиновый пикрит (7003); идарский комплекс: дунит (5173), гарцбургит (18448)

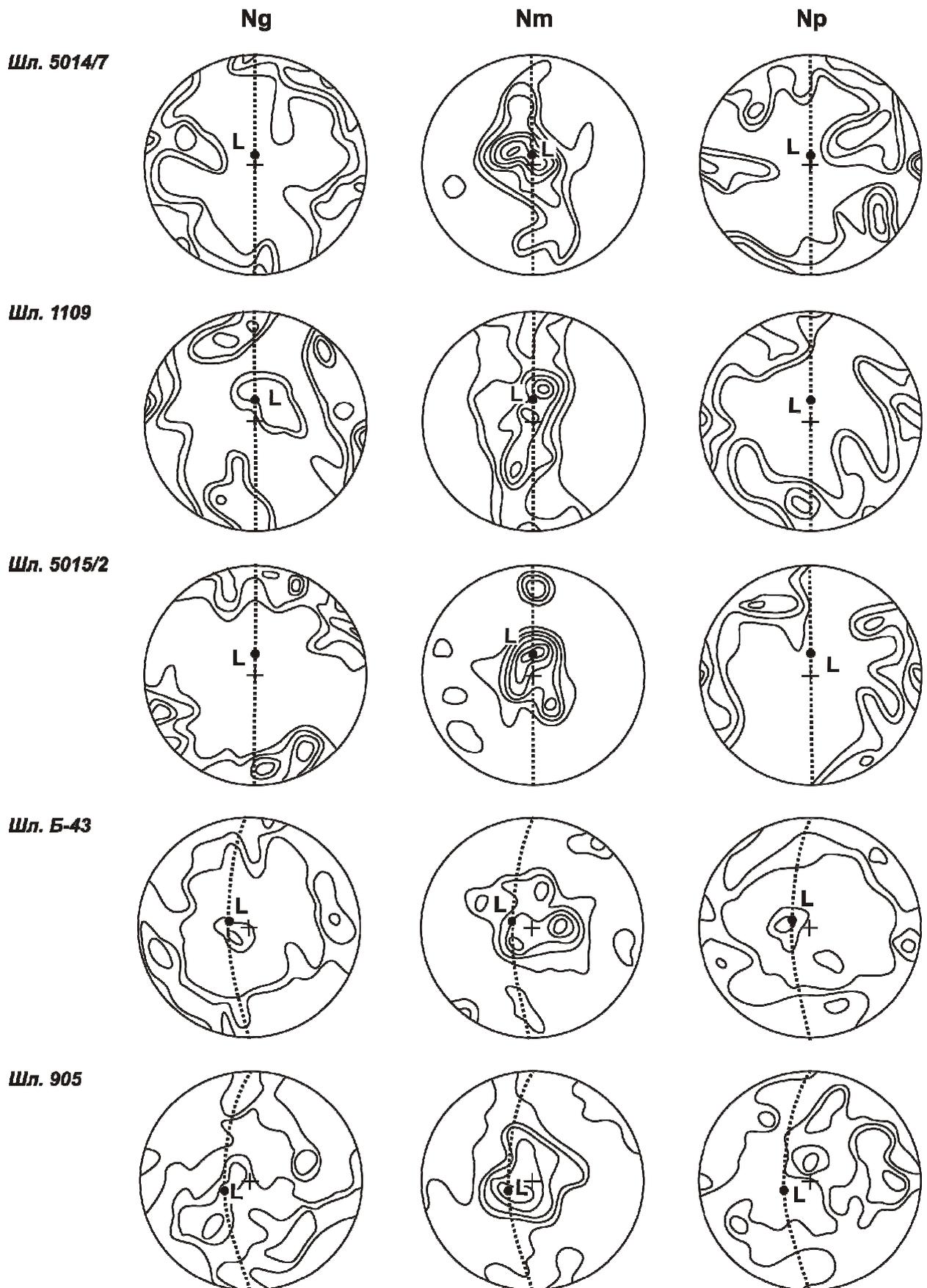


Рис. 3. Диаграммы ориентировки кристаллооптических осей оливина в ультрамафитах и мафитах талажинского и ультрамафитах кулибинского комплексов Канской глыбы. Диаграммы построены по 50–100 замерам осей оптической индикатрисы оливина. Изолинии: 1–2–4–6–8–10–12% на 1% сетки Шмидта. Проекция на верхнюю полусферу. Точечная линия на диаграммах – плоскость минеральной уплощенности, в которой «L» – минеральная линейность. Талажинский комплекс: дуниты (5014/7, 1109), троктолит (5015/2); кулибинский комплекс: лерцолит (Б-43), верлит (905)

Оливин в *верлите* из кулибинского комплекса имеет более сложную петроструктуру (см. рис. 3, обр. 905), отмечается лишь слабый максимум N_p перпендикулярно плоскости минеральной уплощенности. В плоскости минеральной уплощенности находится максимум N_m , с которым совмещается минеральная линейность. N_g имеет очень сложный узор, в котором отмечаются два локальных максимума, располагающихся вблизи плоскости минеральной уплощенности. Наличие такого сложного узора со слабовыраженными максимумами N_m и N_p может свидетельствовать о том, что узор образовывался в слабовыраженной тектонической обстановке, в которой происходило гравитационное осаждение зерен оливина в условиях слабого ламинарного течения и турбулентного вращения кристаллов.

Интерпретация результатов петроструктурного анализа оливина

Магматические ультрамафиты. Анализ полученных петроструктурных узоров оливинов в магматических ультрамафитах и мафитах талажинского, кулижинского и кингашского комплексов позволяет сделать вывод, что они образовались в результате магматической кристаллизации расплава и последующих наложенных пластических деформаций.

На первом этапе сформировались оптические ориентировки, которые определялись формой зерен и течением магматической жидкости [22]. Это в равной степени относится как к движению изолированных кристаллов, так и «каши» из кристаллов кумулуса с небольшим количеством интеркумулусной жидкости. При этом максимум осей N_m был совмещен с направлением течения (L) и располагается в плоскости течения, а две другие оптические оси образуют ортогональные максимумы либо обособляются в совмещенные пояса. Наиболее выраженный по плотности максимум осей N_p , вероятно, был ориентирован нормально к плоскости течения. Такие петроструктурные узоры оливина обычно образуются при ламинарном течении магматической жидкости. При наличии совмещенных поясов N_g и N_p ламинарное течение магматической жидкости сопровождалось турбулентным вращением кристаллов кумулуса [22].

На втором этапе, когда количество кристаллов в магме становится значительным и они способны реагировать на динамические нагрузки, появляются усложнения оптической ориентировки оливина. Пластические деформации реализовались сменой систем трансляционного скольжения в оливине от высокотемпературных к средне- и низкотемпературным: $(0kl)[100] \rightarrow (110)[001] \rightarrow (100)[001] \rightarrow (100)[010]$. Преобладающими являются среднетемпературные системы и в этом случае направление трансляционного скольжения $[001] = N_m$ контролировалось пластическим течением в породах, фиксируемого L. Направления трансляционного скольжения в оливине и пластического течения в породе, которое фиксируется $L = N_m$, унаследовали направление перемещения расплава. При этом плоскость (110) фиксируется по наличию локальных максимумов N_g и N_p , расположенных под углом к минеральной уплощенности, а плоскость (100) – локальным

максимумом N_g , нормальным к ней. В результате таких деформаций образовались совмещенные пояса концентраций осей N_g и N_p . Установленная тенденция максимума N_m растягивать в пояс вдоль минеральной уплощенности свидетельствует, очевидно, о наложенной пластической деформации, осуществлявшейся путем синтетектонической рекристаллизации в полностью затвердевших породах.

Реститовые ультрамафиты. Характер петроструктурных узоров оливинов в реститовых ультрамафитах идарского комплекса отражает условия их пластической деформации в процессе перемещения в земной коре.

Формирование подобных типов петроструктурных узоров, очевидно, происходило в условиях регионального метаморфизма ультрамафитов идарского комплекса и осуществлялось механизмами внутрикристаллического скольжения в оливине по различным системам трансляции: низко-, средне- и высокотемпературными: $(001)[010] \rightarrow (110)[001] \rightarrow \{0kl\}[100]$ с преобладанием среднетемпературных, которые реализовались в условиях соосных осевых деформаций в режиме температур от 500 до 850°C и невысокого напряжения (10–20 МПа) [22]. При этом формирование совмещенных с L максимумов осей N_g , N_m и N_p происходило в том случае, когда последующая активизация более высокотемпературной системы трансляционного скольжения не могла уничтожить ранее образовавшиеся петроструктуры оливина при сохраняющемся направлении пластического течения. Наличие максимума N_p , нормального к минеральной уплощенности, указывает на проявление синтетектонической рекристаллизации.

Выводы

Таким образом, формирование петроструктуры оливина в магматических ультрамафитах и мафитах талажинского, кулижинского и кингашского комплексов, вероятно, происходило в условиях понижающейся температуры, медленной скорости и низкого стресса под структурным контролем внешнего поля напряжений в обстановке ламинарного течения магматической жидкости в интрузивной камере, а не в стационарных условиях, при которых образуются изотропные петроструктурные узоры при гравитационном осаждении кристаллов. Последующие наложенные динамические нагрузки способствовали усложнению петроструктурных узоров и пластическому деформированию зерен оливина.

Ультрамафиты идарского комплекса, по данным петроструктурного анализа оливина, претерпели метаморфические преобразования в условиях регионального метаморфизма в режиме температур (500–850°C) и невысокого напряжения (10–20 МПа) с образованием гранобластовых структур. При последующих деформациях в динамически активных зонах они подвергались интенсивному пластическому течению в режиме сохраняющего интервала температур (500–850°C) и возрастающего напряжения (100–200 МПа) при увеличении скорости деформации, что способствовало их интенсивной синтетектонической рекристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ножкин А.Д.* Раннедокембрийские троговые комплексы юго-западной части Сибирской платформы и их металлогения // Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения. Новосибирск : Наука, 1985. С. 34–46.
2. *Конди К.* Архейские зеленокаменные пояса. М. : Мир, 1983. 390 с.
3. *Коматииты* и высокомагнезиальные вулканиды раннего докембрия Балтийского щита. Л. : Наука, 1988. 192 с.
4. *Чернышов А.И., Ножкин А.Д., Мишенина М.А.* Петрохимическая типизация ультрамафитов Канского блока (Восточный Саян) // Геохимия. 2010. № 2. С. 1–25.
5. *Глазунов О.М.* Кингашский массив // Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири. Новосибирск, 1995. С. 53–63.
6. *Глазунов О.М., Богнибов В.И., Еханин А.Г.* Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. Иркутск : Изд-во ИГТУ, 2003. 192 с.
7. *Гертнер И.Ф., Врублевский В.В., Глазунов О.М. и др.* Возраст и природа вещества Кингашского ультрамафит-мафитового массива, Восточный Саян // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429, № 5. С. 645–651.
8. *Корнев Т.Я., Еханин А.Г.* Эталон Кингашского базальт-коматиитового комплекса (Восточный Саян). Новосибирск : СНИИГГиМС, 1997. 88 с.
9. *Корнев Т.Я., Еханин А.Г., Романов А.П. и др.* Канский зеленокаменный пояс и его металлогения (Восточный Саян). Красноярск : КНИИГГиМС, 2003. 134 с.
10. *Чернышов А.И., Балыкин П.А., Резников И.Г. и др.* Вещественный состав пород Кингашского массива и его формационная принадлежность // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск : КНИИГГиМС, 2002. Вып. 3. С. 128–133.
11. *Чернышов А.И., Ножкин А.Д., Ступаков С.И. и др.* Кингашский мафит-ультрамафитовый массив: геологическое положение, внутреннее строение, вещественный состав и петроструктурный анализ ультрамафитов (Восточный Саян) // Платина России. Проблемы развития, оценки воспроизводства и комплексного использования минерально-сырьевой базы платиновых металлов. М. : Геоинформмарк, 2004. Т. 5. С. 152–175.
12. *Корнев Т.Я., Еханин А.Г., Князев В.Н., Шарифулин С.К.* Зеленокаменные пояса юго-западного обрамления Сибирской платформы и их металлогения. Красноярск : КНИИГГиМС, 2004. 176 с.
13. *Колман Р.Г.* Офиолиты. М. : Мир, 1979. 261 с.
14. *Гончаренко А.И., Чернышов А.И.* Деформационная структура и петрология нефритоносных гипербазитов. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1990. 200 с.
15. *Юричев А.Н.* Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых массивов талажинского и кулибинского комплексов Восточного Саяна : автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Томск, 2011. 22 с.
16. *Кислов В.Е., Конников Э.Г.* Рифейская эпоха платинометалльно-медно-никелевого рудообразования // Проблемы геологии и геохимии юга Сибири. Томск : ТГУ, 2000. С. 67–72.
17. *Медь-никеленосные габброидные формации складчатых областей Сибири / А.П. Кривенко, А.И. Глотов, П.А. Балыкин и др.* Новосибирск : Наука СО, 1990. 237 с.
18. *Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири / В.И. Богнибов, А.П. Кривенко, А.Э. Изох и др.* Новосибирск : НИЦ ОИГГиМ, 1995. 151 с.
19. *Юричев А.Н., Чернышов А.И.* Формационная типизация Кунгусского и Кулижинского мафит-ультрамафитовых массивов (СЗ Восточного Саяна) // Вестник ТГУ. 2009б. № 327. С. 244–249.
20. *Юричев А.Н., Чернышов А.И.* Рудная минерализация перидотитов и габброидов кулибинского комплекса (северо-запад Восточного Саяна) // Известия ТПУ. 2011. Т. 319, № 1. С. 64–70.
21. *Гончаренко А.И.* Петроструктурная эволюция альпинотипных гипербазитов. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1989. 398 с.
22. *Чернышов А.И.* Ультрамафиты: пластическое течение, структурная и петроструктурная неоднородность. Томск : Чародей, 2001. 214 с.
23. *Nicolas A., Poirier J.P.* Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. N.Y. : Wiley-Interscience, 1976. 444 p.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 20 января 2012 г.