

Были получены зависимости ν_1 и a_0 от параметров мессбауэровских спектров (рис. 3, 4). Наименьшая дисперсия отмечалась при использовании средневзвешенного значения квадрупольного расщепления Fe^{2+} . Значение квадрупольного расщепления двухвалентного железа при возрастании параметра ячейки, снижается, а полоса ν_1 смещается в низкочастотную область. Это может быть обусловлено пропорциональностью вклада элементов второй координационной сферы в значение градиента электрического поля на ядре железа и влияния их на величину параметра ячейки.

Полученные результаты позволяют понять природу отклонений в зависимостях структурных параметров (параметра элементарной ячейки и положения линии ν_1 ИК-спектра) от состава рудообразующих хромовых шпинелей, а также оценить важность влияния на значения этих параметров не только состава, но и распределения и соотношения элементов в элементарной ячейке шпинели.

Исследования осуществляются в ходе работ по Договору с ОАО «Челябинский электро-металлургический комбинат» и в рамках программы №2 ОНЗ РАН (проект «Мафит-ультрамафитовые комплексы Урало-Монгольского складчатого пояса и связанные с ними месторождения черных, цветных и благородных металлов»).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Макеев А.Б.* Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб: Наука, 1992. 197 с.
2. *Мацюк С.С., Платонов, А.Н. и др.* Шпинелиды мантийных пород. Киев: Наукова думка, 1989. 214 с.
3. *Чащухин И.С., Вотяков С.Л., Щапова Ю.Л.* Кристаллохимия хромшпинели и окситермобарометрия ультрамафитов складчатых областей. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. 310 с.

О РОЛИ МАГМАТИЧЕСКИХ И ТЕКТОНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ ЗОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ УРАЛО- АЛЯСКИНСКОГО ТИПА (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕТАГИЛЬСКОГО МАССИВА)

Шмелев В.Р.

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
e-mail: shmelev@igg.uran.ru*

THE ROLE OF MAGMATIC AND TECTONIC FACTORS IN FORMATION OF STRUCTURE OF THE URAL-ALASKAN TYPE ZONED COMPLEXES (ON AN EXAMPLE OF THE NIZHNI TAGIL MASSIF)

Shmelev V.R.

*Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia
e-mail: shmelev@igg.uran.ru*

The results of structural analysis of zoned Nizhni Tagil dunite-clinopyroxenite massif (Middle Urals) are presented in the report. It is shown, that initial ultrabasites are characterized by adcumulative protogranular structures and distinct linear orientation of minerals, formed in the process of a sub-magmatic flow. During the subsequent high-temperature plastic flow, there was a formation of deformation structures and dynamometamorphic zoning. Formation of a massif structure is considered as a result of dynamic differentiation during the process of a magmatic flow and the subsequent high-temperature deformation in a coaxial condition during a diapiric displacement.

Петрогенезис концентрически-зональных комплексов урало-аляскинского (аляскинского) типа, до настоящего времени продолжает оставаться предметом дискуссий, несмотря на высокую степень изученности этих образований. Очевидно, что на современном этапе исследований создание непротиворечивой модели формирования зональных комплексов требует объективной

оценки роли магматических и тектонических факторов. Выполненное структурно-геологическое и петроструктурное изучение Нижнетагильского платиноносного массива (Средний Урал), позволило получить новые данные, дающие представление о реальных механизмах, ответственных за формирование структуры зональных комплексов.

Строение Нижнетагильского массива, известного по многим публикациям [1-4 и др.], определяется существованием крупного дунитового ядра, которое облекается непрерывной каймой клинопироксенитов сложной заливообразной морфологии, имеющей ширину в различных участках от 200 м до 2 км. Клинопироксениты образуют несколько линзообразных тел протяженностью до 0,5-1,5 км в дунитах (рис. 1). По залеганию полосчатости (минеральной уплощенности) в ультрабазитах реконструирована крупномасштабная воронкообразная субконцентрическая структура, геометрическая ось которой погружается под углом 76° в восточном направлении (рис. 1, врезка). Положение оси контролируется минеральной линейностью, что является одним из главных признаков структур, образованных в процессе течения вещества. Субконцентрический структурный рисунок демонстрирует конформность по отношению к петрографической зональности ультрабазитов.

Петроструктурное изучение показало, что ультрабазиты характеризуются разнообразной морфологией и взаимоотношениями пороодообразующих минералов. В дунитах впервые установлены ранние идиоморфные протокристы оливина, которыми сложены фрагменты черепичного (tiling) микростроения. В дунитах и клинопироксенитах выделен протогранулярный, порфирокластический и мозаичный тип микроструктур. Первый тип относится к классу протоматматических адкумулятивных структур (с участием протокристов), а два других являются более поздними, сформированными в процессе высокотемпературной пластической деформации и рекристаллизации. Анализ пространственного размещения структурных типов пород позволил установить существование динамометаморфической зональности, сочетающей элементы концентрического и линейного строения. Зональность характеризуется сменой слабдеформированных фаций умеренно и сильно деформированными, в направлении от центра к периферии массива.

Установленная преимущественная ориентировка минералов в ультрабазитах в значительной степени является результатом течения вещества. В дунитах протогранулярного типа классическая магматическая ориентировка по форме зерен с минеральной линейностью совмещенной с максимумом осей [001] оливина имеет в массиве ограниченное распространение; преобладающей является ориентировка с линейностью контролируемой максимумом осей [100] оливина. В пироксенитах с подобными структурами обнаруживается слабая плоскостная ориентировка клинопироксена, обусловленная компакцией кумулюсных зерен в статической обстановке, либо линейная ориентировка с четким максимумом осей [001], возникшая в обстановке магматического течения. В дунитах и пироксенитах с порфирокластическими и мозаичными микроструктурами ориентировка минералов определяется действующими системами внутризернового скольжения и рекристаллизацией; в оливине активны системы (010)[100] и {okl}[100], а в клинопироксене (100)[001] и реже (001)[100]. Важно отметить, что во многих случаях деформационные преобразования не сопровождаются возникновением принципиально отличных узоров ориентировки.

Сравнительный анализ преимущественных ориентировок в дунитах и клинопироксенитах свидетельствует о существовании конкордантного и дискордантного типов взаимоотношений между ними. Первый тип, отвечающий взаимоотношениям дунитов ядра и клинопироксенитов оболочки, характеризуется согласной ориентировкой минеральной уплощенности (полосчатости) в этих породах, а также идентичной ориентировкой осей [100] оливина и [001] клинопироксена. Второй тип, соответствующий взаимоотношениям пироксенитовых тел с вмещающими дунитами, характеризуется резким несогласием между полосчатостью пироксенитов и минеральной уплощенностью дунитов, а также отсутствием взаимосвязи между ориентировками минералов в этих породах.

РОЛЬ МАГМАТИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУР

На принадлежность ультрабазитов Нижнетагильского массива к магматическим расслоенным образованиям указывают признаки динамотермального изменения вмещающих толщ, зонально-стратифицированное положение пород в разрезе и закономерные вариации химического

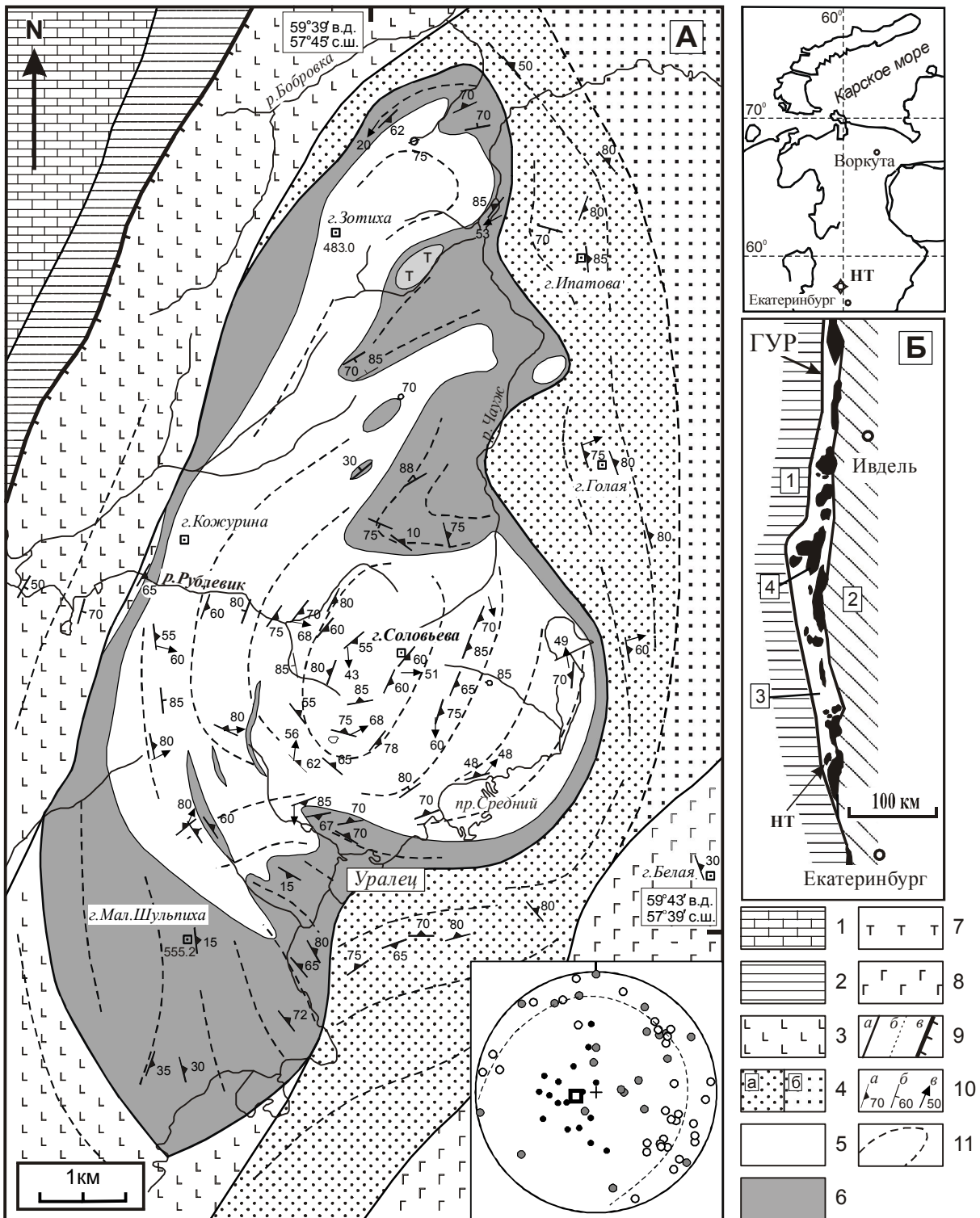


Рис. 1. Структурно-геологическая карта Нижнетагильского массива (А) и его тектоническая позиция (Б). Карта составлена с использованием материалов [1, 2, 3, 4 и др.].

А: 1, 2 – шельфовые (S_2-D_2) и континентально-склоновые ($O_{1,2}$) осадочные образования; 3 – базальты, андезибазальты, зеленые сланцы ($O_{2,3}?$); 4 – метабазальтоиды (O_3-S_1): а – мелкозернистые амфибол-плагиоклазовые породы («кытлымиты»), б – амфиболиты; 5–7 – Нижнетагильский массив: 5 – дуниты, б – клинопироксениты и верлиты, 7 – тылаиты; 8 – габбро-пироксенитовый комплекс; 9 – геологические границы: а – межформационные, б – внутриформационные, в – тектонические; 10 – элементы залегания: а – полосчатость и минеральная уплотненность, б – сланцеватость, в – линейность; 11 – генерализированная ориентировка плоскостных структур. Внизу справа – диаграмма ориентировки структурных элементов в массиве (верхняя полусфера). Незалитые кружки на диаграмме – полюса полосчатости.

и минерального состава [5]. Структурными маркерами процесса кристаллизации выступают минералы кумулуса – эвгедральный хромшпинелид, протокристы оливина и порфириовидный клинопироксен, а также минералы интеркумулуса – «эмбриональный» диопсид, интерстициальные агрегаты серпентин-слюдисто-карбонатного вещества; в клинопироксенитах им соответствует ксеноморфный оливин и магнетит.

Ведущим механизмом образования ранних протогранулярных идиоморфно- и полигональнозернистых структур ультрабазитов, является адкумулятивный рост и рекристаллизация. В отличие от стандартной модели этот процесс осуществлялся преимущественно в условиях субмагматического (переходного к пластическому) течения. Соответственно, формирование ориентровок и петроструктуры определялось не столько первичной морфологией, сколько упруго-пластичными свойствами кристаллов. Вследствие этого, основной вклад в структурную компакцию вносил *ориентированный* адкумулятивный рост под контролем механизма диффузионного растворения под давлением (?), что позволяет идентифицировать данный процесс с *динамической кристаллизацией*. Благодаря этому фактору, превалирующее значение приобретает повсеместно наблюдаемая в протогранулярных дунитах «нетипичная» магматическая ориентровка с максимумом осей [100] оливина, совмещенным с минеральной линейностью.

С режимом субмагматического течения также было связано формирование структуры протогранулярных клинопироксенитов из области непосредственного контакта с дунитами. Крупнозернистые клинопироксениты вблизи периферии массива, имеющие слабую плоскостную ориентровку, очевидно, являются результатом статической кристаллизации. Клинопироксениты из тел, секущих дуниты без явных признаков предпочтительной ориентровки минералов, по-видимому, образовались при быстром внедрении в условиях неустановившегося (?) течения. Субизотропный тип узора ориентровки оливина в них, не подтверждает распространенное представление об аподунитовой природе верлитов и клинопироксенитов.

В масштабе массива процесс субмагматического течения сопровождался образованием субконцентрической мегаструктуры субвертикальной ориентровки. Установленная конформность структурного рисунка и расслоенности (зональности) ультрабазитов почти однозначно является результатом магматического течения и дифференциации вещества (flowage differentiation) в процессе подъема и кристаллизации магматического диапира. Преимущество диапироидного внедрения состоит в том, что при его реализации обеспечивается плавный переход между структурами магматического и пластического течения.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПЛАСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ультрабазиты массива, вслед за адкумулятивной кристаллизацией с образованием протогранулярных структур, претерпевают высокотемпературную пластическую деформацию и рекристаллизацию. В результате появляются ультрабазиты с порфирокластическими и мозаичными типами микроструктур, деформационная минеральная уплощенность и линейность, а также соответствующая ориентровка минералов. Деформации осуществлялись при напряжениях порядка 30-50 МПа, что в 2-3 раза превышает уровень стресса при субмагматическом течении и адкумулятивной кристаллизации.

Особенностью процесса деформации является то, что новообразованная минеральная уплощенность в ультрабазитах, как правило, не обнаруживает секущих взаимоотношений с ранней полосчатостью и уплощенностью. Кроме этого не устанавливается заметных отличий в пространственной ориентровке минеральной линейности в дунитах с деформационными и протогранулярными микроструктурами. Подобный характер взаимоотношений определенно свидетельствует о том, что пластическое и магматическое течение осуществлялось в едином по ориентровке поле напряжений.

сти и минеральной уплощенности в дунитах (залитые кружки – в пироксенитах), точки – линейность, квадрат – геометрический центр (ось) структуры.

Б: 1 – комплексы палеоконтинентального сектора, 2 – островодужные комплексы Тагильской мегазоны, 3 – комплексы пород офиолитовой ассоциации, 4 – массивы Платиноносного пояса. ГУР – Главный Уральский разлом, НТ – Нижнетагильский массив.

Другой важной чертой является взаимосвязь высокотемпературных динамометаморфических преобразований в ультрабазитах и вмещающих породах. Зональность в ультрабазитах, выраженная сменой протогранулярных микроструктур порфиорокластическими и мозаичными микроструктурами, определенно связана с возрастанием степени деформации в краевой части массива. Под влиянием контактового динамометаморфизма вмещающие базальтоиды были преобразованы в мелкозернистые амфибол-плагиоклазовые породы (кытлымиты) с бластомилонитовой структурой. Явная подчиненность структуры кытлымитов конфигурации массива, а также согласная ориентировка линейности в этих породах с положением и оси мегаструктуры ультрабазитов, позволяет утверждать, что динамометаморфические преобразования носили взаимосвязанный, сопряженный характер.

Результаты проведенного структурного изучения, свидетельствуют, что становление массива не было результатом обычного магматического внедрения и расслоения «in situ». Это был достаточно длительный процесс, характеризовавшийся сложной динамикой кристаллизации и последующей деформации. В целом, Нижнетагильский дунит-клинопироксенитовый массив, характеризующийся расслоенным строением, субконцентрической плоскостной структурой с отчетливыми признаками течения пород и динамометаморфической зональностью следует относить к особому классу образований – магматическим диапирам [6 и др.], которые в процессе кристаллизации и остывания постепенно трансформируются в твердопластичные (solid-state) диапиры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Высоцкий Н.К.* Месторождения платины Исковского и Нижне-Тагильского района на Урале // Тр. Геол. Комитета. Нов.серия., 1913. № 62. 694 с.
2. *Иванов О.К.* Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала: минералогия, петрология, генезис. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1997. 488 с.
3. *Малахов И.А., Малахова Л.В.* Нижне-Тагильский пироксенит-дунитовый массив и вмещающие его породы // Тр. Института геологии и геохимии УФАН СССР. Свердловск. 1970. 157 с.
4. *Савельев А.А., Савельева Г.Н., Бабарина И.И., Чаплыгина Н.Л.* Тектонические условия расслоения дунит-пироксенитовых тел Нижнетагильского массива Платиноносного пояса Урала // Геотектоника. 2001. № 6. С. 20-31.
5. *Шмелев В.Р.* К основным проблемам формирования Платиноносного пояса Урала // Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 144-157.
6. *Marsh B.D.* On the mechanics of igneous diapirism, stopping, and zone melting // Am. J. Sci. 1982. V. 262. P. 808-855.

УЛЬТРАБАЗИТЫ ПОЛЯРНОГО УРАЛА: МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГЕНЕЗИС

Шмелев В.Р.

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
e-mail: shmelev@igg.uran.ru*

ULTRABASITES OF THE POLAR URALS: MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND PETROGENESIS

Shmelev V.R.

*Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia
e-mail: shmelev@igg.uran.ru*

Ultrabasites of the Polar Urals ophiolite complexes are presented by lherzolites, harzburgites, dunites and meta-ultrabasites. They are characterized by some features of mineralogy and geochemistry, reflecting their polygenetic nature. Formation of ultrabasites substantial heterogeneity was produced by depletion during partial melting, refertilization under the influence of percolated melts (fluids),