

СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ХРОМИТОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЦЕНТРАЛЬНОЕ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

В.Е. Марков, Е.В. Карелина, Эмси Гаррелл Денбре Шемрой

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

В статье приводятся результаты детальных структурных исследований, проведенных авторами на месторождении хромитовых руд Центральном, расположенном в массиве ультраосновных пород Рай-Из на Полярном Урале. Исследования включали картирование структурных элементов пород, вмещающих оруденение: полосчатости, уплощенности пироксена и линейности аксессуарного хромшпинелида, а также изучение морфологии и пространственного положения рудных тел, установленные по канавам и скважинам в период разведки месторождения и в настоящее время подтверждаемые в процессе его эксплуатации. В результате проведенных работ выявлена структура вмещающих пород и соотношение рудной зоны в целом и отдельных рудных тел с элементами структуры. Полосчатость образует открытую синформную складку СВ-ЮЗ простирания с субвертикальной осевой поверхностью и круто (50°) погружающимся на СВ шарниром. Уплощенность энстатита и связанная с ней сланцеватость занимают положение, соответствующее кливажу осевой поверхности этой складки, а линейность хромшпинелида ориентирована параллельно ее шарниру. Рудные тела образуют линейно вытянутую зону, прослеживающуюся вдоль оси складки на 1,5 км при ширине ~ 350 м. Преобладают рудные тела уплощенно-линзовидной и трубообразной формы. Практически для всех рудных тел установлено крутое ($40\text{--}60^\circ$) северо-восточное склонение. Таким образом, структура полосчатости контролирует пространственное положение рудной зоны в целом, при этом отдельные рудные тела могут быть как секущими, так и согласными с полосчатостью. Уплощенность энстатита определяет простирание рудной зоны. Линейность аксессуарного хромшпинелида отражает склонение рудных тел.

Ключевые слова: хромиты, структура, месторождение Центральное, Рай-Из, уплощенность, линейность, полосчатость

Месторождение хромитовых руд Центральное расположено на Полярном Урале, в южной части ультраосновного массива Рай-Из. В настоящее время оно является одним из наиболее крупных эксплуатируемых месторождений в РФ.

Краткая геологическая характеристика участка месторождения

Описание геологического строения месторождения приводится по материалам Б.М. Перевозчикова, А.М. Овечкина, В.В. Кенига [5, 2ф, 3ф, 4ф].

Месторождение Центральное приурочено к полю развития пород нерасчлененного дунит-гарцбургитового комплекса (рис. 1).

Северную часть участка месторождения занимает тело дунитов изометричной (в плане) формы, сужающееся и разветвляющееся в юго-западном направлении. С севера дуниты ограничены Полойшорским разломом, к северо-западу и юго-востоку дуниты сменяются гарцбургитами со шлировыми выделениями дунитов, доля которых («дунитовая составляющая») прогрессивно уменьшается от 90 до

10% по мере удаления от контакта с дунитами. СЗ контакт дунитового тела круто падает на СЗ (75—80°) и сопровождается дроблением и рассланцеванием пород; ЮВ контакт субвертикальный с падением на ЮВ в северной части и СЗ в южной. Важной особенностью дунитового тела является его погружение в СВ направлении под углом 40—60°. «В южной половине дунитового тела на отметках от 600 м до 360 м начинают появляться небольшие тела гарцбургитов. В то же время в северной половине дунитового тела гарцбургиты не отмечались даже в самых глубоких скважинах. Этот факт может свидетельствовать о том, что тело дунитов погружается в северо-восточном направлении под углом около 40—60°» [2ф].

Южная часть участка месторождения сложена нерасчлененными дунитами и гарцбургитами («дунит-гарцбургитами»), среди которых обособляются относительно небольшие тела дунитов.

Наиболее крупные *дунитовые тела* локализованы на западном фланге. Они прослеживаются по простиранию в СВ направлении на несколько сотен метров при мощности от 20 до 150 м. Падение тел крутое, преимущественно на СЗ.

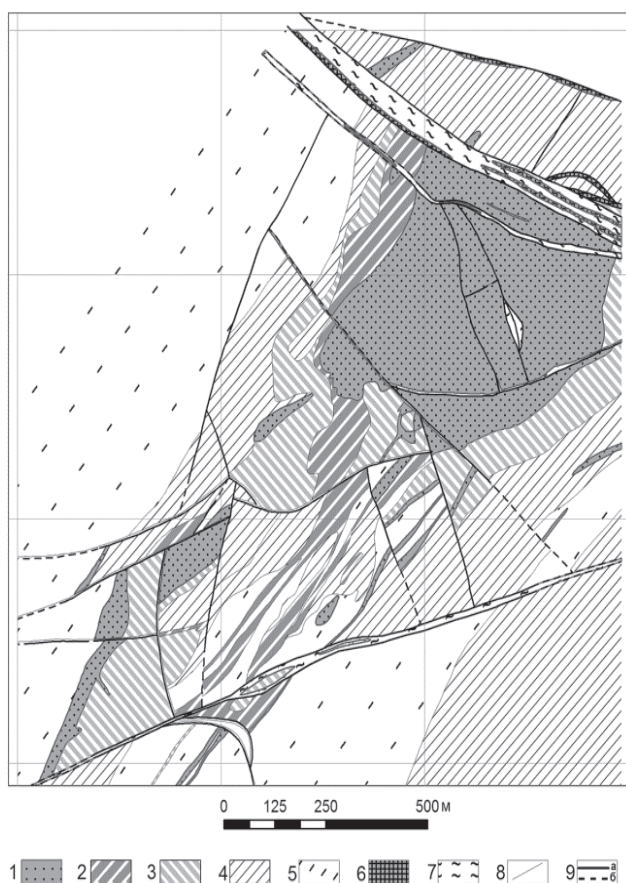


Рис. 1. Геологическая карта участка месторождения Центральное (по Овечкину А.М., 1980 [4ф], оригинальный масштаб 1:10 000).

Условные обозначения: 1 — дуниты; 2—5 — дуниты и гарцбургиты нерасчлененные с дунитовой составляющей: свыше 70% (2), от 30 до 70% (3), 30—10% (4), до 10% (5); 6 — диабазы; 7 — серпентиниты; 8 — геологические границы; 9 — разрывные нарушения: а — достоверные, б — предполагаемые

Гарцбургиты и дуниты нерасчлененные представляют собой гарцбургиты, насыщенные линзовидными, реже изометричными, шлирами дунитов размером от нескольких сантиметров до первых метров. С той или иной степенью достоверности откартированы поля развития «дунит-гарцбургитов» с содержанием дунитовой составляющей менее 10, 10—30, 30—70%, свыше 70% (рис. 1).

Важную роль в геологическом строении участка месторождения играют разрывные нарушения. Многие из них хорошо видны на аэрофотоснимках, другие маркируются зонами дробления, рассланцевания, серпентинизации, оталькования, карбонатизации. Самый крупный из разломов — Полойшорский — ограничивает месторождение с северо-востока. Простираение разрыва 285—305°, падение на СВ под углами 65—75°. Разрыв трассируется зоной серпентинитов шириной ~ 50 м и дайками диабазов мощностью до 10 м.

Структура участка

В 1998 году авторами было проведено картирование основных структурных элементов участка месторождения Центральное — энстатитовой полосчатости и уплощенности, а также линейности хромшпинелида.

Энстатитовая полосчатость представляет собой неравномерное чередование слоев обедненных и обогащенных энстатитом (рис. 2). Мощность слоев — первые сантиметры. На выветрелой поверхности гарцбургитов они образуют хорошо видимые параллельные полосы.

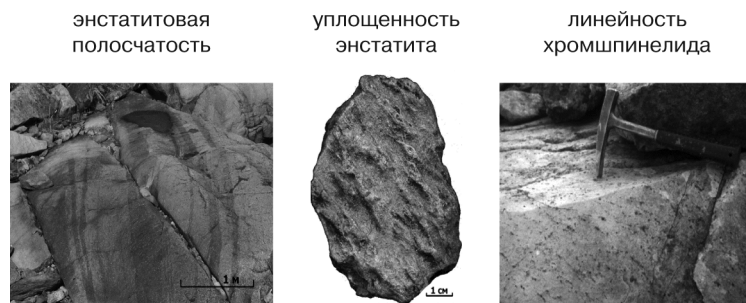


Рис. 2. Структурные элементы в породах участка месторождения Центральное

Уплощенность обусловлена параллельным расположением пластинчатых зерен или агрегатов энстатита. В некоторых случаях она создает ребристость на поверхности обнажений (рис. 2) или подчеркивается системой трещин. В общем случае уплощенность является секущей по отношению к полосчатости.

Линейность акцессорного хромшпинелида выражена однонаправленной вытянутостью удлиненных зерен (минеральная линейность) или агрегатом из нескольких изометричных зерен, образующих субпараллельные цепочки (агрегатная линейность) (рис. 2). Во всех случаях совместного проявления оба типа линейности оказывались параллельными. В отличие от полосчатости и уплощенности линейность проявлена не только в гарцбургитах, но и в дунитах, где она является единственным структурным элементом, доступным для непосредственного измерения в обнажении. Истинное положение линейности рассчитывалось на стереографической проекции по измерениям минимум на двух непараллельных поверхностях обнажения.

Полосчатость является основным структурным элементом. Она образует открытую синформную складку СВ-ЮЗ простирания (рис. 3). СЗ крыло складки субвертикальное с преимущественным падением на ЮВ под углом 75° ($125 < 75$), юго-восточное падает на С-СЗ (среднестатистическая ориентировка $350 < 75$). Шарнир складки, рассчитанный как линия пересечения крыльев, погружается на СВ под углом 50° ($55 < 50$), осевая поверхность вертикальная, простирается по азимуту 235° . Замок осложнен складками второго порядка.

Упложенность энстатита в пределах участка характеризуется относительной выдержанностью ориентировки: простирается с небольшими отклонениями в СВ-ЮЗ направлении, вдоль оси складки полосчатости при близком к вертикальному падению преимущественно на ЮВ (среднестатистическая ориентировка $135 < 75$) (рис. 4).

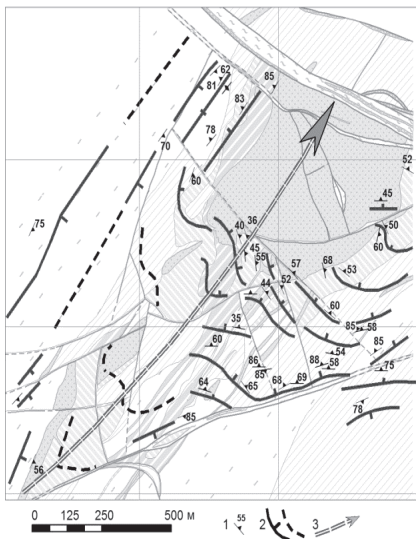


Рис. 3. Схема структуры полосчатости:
1 — элементы залегания полосчатости; 2 — структурные линии простирания полосчатости; 3 — осевая линия складки полосчатости

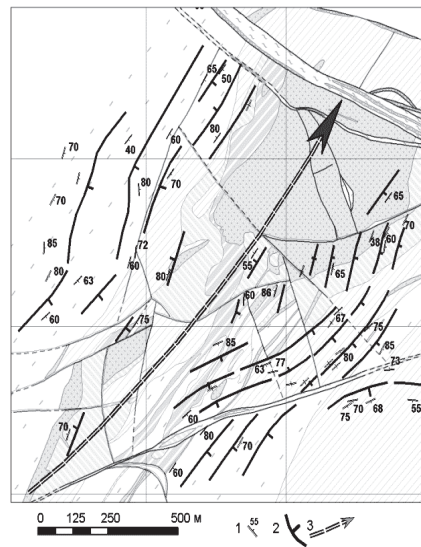


Рис. 4. Карта ориентировки упложенности:
1 — элементы залегания упложенности и сланцеватости; 2 — структурные линии простирания упложенности; 3 — осевая линия складки полосчатости

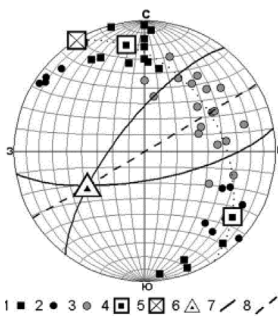


Диаграмма ориентировки полосчатости:
1—4 — полосчатость: 1, 2, 4, 7 — в крыльях складки; 3 — в замке; 5, 8 — осевая плоскость; 6 — шарнир складки (линия пересечения крыльев)

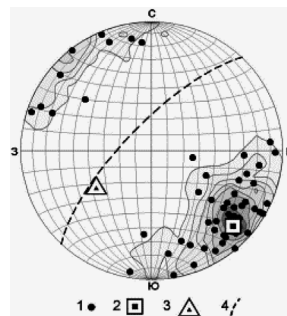


Диаграмма ориентировки упложенности энстатита и сланцеватости: 1 — упложенность; 2, 4 — среднестатистическая ориентировка упложенности; 3 — шарнир складки полосчатости

Линейность аксессуарного хромшпинелида за редким исключением погружается на СВ (рис. 5). Среднестатистическая ориентировка $55 < 45^\circ$.

Полученные результаты показывают, что структурные элементы закономерно связаны между собой (рис. 6): полосчатость очерчивает синформную складку, осложненную в замке складками второго порядка; линейность хромшпинелида параллельна шарниру этой складки (b-линейность), а уплощенность и связанная с ней сланцеватость в целом близки по ориентировке к осевой поверхности, т.е. занимают положение, соответствующее кливажу осевой плоскости, возможно веерообразному.

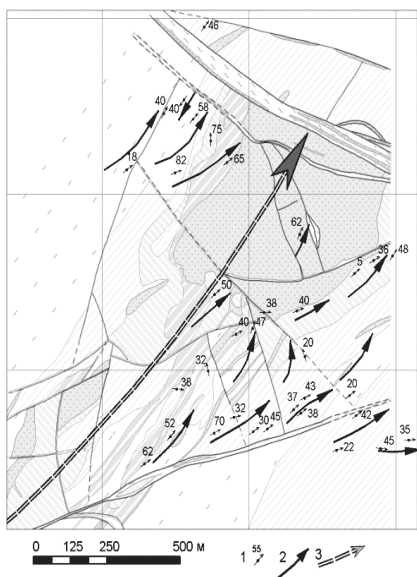


Рис. 5. Карта ориентировки линейности:
1 — погружение линейности в обнажения;
2 — структурные линии погружения линейности;
3 — осевая линия складки полосчатости

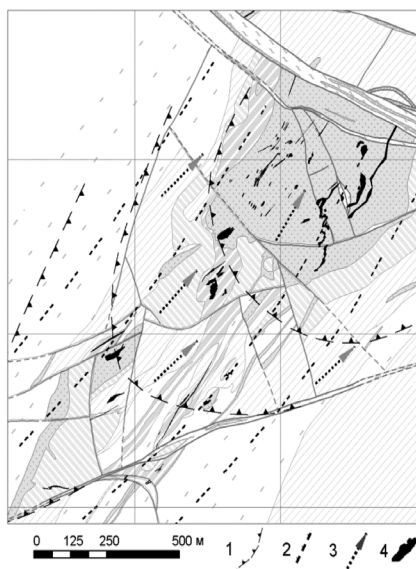


Рис. 6. Схема взаимоотношения структур:
1—3 — структурные линии: 1 — полосчатости;
2 — уплощенности и сланцеватости; 3 — линейности; 4 — рудные тела(до начала отработки)

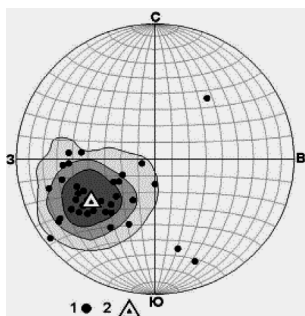


Диаграмма ориентировки линейности:
1 — погружение линейности; 2 — среднестатистическое погружение линейности

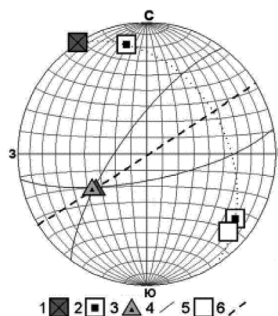


Диаграмма структурных элементов: 1—4 — складка полосчатости: 1 — осевая плоскость; 2, 4 — крылья; 3 — шарнир; 5, 6 — уплощенность энстатита

Хромитовое оруденение

Хромитовые рудные тела образуют линейно вытянутую зону СВ простирания длиной ~ 1500 м и шириной около 350 м (рис. 6). В северной части месторождения рудные тела залегают в дунитовом теле, в южной — в породах шлирового дунит-гарцбургитового комплекса. Преобладают средне-густовкрапленные руды, сложенные магнезиальным хромитом и субферрихромитом с содержанием Cr_2O_3 40,55—49,85%.

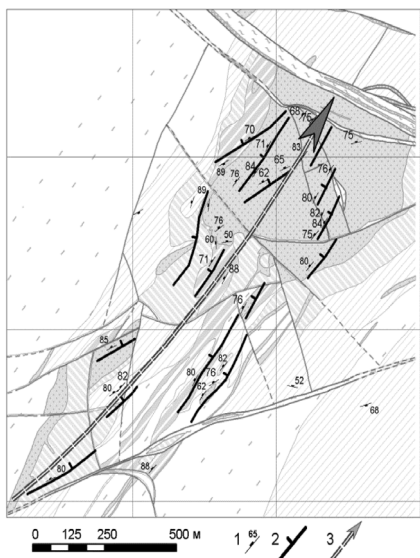


Рис. 7. Карта ориентировки рудных тел:
1 — элементы залегания контактов рудных тел;
2 — структурные линии простирания рудных тел;
3 — осевая линия складки полосчатости

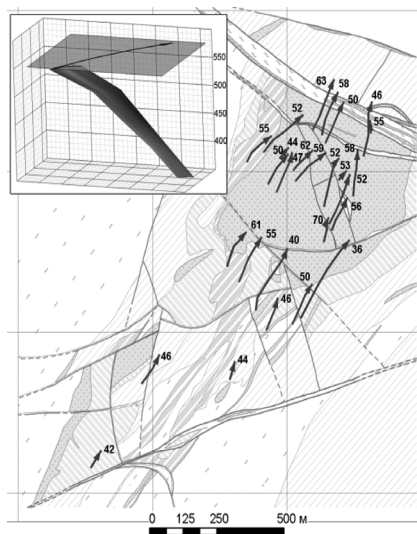


Рис. 8. Карта погружения (ныряния) рудных тел.
Стрелки — проекции линий погружения (ныряния) рудных тел, цифры — углы погружения.
На врезке — 3D-модель рудного тела

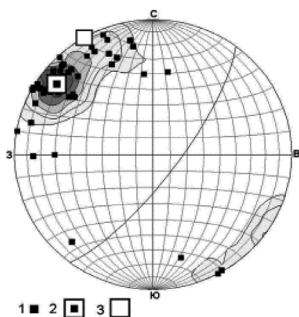


Диаграмма ориентировки контактов рудных тел:
1 — полюса контактов рудных тел; 2 — среднестатистическая ориентировка рудных тел;
3 — среднестатистическая ориентировка уплощенности и сланцеватости

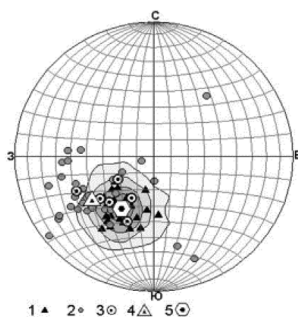


Диаграмма ориентировки погружения рудных тел:
1, 5 — погружение рудных тел; 2 — линейность вне рудной зоны; 3 — линейность в рудной зоне;
4 — среднестатистическая ориентировка линейности

Простирание рудных тел в целом северо-восточное. Большинство из них, как, вероятно, и сама рудная зона, круто падают на СЗ (рис. 7). Форма тел преимущественно удлиненно- или уплощенно-линзовидная, реже пластообразная. Иногда наблюдаются довольно резкие Z-образные изгибы в плане. Мощность рудных

тел варьирует от 1 м до 15 м, длина по простиранию от первых метров до 315 м. Практически для всех тел устанавливается С — СВ погружение (ныряние) под углом около 50° (рис. 8), причем длина рудных тел по направлению погружения часто в несколько раз превосходит их длину по простиранию и падению (рис. 8, врезка). Среднестатистическая ориентировка (погружение) длинных осей рудных тел, рассчитанная на основе погоризонтных планов 30 < 53 (рис. 8, диаграмма).

Структурная позиция хромитового оруденения

Анализ структурной позиции хромитового оруденения, взаимоотношений между пространственным положением рудных тел и ориентировкой структурных элементов во вмещающих альпинотипных гипербазитах, основанный на публикациях Павлова Н.В., Кравченко Г.Г., Савельевой Г.Н., Савельева А.А., Перевозчикова Б.В. и др. [3—5], показывает, что в этом вопросе еще много неясного.

Рудные зоны локализуются как «в ядерных частях складчатых структур», так и в «линейно-вытянутых зонах сколовых деформаций», которые трассируются дунитовыми телами [1]. *Рудные тела* могут быть как согласными с полосчатостью, так и секущими ее. Сложные секущие и согласные взаимоотношения описаны на месторождении Комсомольское (Кимперсайский массив). «Элементы прототектоники вмещающих пород простираются... почти перпендикулярно вытянутости [субгоризонтальной] рудной залежи и имеют крутое падение. Рудная залежь смята в пологоволнистые складки, осевые поверхности которых близки по ориентировки плоскостным, а шарниры — линейным элементам прототектоники». В то же время мелкие рудные тела и прожилки, связанные с этой залежью, «...а также развитая в них полосчатость и линейность обычно ориентированы в соответствии с элементами прототектоники». «Мелкие рудные тела могут служить индикаторами крупных, но судить по ним о пространственном положении и форме крупных тел нельзя» [3]. Г.Н. Савельева [1] выделяет следующие *структурные критерии поиска* хромитовых руд: «(1) приуроченность рудовмещающих дунитов к шарнирам складок и флексур... образованных в ходе высокотемпературного твердо-пластического течения ультрабазитов, (2) конформность (совпадение) склонения рудных тел и склонения линейности (по пироксенам и хромшпинелидам) во вмещающих породах; (3) появление вблизи крупных рудопроявлений ореолов дунитов, резко обедненных аксессуарным хромшпинелидом».

Проведенные нами исследования показывают, что структурная позиция хромитовых руд месторождения Центральное, хотя и не является универсальной, содержит элементы, присущие многим месторождениям и рудопроявлениям хромитов.

1. Хромитовые тела образуют *линейно-вытянутую* зону. По-видимому, линейность рудных зон — характерная черта хромитовых месторождений. Не случайно, еще одно сравнительно крупное месторождение хромитов — Западное — расположено в 5 км к ЮЗ от Центрального, как бы продолжая его по простиранию. При этом рудные тела Западного образуют две кулисообразно расположенные линейные зоны, вытянутые в СВ направлении на 500 и 300 м, в пределах которых

простираение, падение и склонение рудных тел почти точно такие же, как и на Центральном [1ф].

2. Рудная зона приурочена к осевой части синформной складки полосчатости, простирается вдоль оси складки, а составляющие ее рудные тела погружаются параллельно шарниру. Другими словами, структура полосчатости контролирует положение рудной зоны в целом. Что касается отдельных обнажений, то ориентировка полосчатости в общем случае не несет полезной информации о положении рудных тел. Рудные тела резко несогласны с полосчатостью в замке складки и близки по ориентировке к полосчатости на крыльях. Однако согласного залегания рудных тел с полосчатостью не достигается: полосчатость и рудные тела субвертикальны (угол падения 85°), но наклонены в разные стороны, что имеет принципиальное значения при разведке бурением).

3. Уплющенность энстатита по простираению почти идеально совпадает с рудными телами, но по азимуту падения отличается на 180° и, следовательно, как и полосчатость, не может быть непосредственно использована для прогнозирования пространственного положения рудных тел и проектирования наклона буровых скважин. Возможно, уплощенность соответствует плоскостям ламинарного течения, ответственным за образование как складки полосчатости (по типу складки скалывания), так и рудолокализирующих структур (рис. 9).

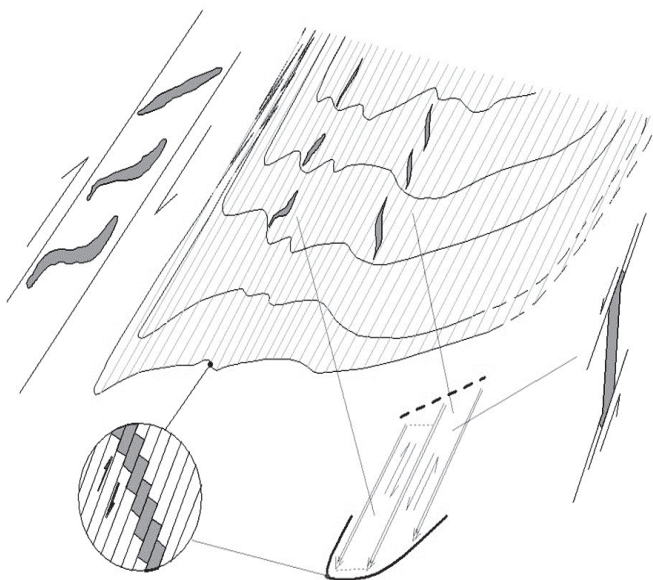


Рис. 9. Кинематическая схема образования складки и рудолокализирующих структур месторождения Центральное

4. Линейность аксессуарного хромшпинелида в рудной зоне параллельна погружению рудных тел, а за ее пределами отличается от него на 15° (рис. 8, диаграмма).

5. Форма рудных тел зависит от их положения в складке: в замке преобладают рудные тела неправильной, изометричной и трубообразной формы, на крыльях они преимущественно плитообразные.

Все эти особенности показывают, что детальное изучение структуры является важной составной частью поисковых и оценочных работ на перспективных участках. Оно позволяет прогнозировать ориентировку рудных зон, оценивать пространственное положение и отчасти морфологию рудных тел и оптимально планировать разведочные работы. Накопление данных о связи структуры с оруденением в сочетании с развитием представлений о генезисе ультрамафитов и хромитов, необходимо для решения этих задач.

ЛИТЕРАТУРА

Опубликованная

- [1] *Золов К.К., Коротеев В.А., Душин В.А., Рапопорт М.К., Савельева Г.Н., Смирнова Т.А.* Геология и минерагения Полярного Урала и прилегающей к нему окраины Восточно-Европейской платформы // *Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология* / Ред. Д.А. Додин, В.С. Сурков. СПб., 2002.
- [2] *Овечкин А.М., Овечкин И.А.* Перспективы прироста запасов хромитовых руд на глубоких горизонтах месторождения Центральное // *Проблемы освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых на Полярном Урале: труды III Полярно-Уральской научно-практической конференции.* Салехард, 2007.
- [3] *Павлов Н.В., Кравченко Г.Г., Чурпынина И.И.* Хромиты Кемпирсайского плутона. М.: Наука, 1968. 197 с.
- [4] *Перевозчиков Б.В.* Реестр хромитопроявлений в альпинотипных ультрабазитах Урала. Пермь, 2000.
- [5] *Перевозчиков Б.В.* Хромиты массива Рай-Из на Полярном Урале // *Геология рудных месторождений.* 2005. Т. 47. № 3. С. 230—248.
- [6] *Савельева Г.Н., Савельев А.А.* Хромиты в структуре офиолитовых ультрабазитов Урала // *Геотектоника.* 1991. № 3.

Фондовая

- [1ф.] *Кениг В.В.* Отчет с подсчетом запасов по месторождению хромитовых руд «Западное», 2010 г. / Филиал по ЯНАО «ТФГИ по УРФО».
- [2ф.] *Овечкин А.М., Кениг В.В., Перевозчиков Б.В.* Отчет с подсчетом запасов по месторождению хромитовых руд Центральное массива Рай-Из за 1999—2003 гг. / Филиал по ЯНАО «ТФГИ по УРФО».
- [3ф.] *Овечкин А.М., Овечкин И.А., Овечкина Н.И., Лемешев А.В.* Отчет с подсчетом запасов о результатах разведочных работ на флангах и глубоких горизонтах хромитового месторождения Центральное массива Рай-Из за 2004—2009 гг. / Филиал по ЯНАО «ТФГИ по УРФО».
- [4 ф.] *Перевозчиков Б.В., Овечкин А.М., Кениг В.В., Попов И.И., Печенкин Б.В., Рвачев С.Г.* Отчеты о поисковых и поисково-оценочных работах на хромиты за 1976—1977 гг. и 1978—1981 гг. / Филиал по ЯНАО «ТФГИ по УРФО».
- [5ф.] *Смирнова Т.А., Доронкин Е.В., Никольская Н.Е.* Изучение условий локализации и результаты структурных исследований Райизского рудного поля за 1973—1979 гг. / «Росгеолфонд».

STRUCTURAL POSITION OF CHROMITE MINERALIZATION AT THE DEPOSIT CENTRAL (POLAR URALS)

V.E. Markov, E.V. Karelina, McGarrell Denbre Shemroy

Peoples' Friendship University of Russia
Ordgonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The article presents the results of detailed structural studies carried out by us in the field of chromite ore Central, located in the massif of ultrabasic rocks of the Rai-iz in the polar Urals. The investigations included the mapping of structural elements in a rock: layering, pyroxene cleavage and the lineation of accessory chrome spinel, as well as the study of the morphology and spatial position of ore bodies that are installed from trenches and boreholes in the period of exploration and currently confirms in the mining process. The result of this work revealed the structure of host rocks and the relationship of the ore zone as a whole, and individual ore bodies with the elements of the structure. The layering creates an open sinform fold NE-SW trending, with subvertical axial surfaces and steeply (50°) sinking hinge toward North-East. The enstatite flattening and related cleavage occupy the position corresponding to the axial surfaces cleavage of the folds, and the lineation of chrome spinel oriented parallel to its hinge. The ore bodies form a linearly elongated zone that can be traced along the axis of the folds to 1,5 km with a width of ~ 350 m. The prevailing ore bodies have flattened-lenticular and tubular form. Almost all ore bodies fitted steep (40—60°) North-Eastern declination. Thus, the structure of layering controls the spatial position of the ore zone as a whole, with individual ore bodies can be both intersecting and agree with banding. The flatness of enstatite defines the strike of the ore zone. The lineation of accessory chrome spinel reflects the decline of the ore bodies.

Key words: Chromites, structure, chromite field 'Central', Rai-Iz, cleavage, lineation, layering

REFERENCES

- [1] Zoloev K.K., Koroteev V.A., Dushin V.A., Rapoport M.K., Savelieva G.N., Smirnova T.A. Geology and Minerageny of the Polar Urals and the adjacent margin of the East European platform. Russian Arctic: geological history, Minerageny, and Geoecology. Ed. D.A. Dodin and V.S. Surkov. St. Petersburg, 2002.
- [2] Ovechkin A.M., Ovechkin I.A. Prospects of growth stocks of chromite ore at deep levels of the Deposit Central. Problems of development of mineral-raw material base of solid minerals of the polar Urals. Publications of the III Polar-Ural scientific-practical conference. Salekhard, 2007.
- [3] Pavlov N.V., Kravchenko G.G., Chuprynina I.I. Chromites of massif Kempirsai. M.: Nauka, 1968. 197 p.
- [4] Perevozchikov B.V. The registry of chromite-ore mineralization in Alpine-type ultramafic rocks of the Urals. Perm, 2000.
- [5] Perevozchikov B.V. Chromites-ore massif Rai-iz in the polar Urals. Geology of ore deposits. 2005. Vol. 47. No. 3. Pp. 230—248.
- [6] Savelieva G.N., Saveliev A.A. Chromites in the ophiolite structure of the ultrabasic rocks of the Urals. Geotectonics. 1991. No. 3.

Stock literature

- [1ф.] Kenig V.V. A report with reserves calculation for the field of chromite ore «Western», 2010. The branch in the Yamal-Nenets Autonomous district «TFGI on URFO».
- [2ф.] Ovechkin A. M., Koenig, V., Carriers B. V. A report with reserves calculation for the for the field Central of chromite ore of massif Rai-Iz for 1999—2003. The branch in the Yamal-Nenets Autonomous district «TFGI on URFO».
- [3ф.] Ovechkin A.M., Ovechkin I.A., Ovechkina N.I., Lemeshev A.V. A report with reserves calculation on the results of exploration on flanks and deep horizons of chromite deposits of the Central massif Rai-iz for 2004—2009. The branch in the Yamal-Nenets Autonomous district «TFGI on URFO».
- [4ф.] Carriers B.V., Ovechkin A.M., Koenig V.V., Popov I.I., Pechenkin V.B., Rvachev S.G. Reports of search and prospecting works on the chromites and for 1976—1977 and 1978—1981. The branch in the Yamal-Nenets Autonomous district «TFGI on URFO».
- [5ф.] Smirnova T.A., Doronkin E.V., Nikol'skaya N.E. The study of the localization and the results of structural studies ore field Rai-Iz for 1973—1979. 'Rosgeolfond'.