

правительственном уровне. Крупными источниками могут стать техногенные образования — красные шламы для *скандия* и *РЗМ*, фосфогипс — для *РЗМ* и *стронция*. Для определения первоочередных объектов разработки на указанные компоненты требуется комплексная сравнительная геолого-экономическая переоценка месторождений.

Учитывая запасы и качество *танталовых* руд для первоочередного освоения следует выделить недавно разведанное и подготовленное к разработке Зашихинское, а также Катугинское месторождение.

При сохранении весьма выгодного экспорта *циркония* в виде баделлита с Ковдорского месторождения, его производство в виде циркона следует организовать на Туганской титан-цирконовой россыпи, где проводилась опытно-промышленная эксплуатация, а в настоящее время завершается проектирование и начинается строительство горно-промышленного предприятия. Также значительные запасы оксида циркония сосредоточены на Катугинском месторождении.

Источниками *никеля* и *кобальта* на долгосрочную перспективу останутся сульфидно-медно-никелевые руды Норильского и Печенегского районов. Также безальтернативным для разработки на *бериллий* является Ермаковское месторождение, тогда как организация извлечения Li, Rb, Cs и Be из техногенных образований Ярославского ГОКа — хвостов обогащения Вознесенского и Пограничного флюоритовых месторождений сопряжено с рядом организационных, технологических и экологических проблем.

Актуальным является обеспечение производства батарейных материалов отечественным *литиевым* сырьем. Для первоочередного освоения наиболее пригодно Колмозерское месторождение сподуменовых пегматитов в Мурманской области с экономически приемлемыми содержаниями Li_2O , для которых уже имеется технология их переработки. Разработка гидроминерального Знаменского месторождения требует проведения комплекса технологических исследований, которые необходимо активизировать.

В целях эффективного освоения МСБ и производства материалов высоких технологий необходимо:

— последовательное импортозамещение отечественным сырьем при производстве металлов высоких технологий;

— геолого-экономическая переоценка разведанных объектов с целью определения первоочередных для освоения;

— усиление технологических исследований в области переработки минерального сырья для производства высокотехнологичных материалов;

— повышение активности государственных органов и компаний в экспортном продвижении на мировой рынок отечественных концентратов и продуктов их переработки с высокой добавленной стоимостью;

— разработка проектов государственного партнерства в горно-обоганительной деятельности и производстве материалов для высоких технологий на отечественном минеральном сырье.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архангельская, В.В.* Геологическое строение и минералогия месторождений тантала России / В.В. Архангельская, В.В. Рябцев, Т.Н. Шурига // Минеральное сырье. — № 26. — М.: ВИМС, 2012. — С. 191.
2. *Бортников, Н.С.* Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России: состояние и перспективы развития / Н.С. Бортников, А.В. Волков, А.Л. Галямов, И.В. Викентьев, В.В. Аристов и др. // Геология рудных месторождений — 2016 г. — Т. 58. — № 2. — С. 97–119.
3. *Быховский, Л.З.* Редкоземельное и скандиевое сырье России / Л.З. Быховский, С.Д. Потанин, Е.И. Котельников и др. // Минеральное сырье. — № 31. — М.: ВИМС, 2016 г. — 217 с.
4. *Быховский, Л.З.* Рудная база редких металлов России / Л.З. Быховский, Н.А. Архипова // Горный журнал. — 2017. — № 7. — С. 4–9.
5. *Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2016 и 2017 годах* / Гл. редактор Е.А. Киселев. Министерство природных ресурсов и экологии РФ. — М., 2018. — 370 с.
6. *Куприянова, И.И.* Бериллиевые месторождения России / И.И. Куприянова, Е.П. Шпанов. Науч. ред. В.И. Коваленко. Отв. ред. Г.А. Машковцев, ВИМС. — М.: ГЕОС, 2011. — 353 с.
7. *Курков, А.В.* Современные технологии освоения минерально-сырьевой базы лития / А.В. Курков, Л.Г. Лихниевич, С.И. Ануфриева, Т.Д. Онтоева, А.А. Рогожин, Н.А. Пермьякова // Минеральное сырье. — № 35. — М.: ВИМС, 2018. — С. 74.
8. *Машковцев, Г.А.* Перспективы освоения и развития минерально-сырьевых баз критических ТПИ / Г.А. Машковцев, Ю.А. Хижняков, Д.С. Козловский, В.Ю. Самойлов, А.А. Фатеева // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 2. — С. 3–10.
9. *Ниобиевые, танталовые руды и редкоземельные элементы. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.* — М., 2007.
10. *Рябцев, В.В.* Танталовые руды России: состояние и перспективы освоения минерально-сырьевой базы / В.В. Рябцев, Л.Б. Чистов, Т.Н. Шурига // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. — № 21. — М.: ВИМС, 2006. — С. 92.
11. *Годовой отчет ОАО «Соликамский магниевый завод» за 2018 год.* http://смз.рф/raport/2019/sob_акс1/2019_05_28_godovoj_otchet_smz_2018_final_s_prilozh.pdf
12. *Brian Leni.* The lithium supply and demand story. <http://www.mining.com/web/lithium-supply-demand-story>
13. *Gupta, C.K.* Extractive Metallurgy of Rare Earths. Second Edition / C.K. Gupta, N. Krishnamurthy. — Taylor & Francis Group, LLC., 2016. — 869 p.
14. *Jin, Yang* China's ion-adsorption rare earth resources, mining consequences and preservation. Environmental Development / JinYang, AijunLin, Xiao-LiangLi, YidingWu, WenbinZhou, ZhanhengChene. — Vol. 8, October 2013. — P. 131–136.
15. *Lithium 101.* Deutsche Bank Markets Research. 2016.
16. *Lithium.* Definitions, mineralogy and deposits. British Geological Survey. June 2016.
17. *Mt Weld,* Western Australia. Lynas Corp. <https://www.lynascorp.com/Pages/Mt-Weld-Concentration-Plant.aspx>.
18. *Philip, L. Verplanck* Rare Earth and critical elements in ore deposits / Philip L. Verplanck, Murray W. Hitzman. — Reviews in Economic Geology. — Vol. 18 — 2016. — 365 p.
19. *Research on the exploitation status and potential of lithium resources in China.* www.metalchina.com/2017/lithium.pdf.
20. *Beryllium.2019.* USGS. Mineral Commodity Summaries. https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2019-raree.pdf.
21. *Tantalum-Niobium International Study Center.* <https://tanb.org/about-niobium>.
22. *Mineral Commodity Summaries 2019.* <https://www.usgs.gov/centers/nmic>.
23. *USGS. Beryllium — A Critical Mineral Commodity — Resources, Production, and Supply Chain.* 2016 <https://pubs.usgs.gov/fs/2016/3081/fs20163081.pdf>.

© Машковцев Г.А., Быховский Л.З., Онтоева Т.Д., 2020

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@vims-geo.ru

Быховский Лев Залманович // lev@vims-geo.ru

Онтоева Татьяна Дмитриевна // ontoeva@vims-geo.ru

Прудников И.А., Гайкович М.М., Зублюк Е.В.
(ФГБУ «ВИМС»)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КРУПНЫХ ДУНИТОВЫХ ТЕЛ В СОСТАВЕ ДУНИТ- ГАРЦБУРГИТОВОГО КОМПЛЕКСА ВОЙКАРО-СЫ- НЬИНСКОГО МАССИВА

*Рассматривается структурно-вещественная зональность крупных дунитовых тел, развитых в разрезе дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса Войкаро-Сыньинского массива. Показана приуроченность рудных тел к приконтактной зоне дунитов и гарцбургитов. Уточнены критерии и признаки локализации высокохромистого оруденения среди гипербазитов массива. **Ключевые слова:** Войкаро-Сыньинский массив, дунит-гарцбургитовый комплекс, структурно-вещественная зональность, хромититы, дуниты, гарцбургиты, пироксениты.*

Prudnikov I.A., Gaykovich M.M., Zublyuk E.V. (VIMS)
FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF
LARGE DUNITE BODIES AS PART OF THE DUNITE-
HARZBURGITE COMPLEX OF THE VOIKAR-
SINYINSKY MASSIF

*The structural-material zonality of large dunite bodies developed in the section of the dunite-harzburgite structural-material complex of the Voikar-Sinyinsky massif is considered. The confinement of ore bodies to the near-contact zone of dunites and harzburgites is shown. The criteria and signs of localization of high-chromium mineralization among the hyperbasites of the massif are specified. **Keywords:** Voikaro-Sinyinsky massif, dunite-harzburgite complex, structural-material zonality, chromitites, dunites, harzburgites, pyroxenites.*

В основу материала статьи положены данные, полученные в результате проведенных исследований в пределах Войкаро-Сыньинского массива. Гипербазиты и хромоворудные проявления дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса были изучены на трех хромоворудных полях: Юнъягинском, Хойлинском и Егартинском (рис. 1), в пределах которых были проведены маршрутные исследования с детальным геологическим картированием ультрабазитов с изучением морфологии, позиции и состава хромового оруденения, сопровождавшиеся пробоотбором и замерами магнитной восприимчивости. Проведенные работы показали, что в дунитовых телах различных масштабов и в их ореолах выделяется зональность, которая характеризуется определенными закономерностями. Под ореолами авторами принимаются области распространения гарцбургитов, в той или иной мере затронутых изменениями в связи со становлением в них дунитов.

Крупные, относительно пологозалегающие тела дунитов обладают достаточно сложным, неоднородным,

но при первом приближении симметричным строением. Неоднородность строения выражается в морфологии тел, распределении рудных сегрегаций внутри дунитов и рудного «горизонта». Положение в разрезе мантийных ультрабазитов и разная степень завершенности процессов рудогенеза дают возможность для выявления определяющих механизмов становления дунитов, создания уточненной прогнозно-поисковой модели оруденения высокохромистого типа на перспективных участках Полярно-Уральских массивов.

В ненарушенном разрезе в дунитах и их ореолах структурно-вещественная зональность представлена восемью зонами (от центра дунитового тела): зона дунитового ядра — рудная зона — зона «тневых» гарцбургитов — зона дунитового штокверка — зона пироксенитового прожилка — зона слабо истощенных или неистощенных гарцбургитов — зона клинопироксеновых гарцбургитов — зона бесплагиоклазовых лерцолитов. Первые две зоны выделяются в контуре дунитового тела, следующие три зоны являются переходными между дунитами и гарцбургитами, последние три зоны являются частью гарцбургитового структурно-вещественного комплекса.

Зона дунитового ядра занимает основной объем крупных дунитовых тел и в зависимости от их размера имеет мощность от десятков метров до первых сотен метров. Так, например, для Хойлинского дунитового тела она составляет не менее 300–350 м при мощности дунитового тела не менее 500 м, на Егартинском рудном поле — 150–200 м при мощности дунитового тела около 350 м. Зона сложена массивными крупно-гигантозернистыми дунитами с размером зерен оливина около 1–3 см (рис. 2), на некоторых участках крупные кристаллы оливина достигают 20 см по удлиненной стороне. Характерной особенностью этой зоны является практически полное отсутствие в ней рудных скоплений. Дуниты содержат неравномерно распределенную вкрапленность крупнозернистой (около 3 мм) хромшпинели, образующей тонкие струйчато-шлировые выделения, количество которых увеличивается при приближении к рудной зоне.

Среднее содержание хромшпинели составляет 1–2%. Отмечается рост общего содержания хромшпинели от центра дунитового тела (около 0,5%) к контакту с рудной зоной (около 3–3,5%). Положение и форма шлиров характеризуют следы флюидно-магматической миграции. Магнитная восприимчивость дунитов этой зоны не высокая: варьирует в диапазоне $3–5 \times 10^{-3}$ ед. СИ.

Зона оруденения (или рудная зона) формируется в приконтактных с гарцбургитами частях дунитового тела на расстоянии от контактов от 5–10 м (в небольших телах) до 80 м. Мощность рудного «горизонта» в дунитах на изученных участках, как правило, непостоянна и составляет 20–80 м, видимая протяженность достигает 1 км и более. Граница рудной зоны с зоной дунитового ядра имеет разный характер и фиксируется участками как постепенным увеличением вкрапленности с образованием отдельных небольших (первые

сантиметры) гнезд сплошных и густовкрапленных среднезернистых хромитов, так и резкими границами. В первом случае развитие рудных тел предваряет рудная вкрапленность и формирование амёбовидных, грибообразных и кляксовидных гнезд и шпиров хро-

мита размером до 5–7 см. Во втором случае отмечается резкий контакт с рудными телами.

Дуниты зоны оруденения средне-крупнокристаллические, часто в них проявлены тектонитовые структуры. Рудные скопления в зоне распределены крайне

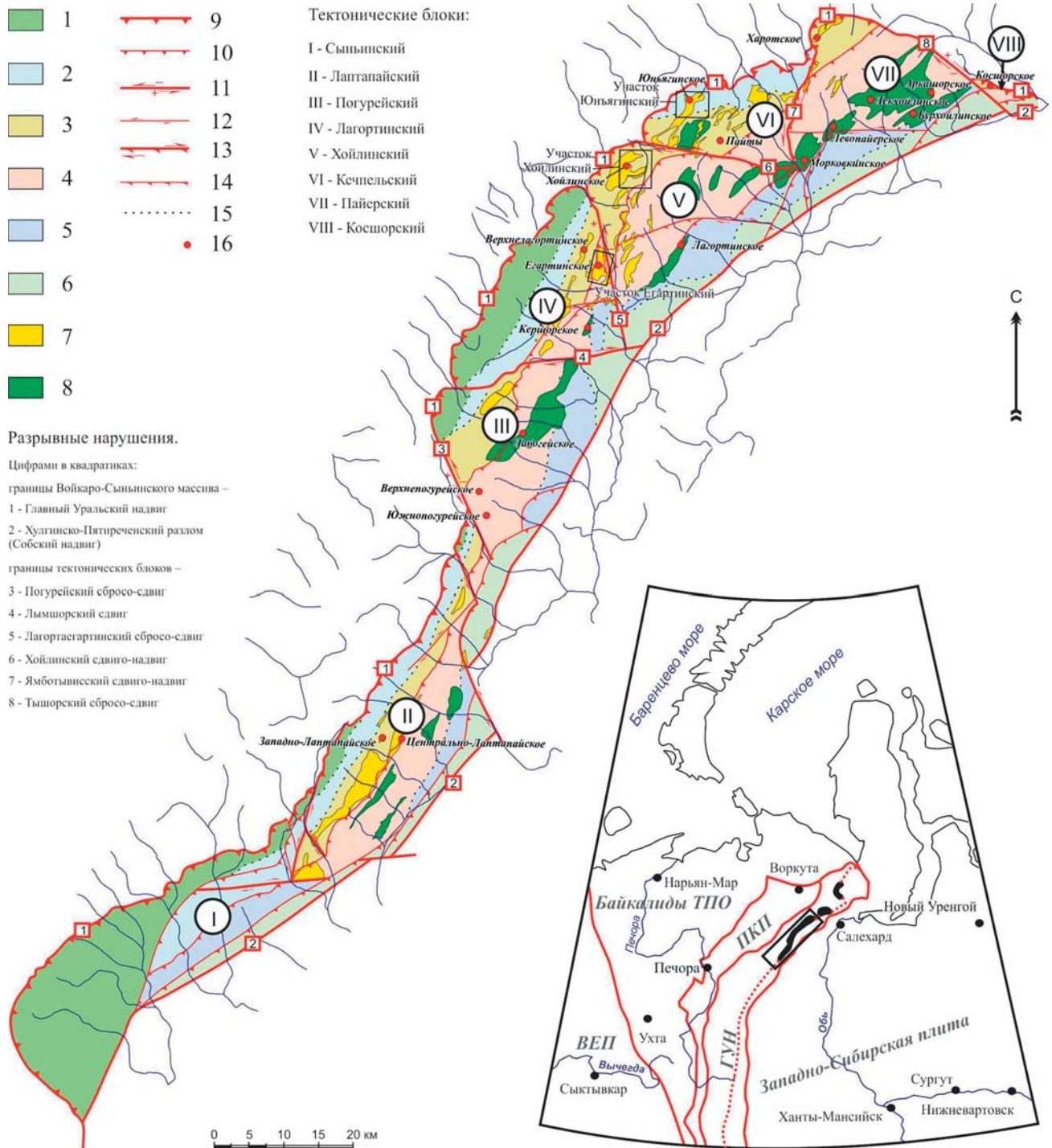


Рис. 1. Структурно-формационная карта-схема базит-гипербазитового Войкаро-Сынынского массива. Структурно-вещественные комплексы (1–6): 1 — габбровый «западный» тип (Дзеляюско-Хордьюская подзона); 2 — дунит-верлит-клинопироксенитовый «западный» тип; 3 — дунит-гарцбургитовый; 4 — гарцбургитовый; 5 — дунит-верлит-клинопироксенитовый «восточный тип»; 6 — габбровый «восточный» тип; 7 — крупные тела дунитов; 8 — крупные зоны истощения. Разрывные нарушения (9–14): 9 — надвиги главные; 10 — надвиги второстепенные; 11 — сдвиги-взросы и сдвиги-сбросы главные, направление и знак их перемещения; 12 — сдвиги второстепенные и направления их перемещения; 13 — сдвиги-надвиги и направления их перемещения; 14 — сдвиго-надвиги второстепенные; 15 — границы структурно-вещественных комплексов; 16 — главные рудопроявления. ВЕП — Восточно-Европейская платформа, ТПО — Тимано-Печорская область, ПКП — Предуральский краевой прогиб, ГУН — Главный Уральский надвиг

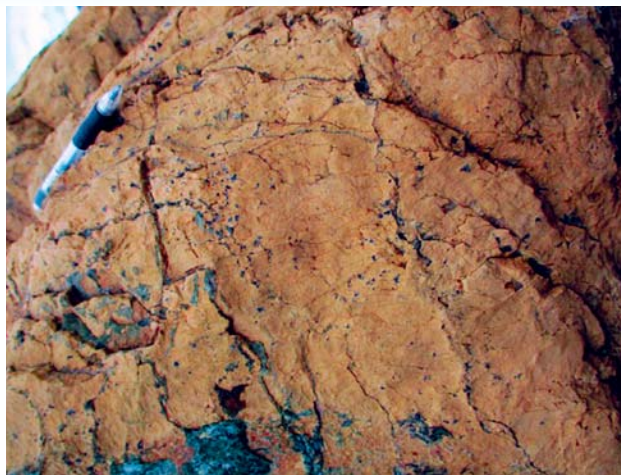


Рис. 2 Гигантокристаллические дуниты с акцессорной вкрапленностью хромшпинелида зоны дунитового ядра (Войкаро-Сыньинский массив, участок Хойлинский)

неравномерно. Зона обусловлена развитием тел хромититов, вкрапленности, шширообразных и гнездовидных рудных образований с различным содержанием хромшпинелида, расположенных в среднезернистом массивном дуните, содержащем повышенную вкрапленность хромшпинелида до 4–10 %.

Хромититы прорываются маломощными, не более 20–30 см, жилообразными телами интратрудных дунитов, содержащих вкрапленность хромшпинелида на уровне 1–2 %. В единичных случаях отмечаются жилы пироксенитов, секущиеся рудными телами. Наряду с повышенной вкрапленностью хромшпинелида (3–7 %) отмечаются струи, маломощные шширы, гнезда, нодулы, небольшие линзы и другие формы скоплений с текстурами, характерными для флюидно-магматического происхождения. Размеры рудных скоплений увеличиваются к центральным частям зоны, вплоть до появления различных по размеру рудных тел, которые ориентированы по нормали к «питающим» их снизу струйкам и шширам. Контакты рудных образований с вмещающими дунитами в сплошных и густовкрапленных разностях резкие (рис. 3Б), в убого-средневкрапленных — отчетливые, но не резкие (рис. 3А).

Дуниты зоны оруденения характеризуются пониженными значениями магнитной восприимчивости (около $0,4–0,7 \times 10^{-3}$ ед. СИ). Значения в рудных сегрегациях: $1–2 \times 10^{-3}$ ед. СИ.

Контакт с зоной «теневого» гарцбургитов резкий и обязательно осуществляется через маломощную зону безрудных дунитов, шириной от первых десятков сантиметров до первых метров, реже до первых десятков метров. Эти буферные дуниты характеризуются развитием среднезернистых структур с содержанием хромшпинели, не превышающим 1 %.

Зона «теневого» гарцбургитов относится к ореолу воздействия дунитов на вмещающие гарцбургиты. Зона представлена в различной степени упорядоченными парагенерациями дунитов и гарцбургитов (рис. 4А, Б). Характеризуется наличием реликтов различной формы сильно истощенных среднезернистых

гарцбургитов с содержанием ортопироксена около 10–12 %, а также пироксенсодержащих дунитов, расположенных в дунитовой среднезернистой массе. Соотношение дунит-гарцбургит близко к 2:1–3:1.

Гарцбургиты этой зоны образуют ксенолитоподобные блоки в дунитах, часто сохраняя свои структурно-текстурные особенности. Структурно-текстурные признаки гарцбургитов зоны меняются вследствие перераспределения ортопироксена и частичной ассимиляции гарцбургитов дунитами. Контакты дунитов и гарцбургитов в зоне отчетливые, но не резкие, вверх по разрезу отмечаются постепенные переходы. Уместно отметить, что полный спектр переходных разностей пород от гарцбургитов к дунитам через пироксенсодержащие дуниты и пироксенитовые жилы здесь отсутствуют. Содержание хромшпинелида до 1 %, рудных концентраций не отмечается. Мощность зоны небольшая и варьирует от 1 до 5 м.

Зона дунитового штокверка. Зона мощностью от 3 до 10 м тесно связана с зоной «теневого» гарцбургитов, отличаясь от последней меньшим количеством дунитов. В составе этой зоны гарцбургиты насыщены дунитовыми жилами мощностью от первых до первых



Рис. 3. Фрагменты текстурно-структурных особенностей хромититов, расположенных: А — в рудной зоне проявления Хойлинское I; Б — рудное тело расчистки Р-30, север участка Хойлинский

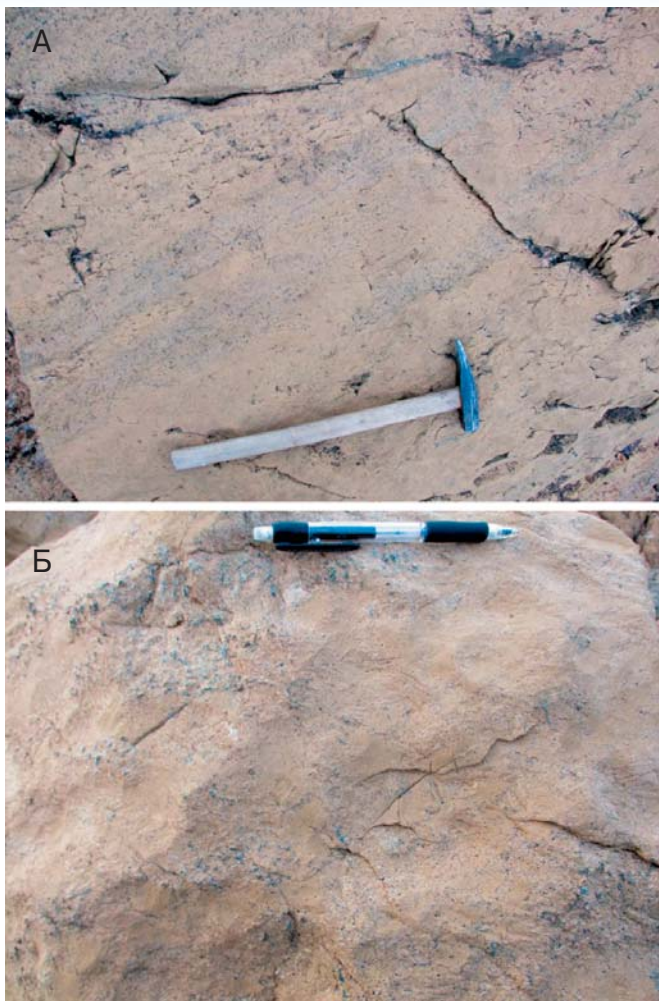


Рис. 4. Характерные примеры взаимоотношения дунитов и гарцбургитов из зоны «тневых» гарцбургитов (участок Хойлинский): А — дуниты, образующие субпараллельные полосы в гарцбургитах; Б — дуниты в виде неправильной формы обособлений в гарцбургитах

десятков сантиметров (рис. 5). Содержание ортопироксена в гарцбургитах составляет 15–25 %. В нижних частях разреза жилы преимущественно разноориентированные, вверх по разрезу степень упорядоченности жил возрастает. Соотношение дунитов и гарцбургитов близко к 1:1.

В дунитах часто отмечается повышенная равномерная вкрапленность хромшпинелида (3–7 %). Иногда отмечаются шлировидные обособления, залегающие конформно непосредственно у контакта с гарцбургитами. Пироксенитовые жилы или отсутствуют, или единичны.

Зона пироксенитового прожилка. По мере удаления от дунитового тела в строении этой зоны выделяются три подзоны, которые отличаются количеством, составом и размерами пироксенитовых жил: интенсивного, умеренного и слабого пироксенитового прожилка.

В пределах зоны в различной степени истощенных гарцбургитах отмечаются редкие (до 5 %) жилы дунитов, также присутствуют разнонаправленные жильные тела пироксенитов. Мощность пироксенитов доволь-

но выдержанная и варьирует от первых сантиметров до первых метров. Пироксенитовые жилы имеют переменный состав от клинопироксенитов через вебстериты до ортопироксенитов.



Рис. 5. Характерные взаимоотношения дунитов и гарцбургитов из зоны дунитового штокверка (Войкаро-Сыньинский массив, участок Хойлинский)

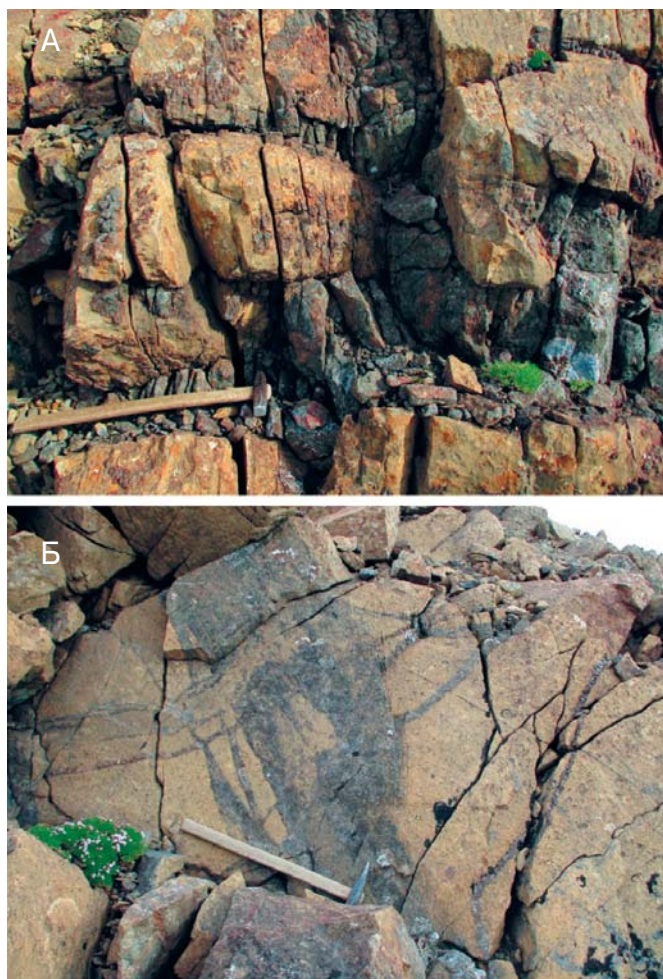


Рис. 6. Фрагменты обнажений зоны пироксенитового прожилка (участок Хойлинский): А — жилы вебстеритового состава; Б — жилы ортопироксенитового состава

В подзоне интенсивного пироксенитового прожилка преобладают вебстериты (рис. 6А), реже наблюдаются клинопироксениты, как правило, слагая небольшие шлировидные выделения в вебстеритах. По мере удаления от дунитового тела в подзоне умеренного пироксенитового прожилка начинают преобладать ортопироксениты (энстатититы, бронзититы) (рис. 6Б). В этом же направлении интенсивность прожилкования резко снижается. Таким образом, выявленная закономерность показывает, что петрографический состав жил и их количество отмечают уровень эрозионного среза над скрытыми дунитовыми телами.

Для подзоны слабого пироксенитового прожилка характерны жилы дунитов с зональным строением. Центральные части этих жил сложены мелко-среднекристаллическим оливином, краевые части — гигантокристаллическим. Размеры зерен хромшпинелида в центральных частях дунитовых жил составляют 0,1–1 мм, в краевых — 1–4 мм. Концентрации рудных минералов в мелко-среднекристаллических дунитах центральных частей достигают 3–5 %. Часто вдоль одного из контактов разнокристаллических разностей формируются маломощные (1–7 мм, реже первые см) шлироподобные сегрегации густовкрапленны до сплошных хромититов, конформных контакту.

Наибольшая интенсивность и мощность характерны для всяячего блока крупных дунитовых тел. В лежачем контакте зона пироксенитового прожилка проявлена слабо и имеет малую мощность.

Мощность зоны пироксенитового прожилка не выдержана, меняется от 50 до 150 м и, вероятно, определяется положением контакта дунитов в разрезе ультрабазитов массива.

Зона неистощенных гарцбургитов представлена массивными, слабо истощенными или неистощенными среднезернистыми гарцбургитами с содержанием ортопироксена 35–45 %, рассеченными единичными маломощными жилами дунитов и ортопироксенитов (преимущественно энстатититов) (рис. 7). Дунитовые жилы являются более поздними и секущими по отношению к пироксенитам. Аксессуарная вкрапленность хромшпинелида в гарцбургитах и дунитах находится на уровне 1 %.

Зона клинопироксенитовых гарцбургитов в пределах дунит-гарцбургитового разреза ультрабазитов распространена крайне локально и представлена массивными неистощенными среднекристаллическими клинопироксенсодержащими гарцбургитами с составом: ортопироксен (35–40 %), клинопироксен (5–7 %), оливин (55–60 %), хромшпинелид не более 1 %. Клинопироксен распространен в гарцбургитах неравномерно, образуя гнездовидные и шлировидные мелкозернистые скопления размером первые миллиметры, первые сантиметры длиной. Неравномерные скопления фиксируют участки его частичного перераспределения.

Среди клинопироксеновых гарцбургитов отмечаются единичные маломощные жилы дунитов, ортопи-

роксенитов, реже клинопироксенитов. Энстатитовые жилы имеют мощность первые сантиметры, не превышая 5–6 см, составляя в среднем около 1–2 см. Они характеризуются резкими прямолинейными контактами с гарцбургитами рвушего типа и среднезернистой структурой. Насыщенность разреза жилами составляет менее 5 %. Жилы разнонаправлены и выдержаны по мощности и простиранию, прослеживаются на несколько метров. Дуниты представлены маломощными (не более первых сантиметров) телами и встречаются в разрезе в виде единичных жил, представляющих более позднюю фазу по отношению к энстатититам. Структура дунитов гетерозернистая, мелко-среднезернистая. Мощность зоны от первых десятков до первых сотен метров.

Зона бесплагиоклазовых лерцолитов представлена бесплагиоклазовыми массивными среднекристаллическими лерцолитами с содержанием пироксенов около 45 % (ортопироксен 20–25 %, клинопироксен 10–15 %). Бесплагиоклазовые лерцолиты распространены крайне незначительно и характерны для отдельных тектонических блоков. В лерцолитах отмечаются единичные маломощные жилы дунитов и ортопироксенитов. Мощность зоны не превышает первых десятков метров.

Сложность выявления двух последних зон сопряжена с неравномерным, часто сильным наложенным прогрессивным метаморфизмом, приводящим к появлению оливин-антигоритовых пород — войкаритов, в ходе формирования которых происходит полное замещение пироксенов антигоритом. Наиболее точно они определяются в неметаморфизованных разностях; в других случаях они выделяются как зона неистощенных гарцбургитов.

Особенностью выявленной зональности является ее латеральная симметричность относительно центра крупных дунитовых тел (рис. 8). В большинстве случаев в связи с развитой в пределах Войкаро-Сыньинского массива шарьяжно-надвиговой тектоникой и неравномерным эрозионным врезом



Рис. 7. Неистощенные гарцбургиты, рассеченные прожилками и жилами энстатититов (участок Егартинский)

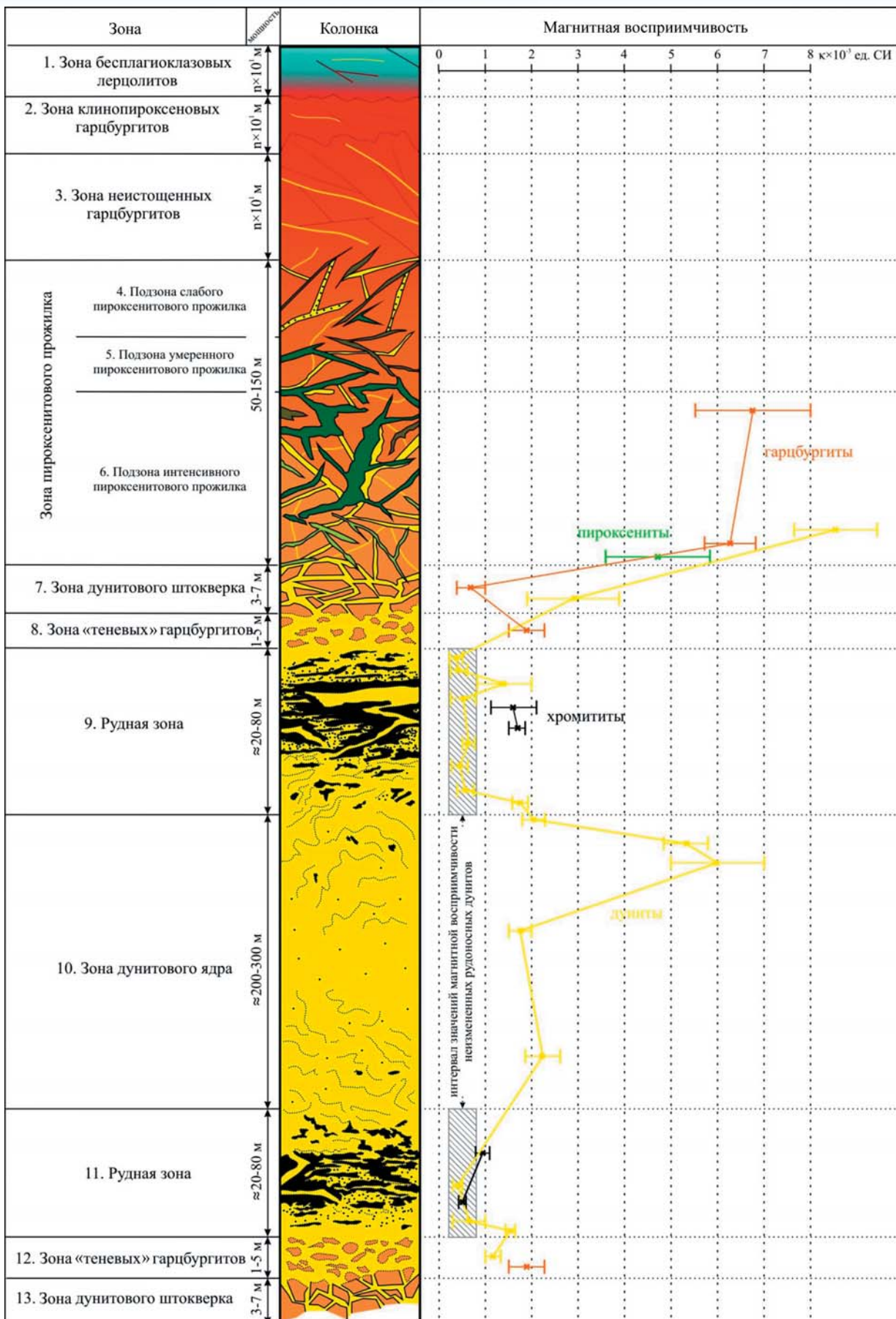


















Рис. 8. Принципиальная схема структурно-вещественной зональности крупных дунитовых тел в дунит-гарцбургитовом комплексе Войкаро-Сыньинского массива

Краткая характеристика зон	Условные обозначения
1. Бесплагноклазовые массивные среднезернистые лерцолиты с содержанием пироксенов около 45 % (Орх 15–20, Срх 20–25). Отмечаются единичные маломощные жилы дунитов и ортопироксенитов.	
2. Массивные неистощенные среднезернистые клинопироксенсодержащие гарцбургиты (Орх 35–40 %, Срх 5–7 %) с единичными маломощными жилами дунитов, ортопироксенитов и шлирами и прожилками клинопироксенитов.	
3. Массивные неистощенные среднезернистые гарцбургиты (Орх 35–45 %) с единичными маломощными жилами дунитов, ортопироксенитов (преимущественно энстатитов), крайне редко клинопироксенитов мощностью первые сантиметры, реже мощнее. Дунитовые жилы более поздние и всегда пересекают пироксениты. Вкрапленность хромита в гарцбургитах и дунитах на уровне 1%.	
4. Массивные слабоистощенные среднезернистые гарцбургиты (Орх 25–35 %) с жилами преимущественно бронзитов и реже клинопироксенитов, составляющие не более 5–10 % от объема пород. Мощность жил первые сантиметры, реже первые десятки сантиметров. Дунитовые жилы мощностью до 15–20 см составляют не более 5 % от объема пород, обладают ярко выраженным зональным строением и содержат повышенную (до 10–13 %) вкрапленность хромшпинелида. Жилы пироксенитов более поздние и рвут дуниты.	 дуниты  зональные жилы дунитов
5. Массивные слабо истощенные среднезернистые гарцбургиты (Орх 20–30 %) с жилами преимущественно вебстеритов, реже клинопироксенитов и бронзитов, составляющие не более 10–20 % от объема пород. Мощность жил первые десятки сантиметров. Дунитовые жилы мощностью до 15–20 см составляют не более 10–12 % от объема пород, обладают ярко выраженным зональным строением и содержат повышенную (до 10–13 %) вкрапленность хромшпинелида. Жилы пироксенитов более поздние и рвут дуниты.	 хромититы  гарцбургиты различной степени истощенности
6. Массивные истощенные среднезернистые гарцбургиты (Орх 15–20 %) с жилами преимущественно клинопироксенитов и вебстеритов, реже бронзитов, составляющие не более 20–30 % от объема пород. Мощность жил первые десятки сантиметров — первые метры (до 3,5 м). Обладают чрезвычайно разнообразной и сложной формой, но чаще всего близкой к жилообразной с крупно- и гигантокристаллической (до 60 см) структурой. Дунитовые жилы составляют не более 15–18 % от объема пород, мощностью от десятков сантиметров до 1,5 м, содержат акцессорную (около 1 %) вкрапленность хромшпинелида. Жилы пироксенитов более поздние и рвут дуниты.	 клинопироксеновые гарцбургиты  бесплагноклазовые лерцолиты  клинопироксениты
7. Массивные истощенные среднезернистые гарцбургиты (Орх 15 %) прорванные разнонаправленными жилами дунитов мощностью первые сантиметры — первые десятки сантиметров. Соотношение дунитов и гарцбургитов близко к 1:1. Жилы пироксенитов отсутствуют. Содержание хромшпинелида на уровне до 1 %, рудных концентраций не отмечается.	 вебстериты  ортопироксениты (бронзититы)
8. Различной формы реликты сильноистощенных среднезернистых гарцбургитов (Орх 10–12 %), в том числе пироксенсодержащих дунитов, расположенных в дунитовой среднезернистой массе. Соотношение дунит-гарцбургит близко к 2:1 — 3:1. Жилы пироксенитов отсутствуют. Содержание хромшпинелида на уровне до 1 %, рудных концентраций не отмечается.	 жилы дунитов  жилы ортопироксенитов (энстатитов)
9. Тела хромититов, а также вкрапленность, шширообразные и гнездовидные образования с различным содержанием хромшпинелида, расположенные в среднезернистом массивном дуните, содержащем повышенную вкрапленность хромшпинелида до 4–10 %. Хромититы прорываются маломощными, не более 20–30 см жилообразными телами эпигенетических дунитов, содержащих вкрапленность хромшпинелида на уровне 1–2 %. В единичных случаях отмечаются жилы пироксенитов, секущиеся рудными телами.	 вкрапленность хромшпинелида
10. Массивные крупно- гигантозернистые дуниты с размером зерен оливина около 1–2 см, реже до 5–7 см. Дуниты содержат неравномерно распределенную вкрапленность крупнозернистого, размером около 3 мм хромшпинелида, образуемого тонкие струйчато-шлировые выделения, количество которых увеличивается при приближении к рудной зоне. Среднее содержание хромшпинелида оценивается в 1–2 %. Отмечается рост общего содержания хромшпинелида от ядра дунитового тела (около 0,5 %) к контакту с рудной зоной (около 3–3,5 %).	 струйчато-шлировые выделения хромшпинелида  границы резкие
11. Тела хромититов, а также вкрапленность, шширообразные и гнездовидные образования с различным содержанием хромшпинелида, расположенные в среднезернистом массивном дуните, содержащем повышенную вкрапленность хромшпинелида до 4–10 %. Хромититы прорываются маломощными, не более 20–30 см жилообразными телами эпигенетических дунитов, содержащих вкрапленность хромшпинелида на уровне 1–2 %. В единичных случаях отмечаются жилы пироксенитов, секущиеся рудными телами.	 вкрапленность хромшпинелида  границы постепенные
12. Различной формы реликты сильноистощенных среднезернистых гарцбургитов (Орх 10–12 %), в том числе пироксенсодержащих дунитов, расположенных в дунитовой среднезернистой массе. Соотношение дунит-гарцбургит близкое к 2:1 — 3:1. Жилы пироксенитов отсутствуют. Содержание хромшпинелида на уровне до 1%, рудных концентраций не отмечается.	
13. Массивные истощенные среднезернистые гарцбургиты (Орх 15 %), прорванные разнонаправленными жилами дунитов мощностью первые сантиметры — первые десятки сантиметров. Соотношение дунитов и гарцбургитов близко к 1:1. Жилы пироксенитов отсутствуют. Содержание хромшпинелида на уровне до 1 %, рудных концентраций не отмечается.	

в ненарушенной последовательности можно проследить часть зональности в основном завершающейся зоной пироксенитового прожилка или неистощенных гарцбургитов.

Таким образом, на основании детальных исследований в пределах рудных полей Хойлинское, Юньягинское и Егартинское установлен ряд закономерностей строения дунитовых тел и уточнены критерии и признаки локализации высокохромистого оруденения в дунит-гарцбургитовом структурно-вещественном комплексе.

— одним из основных факторов формирования масштабного хромового оруденения является наличие на рудоперспективных площадях достаточно крупных дунитовых тел, мощностью от первых сотен метров и протяженностью первые километры, которые являются рудовмещающими, а также, вероятно, и рудогенерирующими;

— рудные «горизонты» (зоны) формируются в приконтактных частях симметрично относительно дунитового тела. Расстояние от контактов с гарцбургитами составляет от первых до первых десятков метров. Рудный «горизонт» характеризуется повышенной вкрапленностью, шлировидными обособлениями, различной формы гнездами и линзами хромитита. Мощность рудного «горизонта» в Юньягинском теле дунитов составляет 120 м, в Егартинском теле — около 100 м, в Хойлинском — 30–80 м;

— размеры кристаллов оливина, слагающего дуниты рудного «горизонта», согласно текущим полевым наблюдениям, несколько меньше, чем во вмещающих безрудных дунитах;

— состав аксессуарной хромшпинели в рудовмещающих дунитах близок к составу хромшпинели в рудных телах рудного «горизонта» и в общих чертах характеризует тип руд (средне- высокохромистый или глиноземистый) [1, 2];

— наличие крупных дунитовых апофиз, которые могут выполнять функцию ловушки в процессе миграции рудоносного расплава, является положительным фактором для выявления значительных рудных скоплений;

— дуниты материнского тела отличаются по своим магнитным свойствам: гигантокристаллические дуниты ядерной части характеризуются более высокими значениями магнитной восприимчивости ($3-5 \times 10^{-3}$ ед. СИ); дуниты рудного «горизонта», как и интратрудные дуниты имеют пониженные значения магнитной восприимчивости (около $0,4-0,7 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ); в рудных сегрегациях значения: $1-2 \times 10^{-3}$ ед. СИ. Уровень серпентинизации пород оказывает влияние на увеличение значений магнитной восприимчивости, но, несмотря на это пропорции значений магнитной восприимчивости в породах сохраняются.

Выявленная зональность представляет собой реконструированный разрез мантии, характеризующий взаимоотношения структурно-вещественных зон в общем разрезе дунит-гарцбургитового СВК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брянцианинова, Н.И. Породообразующие силикаты ультрабазитов как индикаторы условий образования и рудоносности / Н.И. Брянцианинова // Серия препринтов «Научные доклады». Коми науч. центр УрО АН СССР, 1990. — Вып. 226. — 24 с.
2. Макеев, А.Б. Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала / А.Б. Макеев, Н.И. Брянцианинова. — СПб.: Наука, 1999. — 252 с.

© Прудников И.А., Гайкович М.М., Зублюк Е.В., 2020

Прудников Илья Александрович // prudnikov@gmail.ru

Гайкович Михаил Михайлович // mikeroro@mail.ru

Зублюк Екатерина Владимировна // vims-zublyuk@mail.ru

УДК 553.061.12:553.463

Митрофанов Н.П., Бурова Т.А., Макаров А.И.
(ФГБУ «ВИМС»)

МОДЕЛИ ВОЛЬФРАМОРУДНЫХ УЗЛОВ И ПОЛЕЙ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

*Современные представления о развитии земной коры позволяют по-новому рассматривать условия формирования рудно-магматических систем узлов и полей, вмещающих промышленные месторождения вольфрама полиметалльно-вольфрамовой формации (апоскарноватый тип). Выделены их основные прогнозно-поисковые критерии и признаки, нацеленные на выявление в рудных районах потенциально перспективных площадей, вмещающих скрытое оруденение. **Ключевые слова:** шеелит, месторождения, узлы, поля, Дальний Восток.*

Mitrofanov N.P., Burova T.A., Makarov A.I. (VIMS)

MODELS OF TUNGSTEN NODES AND FIELDS (FAR EAST)

*Modern ideas about the development of the earth's crust make it possible to consider in a new way the conditions for the formation of ore-magmatic systems of knots and fields containing industrial tungsten deposits of a polymetallic tungsten formation (aposkarnova type). Their main forecasting and search criteria and signs are identified, intended to identify potentially promising areas in the ore areas containing hidden mineralization. **Keywords:** scheelite, deposit, knot, field, Far East.*

С исчерпанием фонда вскрытых эрозией месторождений актуальным становится прогноз и поиски объектов, рудные тела которых не выходят на поверхность. Задача современных исследований — выделение рудных узлов и полей, перспективных для локализации скрытых скоплений полезных ископаемых, пригодных для промышленного освоения. В опубликованной работе [8] приведены материалы, по которым составлены модели Шивкинское рудного узла и Лермонтовского рудного поля, вмещающие среднее по масштабу с высоким содержанием металла одно-