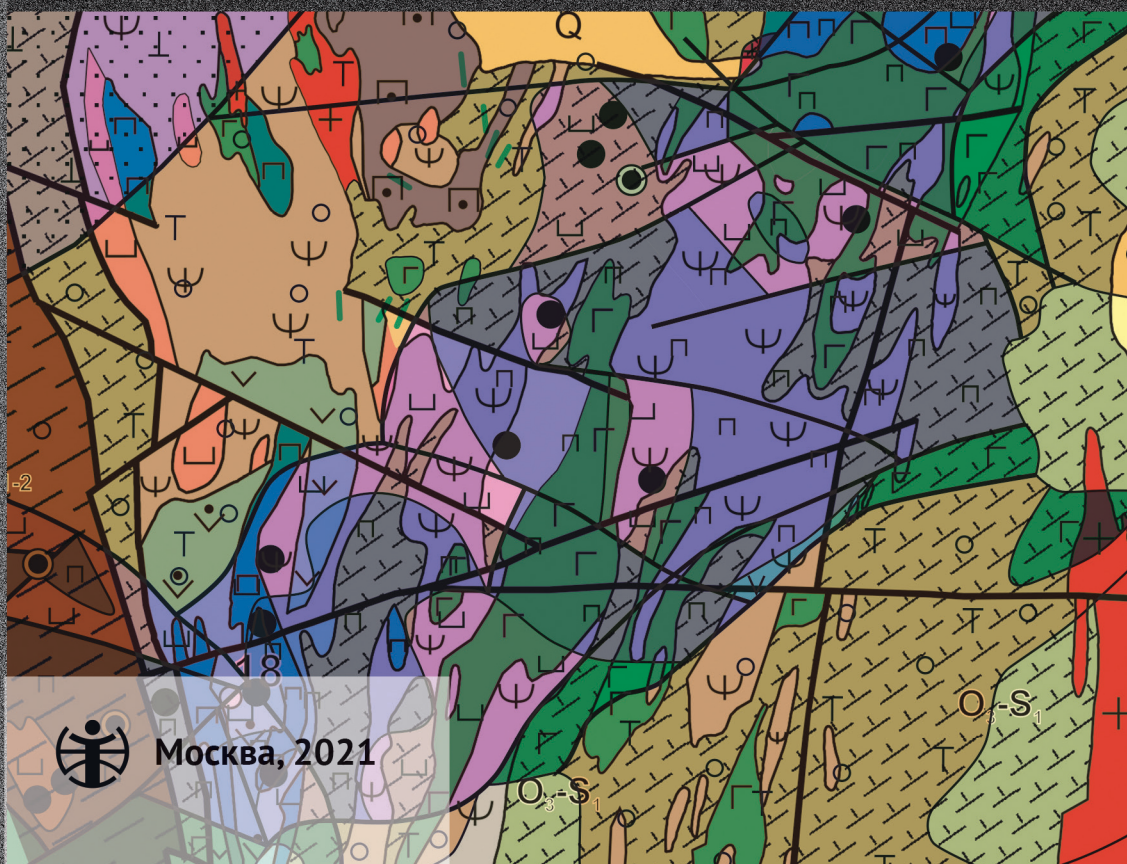
Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-
исследовательский институт
минерального сырья
им. Н.М.Федоровского»
(ФГБУ «ВИМС»)

Николаев В.И.
Казеннова А.Д.
Никольская Н.Е.
Сергеев Н.С.
Самков В.С.
Долгушин С.С.
Сержантов Н.Ф.

ХРОМИТОНОСНЫЕ ПРОВИНЦИИ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРОМОВЫХ РУД РОССИИ



Всероссийский
Институт
Минерального
Сырья

Минеральное сырьё

43•2021

Москва, 2021

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
минерального сырья им. Н.М.Федоровского»
(ФГБУ «ВИМС»)

«Минеральное сырье» № 43

Николаев В.И.,
Казеннова А.Д.,
Никольская Н.Е.,
Сергеев Н.С.,
Самков В.С.,
Долгушин С.С.,
Сержантов Н.Ф.

ХРОМИТОНОСНЫЕ ПРОВИНЦИИ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРОМОВЫХ РУД РОССИИ

Москва, 2021

УДК 553.461(470)
Н63

Н63 Николаев В.И., Казеннова А.Д., Никольская Н.Е. (ФГБУ «ВИМС»), Сергеев Н.С., Самков В.С. (ОАО «УГСЭ»), Долгушин С.С. (ФГУП «СНИИГиМС»), Сержантов Н.Ф. (ГПКК «КНИИГиМС»). Хромитоносные провинции и месторождения хромовых руд России. «Минеральное сырье» № 43. М.: ВИМС, 2021. С. 185.

ISBN 978–5–6046868–6–7

В справочнике приведены сведения по месторождлениям и рудопроявлениям хромовых руд основных хромитоносных провинций России: Карело-Кольской, Полярно-Уральской, Средне-Южно-Уральской, Алтае-Саянской, Корякско-Чукотской. Во вводных разделах даны краткие сведения о геохимии, минералогии хрома, использованию хрома в промышленности, кратко охарактеризованы основные типы месторождений хромовых руд.

Материалы справочника могут использоваться для дальнейшего изучения вошедших в справочник хромитоносных провинций, месторождений и рудопроявлений, а также при оценке промышленной значимости различных типов хромоворудных объектов.

Журнал «Минеральное сырье» зарегистрирован Госкомитетом РФ по печати 20.01.98 г. Рег. № 017140.

Учредитель — Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья (ВИМС).

Главный редактор — доктор геолого-минералогических наук, профессор Г.А. Машковцев

ISBN 978–5–6046868–6–7 ©ФГБУ «ВИМС», 2021 г.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ХРОМ В ПРИРОДЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ 6

2. ХРОМИТОНОСНЫЕ ПРОВИНЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ 17

2.1. Карело-Кольская провинция 17

2.2. Полярно-Уральская провинция 33

2.3. Средне-Южноуральская провинция 81

2.4. Алтае-Саянская провинция 130

2.5. Корякско-Чукотская провинция 165

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 174

ЛИТЕРАТУРА 176

Сокращения в тексте

СВК — структурно-вещественный комплекс
ДВКГ — дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый
ДГ — дунит-гарцбургитовый
ГУР — Главный Уральский разлом
ЭПГ — элементы платиновой группы

Введение

В 2008–2011 гг. по заданию МПР РФ ФГУП «ВИМС» проводились ревизионно-поисковые работы по оценке хромитоносности ультраосновных массивов Сибири, Дальнего Востока, Южного и Среднего Урала. Задачей исследований являлась оценка перспектив выявления месторождений хромовых руд в ультраосновных массивах перечисленных территорий. Был выполнен анализ фондового материала и проведены поисковые работы на перспективных площадях. Актуальность работ была обусловлена дефицитом хромовых руд в РФ. Основанием для пересмотра результатов поисковых работ прошлых лет послужили новые теоретические разработки по закономерностям локализации месторождений хромовых руд в ультраосновных альпинотипных массивах офиолитовой формации, наиболее распространенных на территории России.

Начало изучения геологии месторождений хромовых руд в России относится к 30-м годам 20-го века. Обобщение результатов этих исследований в довоенный период было опубликовано в двухтомнике «Хромиты СССР» [32]. При изучении месторождений в крупных альпинотипных массивах Южного Урала (Кемпирсайском, Халиловском, Хабарнинском) были выделены три типа месторождений хромовых руд.

Первый — мелкие месторождения на севере Кемпирсайского массива с небольшими рудными телами в линзо-пластообразных телах дунитов среди гарцбургитов. Руды преимущественно густовкрапленные и сплошные, с рудным хромшпинелидом с высоким содержанием Al_2O_3 — 27–32 % и пониженным Cr_2O_3 — 34–39 %.

Второй — на юге Кемпирсайского массива — крупные месторождения с уникальными по размерам рудными телами богатых руд среди полей развития крупных масс эпигенетических дунитов по отношению к вмещающим гарцбургитам. Рудный хромшпинелид этих месторождений отличается высоким содержанием хрома Cr_2O_3 63–64,5 % и низким — Al_2O_3 7,6–9,0 %. Вариантом второго типа явились мелкие месторождения Халиловского массива с небольшими рудными телами сложной морфологии — линзы, столбы, гнезда в линзо-полосовидных телах дунитов, с аналогичным составом рудного хромшпинелида.

Третий тип месторождений был установлен в Хабарнинском массиве — линзообразные тела и залежи бедных и убогих руд в дунитах, переслаивающихся с пироксенитами, с содержанием Cr_2O_3 в рудном хромшпинелиде 50–62 % и Al_2O_3 10–14 %.

Исследования на уникальных Кемпирсайских месторождениях были продолжены в начале 60-х годов. Были уточнены особенности структурного положения и морфология рудных тел, минеральный состав хромовых руд. В публикациях, отражающих результаты исследований, авторы обосновывали магматическую природу гипербазитов и хромовых руд [14].

В 60–70-х гг. прошлого века в мире и в России утвердилось представление об офиолитовом комплексе и месте хромового оруденения в его разрезе. Большое влияние на эти представления оказали работы А.В. Пейве, 1969 г. [15, 16], Н.Л. Добрецова, 1977 г. [4], Р.Г. Колмана, 1977 г. [8]. С учетом преобладающих среди перидотитов офиолитового комплекса гарцбургитов и широкого развития в них дунитов, иногда с проявлениями хромового оруденения, эта ассоциация хромитоносных пород получила наименование дунит-гарцбургитовой формации. В ВИМСе исследования по металлогении хромовых руд были начаты в конце 60-х годов, основные результаты нашли отражение в монографии под редакцией Т.А. Смирновой [21]. Масштабные геолого-съемочные, поисковые и разведочные работы, проведенные с 1960-х по 2010-е годы на массивах

Полярного Урала, позволили детализировать разрез дунит-гарцбургитовой формации и выделить в ней структурно-вещественные комплексы, в каждом из которых хромовое оруденение обладает своими особенностями морфологии рудных тел, состава рудного хромшпинелида и возможного масштаба месторождения [11, 12, 13, 17, 27, 28].

Эти модельные построения позволили оценить перспективы хромитоносности ультраосновных массивов территорий, на которых были проведены ревизионно-поисковые работы. В настоящей работе приведена характеристика хромитоносности базит-ультрабазитовых массивов, месторождений и крупных рудопроявлений не только территории Среднего, Южного Урала и Сибири, но и рудных объектов Карело-Кольского региона и Полярного Урала, которые не охватывались ревизионно-поисковыми работами, то-есть практически всей территории России. Объем, задачи и многочисленность объектов анализа потребовали при проведении ревизионно-поисковых работ привлечения территориальных производственных и научно-исследовательских организаций. В анализе материалов по различным регионам России и в проведении поисковых работ принимали участие: ОАО «Уральская геолого-съёмочная экспедиция» (отв. исп. Сергеев Н.С., Самков В.С.) — поисковые работы и анализ материалов по хромитоносным массивам Среднего и Южного Урала, Естественно-научный институт ГОУ ВПО «Пермский государственный университет» (отв. исп. Логутов Б.Б.) — поисковые работы в районе Сарановских месторождений Пермского края, ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (отв. исп. Долгушин С.С.) — сбор, анализ и обработка материалов по хромитоносным массивам Сибирского федерального округа, ГПКК «Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья» (отв. исп. Сержантов Н.Ф.) — поисковые работы на перспективных хромитоносных массивах Западного Саяна. Общее руководство ревизионно-поисковыми работами осуществлялось директором ФГУП «ВИМС» доктором геол.-мин. наук Г.А. Машковцевым.

Практически одновременно с ревизионно-поисковыми работами поиски на хромовые руды проводились территориальными организациями. На Полярном Урале — на массиве Сыум-Кеу с 2000 по 2007 гг. и с 2012 по 2014 гг., на Войкаро-Сыньинском массиве — с 2002 по 2017 гг., на массиве Рай-Из — с 2012 по 2014 гг. На Северном Урале поиски хромитов с 2006 по 2009 гг. проходили на Олыся-Мусюрском массиве. На Южном Урале поисковые работы были проведены в 2012–2014 гг. на Верблюжьегорском и Хабарнинском массивах, в Западной Сибири на Салаире — на Успенском массиве на обломочные хромовые руды в 2008–2011 гг. В Туве на Агардагском массиве поиски хромитов продолжались с 2010 по 2015 гг. Во всех этих работах ВИМС осуществлял либо кураторскую деятельность, либо участвовал в качестве соисполнителя, либо — непосредственного исполнителя. Обобщение результатов этих работ послужило дальнейшей разработке закономерностей локализации хромового оруденения в альпинотипных массивах.

1. ХРОМ В ПРИРОДЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Хромовые руды являются ценным сырьем металлургической, огнеупорной, химической и других отраслей промышленности. По объему потребления в России хромовые руды уступают только железным. Основным их потребителем является металлургическая промышленность — 75–80 %, в меньших объемах — 10–15 % они применяются в химической промышленности, в других отраслях — 3–5 %.

В металлургии хром используется для производства нержавеющей, жаропрочной и кислотоупорной стали. Сталь с содержанием хрома 10 % и более становится нержавеющей. Сплав с содержанием 20–30 % хрома применяется для производства деталей станков и машин, которые выдерживают нагревание до 1000°С. Из сплавов, содержащих хром, изготавливают части конструкций, особенно подверженных коррозии: детали корпусов подводных лодок, оборудование в химической промышленности. Хром широко используется для хромирования металлических и пластмассовых изделий в производстве автомобилей — для предотвращения коррозии и придания декоративного зеркального блеска.

В металлургической промышленности хромовая руда применяется для производства огнеупорного материала, состоящего из смеси хромита — не менее 40 % и обожженного магнезита. Эта смесь служит для выкладки стенок печей и выдерживает температуру более 2000°С.

В химической промышленности соединения хрома используются при изготовлении красок, бихроматов калия и натрия, а также хромовых квасцов для дубления кожи. Многие соединения хрома находят применение в фармацевтике, в радио- и телевизионной аппаратуре, в фотографическом и полиграфическом производстве.

Некоторые соединения хрома, в первую очередь, с валентностью 6+, высоко токсичны, существующие законодательные постановления ограничивают их присутствие в экологической среде.

Хром (Cr, лат. Chromium) — твердый металл голубовато-белого цвета, элемент 6-ой группы 4-го периода Периодической системы химических элементов с атомным номером 24. Его плотность 7,19 г/см^{3,} температура плавления 1903°С, температура кипения 2300°С, в различных соединениях он проявляет валентность от 1+ до 6+. Вместе с Fe, Ti, Ni, V и Mn, хром составляет одно геохимическое семейство. Название хром (с греческого — цвет) элемент получил из-за разнообразия окраски его химических соединений.

Среди 40 природных хромсодержащих минеральных видов единственным промышленным минералом является хромшпинелид. Состав хромшпинелида отвечает общей формуле $(Mg, Fe)^{2+}(Cr, Al, Fe)_2^{3+}O_4$. Возможные вариации содержаний главных компонентов в рудообразующих хромшпинелидах альпинотипных массивов (мас. %): Cr_2O_3 40–65, Al_2O_3 5–30, Fe_2O_3 <5, FeO′ 1–30, MgO 4–20, TiO_2 0,1–1,1. Примесными компонентами являются: ZnO, V_2O_5 (не более 0,3 %); NiO, CoO (не более 0,4 %); MnO (не более 0,7 %). В классификации шпинелей к хромшпинелидам относятся те, в которых содержание Cr_2O_3 превышает первые проценты.

Соответственно составу хромшпинелида выделяются его минеральные разновидности — магнохромит, хромпикотит, алюмохромит и собственно хромит $FeCr_2O_4$ (известен только в метеоритах).

Из других часто встречаемых хромсодержащих минералов можно отметить хромовую слюду — фуксит, хромовый хлорит — киммерерит, хромвезувиан, хромдиопсид, хромтурмалин, хромовый гранат — уваровит. Эти минералы часто сопровождают хромовые руды, но сами по себе промышленного значения не имеют.

Хромшпинелиды кристаллизуются в кубической сингонии, имеют черный цвет. Во вмещающих породах и рудах они образуют изометричные зерна размером от долей мм до 1–3 см. Их особенностью является способность формировать овальные скопления — нодули различных размеров.

В хромовых рудах хромшпинелид образует текстуры различной густоты вкрапленности, по которой хромовые руды делятся на сплошные — более 90 %, густовкрапленные — 70–90 %, средневкрапленные 50–70 %, редковкрапленные 30–50 % и убоговкрапленные менее 30 %.

Качество хромовых руд определяется густотой вкрапленности, составом рудного хромшпинелида, отчасти его размером. По густоте вкрапленности к богатым относятся сплошные и густовкрапленные руды, они используются в промышленности в сыром виде, остальные — после обогащения и получения концентрата хромовой руды. Ценность хромовых руд определяется содержанием Cr_2O_3, отношением Cr_2O_3/FeO' и присутствием вредных примесей: CaO, P_2O_5 и серы. По содержанию Cr_2O_3 руды можно разделить на богатые с содержанием более 45 %, средние — 30–45 % и бедные — менее 30 %. Для использования в металлургической промышленности отношение Cr_2O_3/FeO' должно быть выше 1,4.

По особенностям состава хромшпинелида, определяющими возможности использования руд в различных отраслях промышленности, выделяются следующие типы хромовых руд:

Металлургический — высокохромистые руды, используются также в других отраслях промышленности, потребляющих хромиты.

Химический — среднехромистые руды повышенной глиноземистости и железистости, могут использоваться также в огнеупорной промышленности.

Огнеупорный — высокоглиноземистые, низкохромистые руды.

Требования к качеству хромовых руд устанавливаются для каждого промышленного типа: металлургическая промышленность потребляет руды, содержащие не менее 45 % Cr_2O_3, не более 10 % SiO_2, 0,013 % P_2O_5; химическая промышленность — руды с содержанием не менее 45 % Cr_2O_3, не более 8 % SiO_2, 14,5 % FeO; огнеупорная промышленность — руды, содержащие не менее 45 % Cr_2O_3, не более 8 % SiO_2, 14 % FeO и 1,32 % CaO, а также руды с низкохромистым хромшпинелидом, с содержанием не менее 33 % Cr_2O_3, не более 8,5 % SiO_2 и 2 % CaO [21].

По величине запасов месторождения хромовых руд подразделяются: на мелкие — менее 1 млн т, средние 1–10 млн т, крупные 10–100 млн т, уникальные — более 100 млн т.

Типы месторождений хрома и распределение ресурсов хромовых руд по континентам и странам мира

Месторождения хрома связаны с двумя эндогенными и двумя экзогенными комплексами пород. Магматические представлены горизонтами хромититов в составе стратиформных массивов так называемого бушвельдского типа, и разнообразными по морфологии телами хромитов в составе альпинотипных массивов. Магматические месторождения хромовых руд подразделяются на два промышленных типа: стратиформные, связанные с пластами хромититов в расслоенных (стратиформных)

массивах перидотит-пироксенит-габброноритовой формации, и на альпинотипные в ультрабазитовых массивах офиолитовой формации. Экзогенные месторождения формируются за счёт магматических и представлены элювиально-делювиальными и прибрежно-морскими россыпями, а также месторождениями коры выветривания.

Эндогенные месторождения содержат более 97 % мировых запасов, при этом 86 % заключены в месторождениях стратиформного типа. В настоящее время, в связи с понижением требований к содержанию Cr_2O_3 в рудах, внимание инвесторов привлекают техногенные месторождения — отвалы отработанных и разрабатываемых месторождений.

Самыми крупными ресурсами (запасы+прогнозные ресурсы) обладают стратиформные месторождения Бушвельдского массива в ЮАР (15,5 млрд т) с содержанием Cr_2O_3 в рудах 27–43 % и отношением Cr_2O_3/FeO' 1,4–1,7. Ресурсы стратиформных месторождений Великой Дайки в Зимбабве оценены в 1,1 млрд т с содержанием Cr_2O_3 40 %, с соотношеним Cr_2O_3 /FeO' в рудах 3,9. Ресурсы недавно открытых месторождений в стратиформных массивах Огненного кольца в Канаде оценены в 300 млн т с содержанием Cr_2O_3 37 %. В стратиформных месторождениях массива Кеми в Финляндии разведано 50 млн т запасов и оценено 100 млн т ресурсов с содержанием Cr_2O_3 26 %. Ресурсы стратиформных месторождений Индии оценены в 220 млн т с содержанием Cr_2O_3 44 %. Месторождения Карело-Кольского региона России содержат 200 млн т ресурсов с содержанием Cr_2O_3 23 %, из них разведаны 35 млн т. На Урале разведанные запасы Сарановских месторождений с содержанием Cr_2O_3 37–38 % превышают 10 млн т. В массивах Бразилии — 70 млн т оцененных и 20 млн т разведанных запасов с содержанием Cr_2O_3 22,3 %.

Ресурсы альпинотипных массивов значительно меньше. Уникальные по качеству и объему ресурсов месторождения Казахстана содержат более 300 млн т запасов и около 1 млрд т ресурсов с содержанием Cr_2O_3 40–50 %. Значительными ресурсами обладают Филиппины (163 млн т, Cr_2O_3 26,5 %) и Турция (134 млн т, Cr_2O_3 38 %). Основные ресурсы в альпинотипных массивах России сосредоточены на Полярном Урале и составляют около 15 млн т с содержанием Cr_2O_3 33 %.

Разведанные запасы России на 01.01.2020 г. составляли 50 млн т, а оцененные ресурсы — около 250 млн т. Более ¾ разведанных запасов и ресурсов являются неактивными по технологическим и экономическим причинам. Производство товарных хромовых руд в России в начале 2000–2010-х годах изменялась от 600 до 300 тыс. т в год, при потребляемых объемах 1,0–1,4 млн т. Дефицит покрывался импортом из Турции и Казахстана.

Месторождения стратиформных массивов

Стратиформные массивы и связанные с ними месторождения хрома формировались в период от позднего архея до позднего протерозоя. Максимум их генерации проявился в нижнем протерозое. Локализовались они в кристаллическом фундаменте или осадочном чехле древних платформ (Южно-Африканской, Бразильской, Восточно-Европейской, Северо-Американской). Их размещение контролировалось деструктивными элементами платформ: тектоническими зонами перикратонных прогибов (массивы Бушвельд, ЮАР; Бураковско-Аганозерский, Россия), краевыми зонами зеленокаменных поясов (массив Кеми в Финляндии), интракратонными рифтогенными разломами (массивы Великая Дайка в Зимбабве, Маскокс в Канаде). Самые крупные из них подверглись в позднем протерозое лишь незначительной тектонизации, более мелкие были разбиты на блоки с крутым залеганием.

Стратиформные массивы образовывались в результате внедрения и дифференциации часто гигантских порций магмы толеитового состава, при остывании которой образовывались лополиты с внутренней слоистой структурой, с падением основности пород снизу вверх по разрезу. В обобщённом разрезе выделяются: базальная зона дунитов-перидотитов-пироксенитов, критическая зона пироксенитов, анортозитов, норитов; верхняя зона габбро-диоритов.

Интрузивы достигают гигантских размеров. Бушвельдский массив имеет площадь 65 тыс. км^2, мощность 7,5 км, длина Великой Дайки составляет 500 км при ширине 5–15 км, её глубина оценивается в 15 км.

Горизонты хромититов локализуются в базальной или критической зонах на границе пород разного или внутри однородного состава. Количество горизонтов хромититов специфично для каждого массива и изменяется от единиц (Бураковско-Аганозерский) до 27–31 (Бушвельд, Великая Дайка). Мощность пластов обычно составляет сантиметры -первые дециметры, максимальная — 2,0–3,5 м, в Сарановском массиве на Урале достигает 12 м. Протяжённость пластов может составлять сотни километров. Отдельные пласты содержат уникальные запасы. Стилпортский пласт Бушвельда мощностью около 1,4 м и протяжённостью 77 км содержит около 500 млн т хромовых руд [11].

Руды стратиформных массивов обладают мелкозернистой структурой — размер рудного хромшпинелида изменяетя от микронного до долей мм и лишь изредка достигает 1–2 мм. Состав хромшпинелида зависит от состава вмещающих пород: при общей повышенной железистости высокохромистые-низкоглинозёмистые руды характерны для перидотитов, высокоглинозёмистые-низкохромистые — для анортозитов и габброноритов. В большинстве разрабатываемых месторождений мира содержание Cr_2O_3 в рудах составляет 37–39 %, в месторождениях Карело-Кольского региона России — 22–25 %.

Попутными компонентами хромовых руд стратиформного типа являются элементы платиновой группы. Повышенные концентрации платиноидов до нескольких грамм на тонну могут содержать как промышленные, так и непромышленные горизонты хромититов.

Месторождения альпинотипных массивов

Хромитоносные альпинотипные массивы получили своё наименование по широкому распространению в альпийском орогенном поясе. Известны они с позднего протерозоя. Самые крупные месторождения связаны с крупными (до многих сотен квадратных километров) массивами в позднекаледонских орогенных структурах.

Хромитоносные альпинотипные массивы представляют собой блоки-фрагменты офиолитового разреза, сформированного в антиформных рифтовых структурах океанического ложа. При вхождении в орогенные структуры в виде протрузивных блок-массивов в них, в зависимости от тектонической обстановки и размера массива, сохраняются с различной полнотой фрагменты офиолитового разреза. В офиолитовом разрезе хромовое оруденение размещается в верхней прикровельной части мантийных перидотитов, в полосчатом переходном комплексе от мантийных перидотитов к коровым габброидам, в крайне редких случаях в виде незначительнх рудопроявлений в основании коровых габброидов. Во всех этих позициях хромовое оруденение связано с эпигенетическими по отношению к вмещающим породам дунитами *(рис. 1)*.

В обобщённом разрезе альпинотипного массива снизу вверх выделяются: мантийные перидотиты, переходный дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый (ДВКГ) комплекс, отвечающий примерному положению границы Мохо, коровые образования в виде полосчатого и массивного габбро, комплекса параллельных диабазовых даек

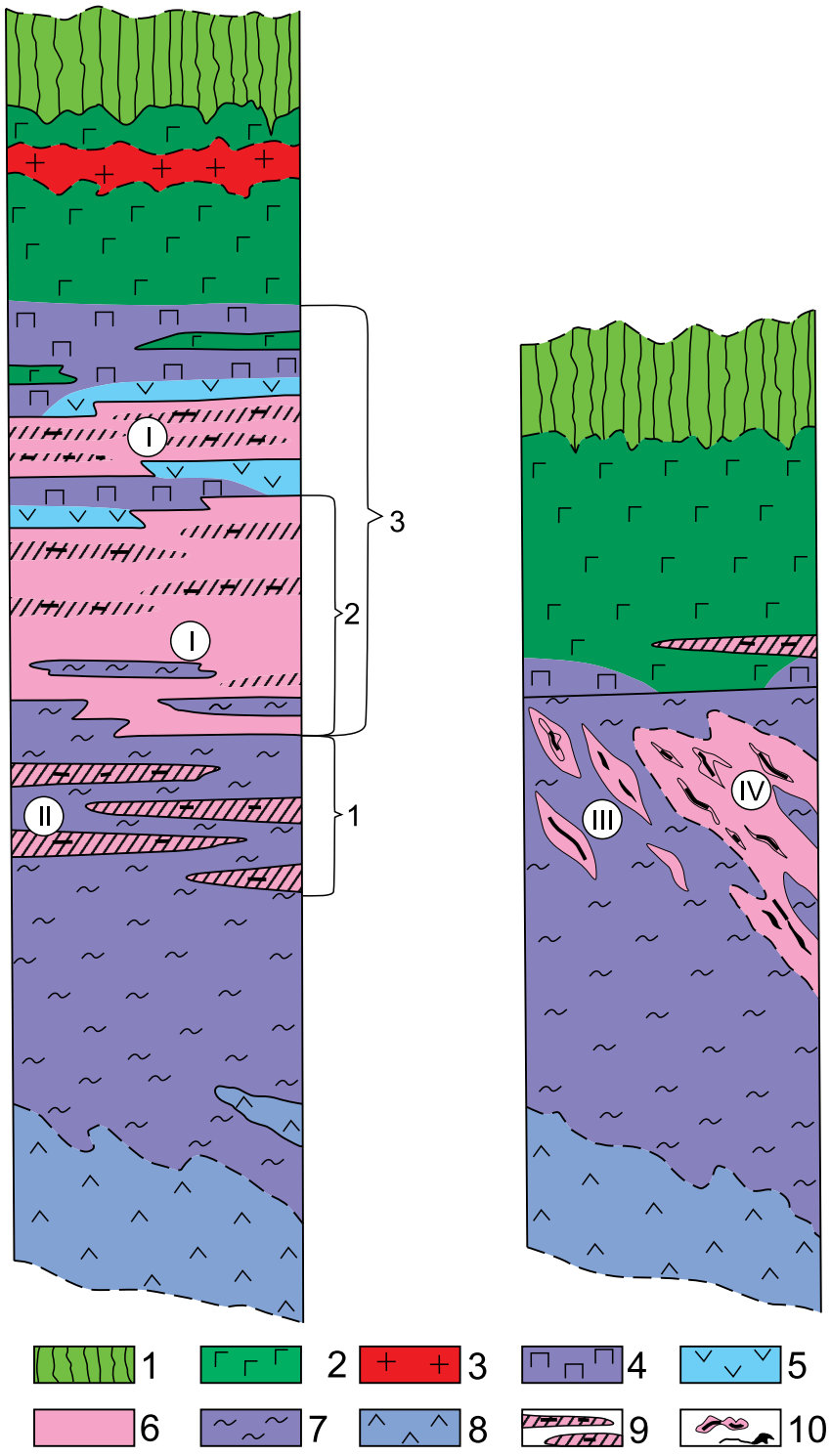


Рис. 1. Принципиальные колонки-схемы со структурными вариантами размещения типов месторождений хромовых руд в офиолитовом разрезе:

1 — комплекс параллельных диабазовых даек; **2** — полосчатое и массивное габбро; **3** — диориты, плагиограниты; **4** — пироксениты; **5** — верлиты; **6** — дуниты; **7** — гарцбургиты; **8** — лерцолиты; **9** — рудные тела бедновкрапленных руд с шлирами и линзами средне- и густовкрапленных, **10** — рудные тела. Цифры на колонках: **1** — зона близкраевых дунитов; **2** — зона краевых дунитов; **3** — зона пород дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового (ДВКГ) комплекса. **I** — месторождения в дунитах ДВКГ комплекса; **II** — месторождения в близкраевых дунитах; **III** — месторождения в дунитах гарцбургитового комплекса; **IV** — месторождения в дунитах дунит-гарцбургитового комплекса

и залегающих выше базальтов. В составе преобладающих в массивах перидотитов выделяются: лерцолиты, гарцбургиты с различным содержанием ортопироксена (истощённые и неистощённые, граница между которыми определяется, примерно, по содержанию ортопироксена в 20 %), эпигенетические по отношению к этим породам дуниты и дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый (ДВКГ) комплекс, в нижней части которого располагаются так называемые краевые дуниты, а в верхней — эти же дуниты в виде линзовидно-полосчатого чередования переслаиваются с верлитами, пироксенитами и вышезалегающими габброидами.

По особенностям состава перидотитов и насыщенности дунитами, эпигенетическими по отношению к вмещающим перидотитам выделяются структурно-вещественные комплексы (СВК): лерцолит-гарцбургитовый, в состав которого входят: массивные или полосчатые неистощенные гарцбургиты с фрагментами лерцолитов; гарцбургитовый, с неистощенными гарцбургитами и сетью линейных, жилообразных и линзовидных тел дунитов; дунит-гарцбургитовый, представленный истощенными гарцбургитами с сетчато-полосчатыми и линзовидными телами дунитов; дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый (ДВКГ). Размеры и объем тел дунитов в целом возрастают от лерцолит-гарцбургитового комплекса к ДВКГ СВК.

Распределение перидотитов в каждом массиве специфично и определяется морфологией рифтовой структуры океанического ложа, структурой и размером антиформы, образуемой мантийным диапиром, интенсивностью процессов деплетирования, обычно наиболее интенсивно происходящих в краевых частях антиформы. В результате в массивах с двумя или несколькими структурно-вещественными комплексами центральную часть слагают СВК с наименее деплетированными перидотитами (лерцолитовый или гарцбургитовый), а краевые части — последовательно дунит-гарцбургитовый и дунит-верлит-клинопитоксенит-габбровый, что особенно хорошо проявлено на массивах Полярного Урала, на массивах Ключевской и Верх-Нейвинский на Среднем Урале, на массивах Нурали и Средний Крака на Южном Урале.

Породы ДВКГ комплекса всегда залегают в краевых частях массивов, а краевые дуниты контактируют с дунит-гарцбургитовым или гарцбургитовым комплексом массива. В конкретном массиве размещение пород ДВКГ СВК имеет свой структурный рисунок, определяемый размерами и подъемом антиформной структуры и величиной последующих эрозионных процессов.

На Войкаро-Сыньинском массиве Полярного Урала породы ДВКГ комплекса в виде протяженных полос наблюдаются в средней и южной частях массива по восточному и западному краям центрального гарцбургитового ядра массива, при этом разрез ДВКГ комплекса на восточном крае массива обращен на восток, а на западном — на запад. В Верхне-Тагильском массиве породы ДВКГ СВК полностью перекрывают гарцбургиты. За счет эрозионных процессов в центре массива вскрываются краевые дуниты, а в краевых частях — верлиты, пироксениты, габбро верхних частей разреза ДВКГ СВК. В Верх-Нейвинском массиве краевые дуниты и вышезалегающие породы ДВКГ СВК образуют широкие поля вокруг гарцбургитов центральной части массива. В овальной куполовидной структуре массива Средний Крака центральную часть массива занимают лерцолиты, юго-западную краевую часть — последовательно гарцбургиты, породы ДВКГ комплекса и габброиды.

Соотношение гарцбургитового и дунит-гарцбургитового СВК иногда имеет сложный характер, участки пород одного комплекса проникают в поле развития другого, что отражается на составе рудного хромшпинелида — высокохромистого в дунитах дунит-гарцбургитового СВК и глиноземистого — в дунитах гарцбургитового СВК (при

равенстве состава дунитов). Такая ситуация наблюдается на востоке Хадатинского блока массива Сыум-Кеу.

Количество и размеры дунитовых обособлений в ультрабазитовых массивах возрастают коррелятивно со степенью деплетирования перидотитов — от лерцолитов, где небольшие тела дунитов встречаются крайне редко, к истощенным гарцбургитам, где крупные массы дунитов в виде линз и штокообразных тел пронизывают и замещают гарцбургиты. Однако самые крупные массы дунитов отмечаются в составе ДВКГ комплекса, что обусловлено своеобразной тектонической зоной, проходящей между мантийными перидотитами и коровыми габброидами. Влияние этой зоны распространяется и на верхнюю часть разреза перидотитов, где наиболее часто наблюдается их высокая деплетированность в виде истощенных гарцбургитов с высоким содержанием дунитовых тел, и на нижнюю часть разреза габброидов, где изредка отмечаются тела дунитов.

В настоящее время не установлено различие в составе дунитов различных структурно-вещественных комплексов альпинотипных массивов. Повышение железистости оливина по разрезу дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса можно объяснить влиянием залегающих выше габброидов. Не установлено и какой-либо этапности в формировании хромитоносных дунитов.

Хромовое оруденение альпинотипных массивов пространственно и генетически тесно связано с дунитами. Последние — однотипные по составу и морфологии как с хромовым оруденением, так и без него, образуют различные по морфологии и размерам эпигенетические тела по отношению к вмещающим перидотитам. Безрудные дуниты распространены значительно шире, чем вмещающие хромитовое оруденение, что осложняет поиски хромовых руд.

Размещение дунитов и рудных тел хромитов внутри них (обычно согласное с залеганием дунитов), в отличие от большинства рудных полезных ископаемых, не контролируется разрывными структурами, но часто соподчиняется полосчатой текстуре перидотитов. В большинстве массивов дуниты тяготеют к краевым частям массивов. В целом, отмечается субпараллельное размещение рудоносных дунитов краевым частям массивов. Часто залегание дунитов и рудных тел соподчинено полосчатой текстуре гарцбургитов по простиранию, но несогласно по падению. Для рудных тел в общем характерна линзовидная (подиформная) форма рудных тел, но часто морфология рудных тел внутри дунитов чрезвычайно сложная, с извилистыми границами, изменчивой мощностью, в виде линз и трубообразных тел, встречаются разветвляющиеся тела. Сближенные линзо-пластообразные рудные тела часто образуют рудные зоны. Рудные тела с рудами различной густоты вкрапленности обладают как резкими, так и постепенными границами через зоны пониженной вкрапленности с вмещающими их дунитами. Преобладают крутопадающие рудные тела. Относительно пологое залегание рудных тел на Южно-Кемпирсайских месторождениях, вероятно, обусловлено влиянием перекрывающих габброидов, в настоящее время эродированных.

В структурном положении хромового оруденения в альпинотипных массивах можно выделить четыре основные позиции (типы месторождений), в каждой из которых хромиты характеризуются особенностями морфологии рудных тел, составом рудного хромшпинелида, средним содержанием Cr_2O_3 в рудах, размерами месторождений, связями с дунитами, обладающими определенной морфологией [13] *(рис. 1)*.

В **первой позиции,** в ДВКГ комплексе, хромовое оруденение встречается на локальных, иногда достаточно протяженных участках, как в краевых дунитах, так и в дунитах зоны переслаивания с верлитами и пироксенитами. В Хабарнинском массиве хромовое оруденение установлено в обеих частях разреза ДВКГ СВК.

Месторождения и рудопроявления ДВКГ СВК, в виде жило-линзо-пластообразных сближенных рудных тел, образуют залежи убогих руд, согласных с залеганием вмещающих дунитов. Протяженность многие сотни метров, ширина — десятки, реже первые сотни метров, мощность — от 1 до 15 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 7–9 % до 15–17 %, среди них встречаются шлиры и линзы среднегустовкрапленных руд с содержанием Cr_2O_3 до 30 % и более. Рудный хромшпинелид высокохромистый тонкозернистый повышенной железистости. Ресурсы наиболее крупных месторождений достигают нескольких сотен тысяч тонн с содержанием Cr_2O_3 13–17 %. В 20-х — 30-х годах 20-го века на Урале активно разрабатывались карьерами линзы богатых руд, размещенных среди преобладающих убогих руд. И убогие и богатые руды в этом типе месторождений являются высокохромистыми с содержанием в рудном хромшпинелиде Cr_2O_3 57–61 %, Al_2O_3 8,5–12,0 %.

Вторая позиция. Характерными чертами строения рудных объектов этого типа являются: структурное положение крупных уплощенно-линзовидных тел хромитоносных дунитов в краевой части ультрабазитовых массивов; их ориентация субпараллельна границе массива, морфология рудных залежей, состав, структура и текстура руд в данных дунитах аналогичны хромовым рудам в дунитах ДВКГ комплекса, условное наименование этих тел дунитов и месторождений в них — **близкраевые.** Длина тел дунитов достигает первых километров, мощность — сотен метров. Обычно дуниты размещаются среди гарцбургитов дунит-гарцбургитового комплекса.

Запасы месторождений данного типа содержат от десятков до первых сотен тысяч тонн. Руды высокохромистые. Содержание Cr_2O_3 в рудах 10–20 %, в рудном хромшпинелиде от 51 до 60 %, Al_2O_3 6,5–12,0 %.

Третья позиция — месторождения в телах дунитов среди неистощённых гарцбургитов (гарцбургитовый СВК). Дуниты в этом случае наиболее часто слагают маломощную (десятки см — первые метры) дунитовую оторочку рудных тел, реже тела дунитов достигают протяженности первых сотен метров при мощности в десятки метров. Этот тип месторождений наиболее широко проявлен в альпинотипных массивах Урала (Алапаевском, Первомайском, Верблюжьегорском, Войкаро-Сыньинском, Ключевском и др.). Для основной массы этих рудопроявлений и месторождений характерны единичные рудные тела или 2–3 сближенных рудных тела линзовидной или столбообразной формы, длиной в первые десятки метров и мощностью от 0,5 до 6–13 м. В то же время, встречаются месторождения, где длина рудных тел достигает первых сотен метров при мощности 5–13 м. Для большинства рудных тел характерно крутое падение, однако в редких случаях встречается и пологое (Верблюжьегорский массив). В данном типе месторождений, наряду с линзообразными рудными телами, широко проявлены столбообразные и тела сложных форм.

Для месторождений данного типа характерны глинозёмистые руды. Содержание Cr_2O_3 в хромшпинели 39–48 %, Al_2O_3 20–28 %. Содержание Cr_2O_3 в рудах 20–37 %, в относительно крупных месторождениях до 40–46 %. Ресурсы хромовых руд месторождений данного типа представляют от единиц до первых сотен тыс. т (месторождение 10а Верблюжьегорского массива, Лекхойлинское I-е Войкаро-Сыньинского и др.).

Четвертая позиция. Самые крупные месторождения хромовых руд альпинотипных массивов связаны с крупными штокообразными телами дунитов, располагающимися среди обширных площадей истощённых гарцбургитов дунит-гарцбургитового СВК. Уникальные в мировом масштабе по размерам рудных тел, качеству руд и запасам являются месторождения Кемпирсайского массива на Южном Урале в Казахстане. В пределах юго-восточного блока массива площадью около 350 км^2 (Главное рудное поле)

расположены два участка размером 21 и 44 км^2, интенсивно насыщенные рудоносными дунитами, сложенные не только дунитами, но и линзами, полосами (до 30–40 %), гарцбургитов, энстатитовых дунитов. Однако во всех случаях хромовые руды локализуются только в дунитах. Эти участки примерно поровну включают 7 крупных, 10 средних и большое количество мелких месторождений, суммарные запасы которых превышают 400 млн т со средним содержанием Cr_2O_3 37–50 %. В сплошных и густовкрапленных рудах содержание Cr_2O_3 достигает 50–58 %. Рудообразующие хромшпинелиды Главного рудного поля, представленные магнохромитом, характеризуются высоким содержанием хрома и сравнительно небольшими колебаниями в содержании основных окислов и других компонентов . Хромшпинелиды в наиболее крупных месторождениях несколько более высокохромисты, чем в мелких. Содержание Cr_2O_3 в крупных — 60–64 %, тогда как в хромшпинелидах мелких — 59–62 %. Содержание Al_2O_3 в хромшпинелидах изменяется в границах 5,8–12,9 %.

Размеры рудных тел варьируют в широких пределах — от нескольких десятков метров до 1,5 км по протяжённости и мощности — от нескольких метров до 180 м. Морфология рудных залежей сложная как в плане, так и в разрезе. Обычно они представляют собой сложную комбинацию линзообразных, столбообразных и жилообразных тел со сложными окончаниями. Руды характеризуются большим разнообразием текстур и структур, часто отмечаются нодулярные руды.

Конкретный ультрабазитовый массив может содержать месторождения разных типов. На юге Кемпирсайского массива расположены крупные месторождения с высокохромистыми рудами в дунитах дунит-гарцбургитового комплекса, на севере в Батамшинском блоке — мелкие месторождения с глиноземистыми рудами в дунитах гарцбургитового комплекса. В строении Ключевского массива на юге мощно проявлен ДВКГ комплекс с большим объемом бедных и убогих высокохромистых руд, на северо-востоке незначительно развит дунит-гарцбургитовый комплекс с мелкими рудопроявлениями высокохромистых руд, на западе массива в дунитах гарцбургитового комплекса расположены мелкие месторождения с глиноземистыми рудами. Во всех случаях складывается впечатление об одноэтапном формировании разных типов хромового оруденения. Наложение или пересечение одного типа руд другим нигде не отмечено.

Все четыре типа месторождений и рудопроявлений отчетливо проявлены на ультрабазитовых массивах Полярного Урала. Рудопроявления первого типа установлены в краевых дунитах блока Няропэ массива Сыум-Кеу, в Хойлинском и Лаптапайском блоках Войкаро-Сыньинского массива, в Синотвожском блоке Олыся-Мусюрского массива. На Среднем и Южном Урале этот тип месторождений проявлен в Алапаевском, Верхне-Тагильском, Первомайском, Верх-Нейвинском, Ключевском, Нуралинском и Хабарнинском массивах.

Рудопроявления и месторождения второго типа (в близкраевых дунитах) характерны для массивов Полярного Урала и практически неизвестны на Среднем и Южном Урале. На массиве Сыум-Кеу к этому типу относятся практически все рудопроявления Хадатинского блока с высокохромистыми рудами; на массиве Рай-Из это месторождения, расположенные к востоку от Полойшорского разлома; на Войкаро-Сыньинском массиве — рудопроявления Юньягинские, Кечпельские I и II в Пайерском блоке массива, Софроновское IV в Хойлинском блоке, в Лаптапайском блоке — Лаптапайские IV, II, III, 238. На Южном и Среднем Урале к этому типу можно отнести месторождение Курмановское и рудопроявление Вкрапленное в Алапаевском массиве, рудопроявления массива Средний Крака.

Рудопроявления и месторождения третьего типа чрезвычайно широко распространены в ультрабазитовых массивах всего Урала. На Полярном Урале они образуют цепочку крупных рудопроявлений по юго-восточному краю Войкаро-Сыньинского массива, а на северо-западе массива в краевой части Погурейского блока расположены два крупных рудопроявления — Верхне-Погурейское и Южно-Погурейское. На Среднем и Южном Урале месторождения и рудопроявления этого типа развиты на Алапаевском, Первомайском, Уфалейском и Верблюжьегорском массивах, группа мелких месторождений расположена в Батамшинском блоке Кемпирсайского массива.

Месторождения четвертого типа на Урале достаточно редки, но с ними связаны месторождения с наиболее выкокачественными рудами и крупными и уникальными запасами — это месторождения юга массива Рай-Из и Юго-Восточного рудного поля Кемпирсайского массива. К этому же типу (подтипу) относятся мелкие месторождения Халиловского массива, Южного Крака и Аккаргинского.

Хромовые руды всех перечисленных типов месторождений содержат микронные (1–100) включения платиноидов. Суммарное содержание ЭПГ изменяется от 50 до 700 мг/т и более. Наиболее высокие содержания (от 470 до 712 мг/т) фиксируются в богатых рудах крупных месторождений Кемпирсайского типа [5].

Густовкрапленные руды в гарцбургитах содержат 180 мг/т (участок Кершор Войкаро-Сыньинского массива), густовкрапленные руды в краевых дунитах Верх-Нейвинского массив — от 123 до 201 мг/т. Близкими содержаниями платиноидов (94–337 мг/т) обладают руды близкраевых дунитов Курмановского месторождения Алапаевского массива. Во всех этих рудах осмий-иридий-рутениевая ассоциация по своим содержаниям значительно превосходит платино-палладиевую [6]. В настоящее время платиноиды из хромовых руд альпинотипных массивов не извлекаются по технологическим причинам.

Хромовое оруденение известно и в платиноносных массивах урал-аляскинского типа, где оно отмечается в виде очень небольших линзовидных и столбообразных крутопадающих рудных тел и шлиров, с которыми и связаны наиболее значительные концентрации платиноидов. Вмещающие дуниты и окружающие их верлиты, клинопироксениты и габбро чрезвычайно близки по набору к породам ДВКГ комплекса альпинотипных массивов.

Россыпные месторождения

Хромитоносные россыпи формируются за счёт разрушения эндогенных хромитовых месторождений. По условиям образования они подразделяются на элювиально-делювиальные, аллювиальные, прибрежно-морские. Элювиально-делювиальные россыпи служат основным поисковым признаком коренных месторождений хромовых руд. Все месторождения Урала, включая и уникальные месторождения Кемпирсайского массива, выявлены по элювиально-делювиальным обломочным образованиям. Формируются они в условиях низко-среднегорного рельефа. Иногда они образуют значительные скопления и представляют самостоятельный промышленный интерес. В России они установлены в различных районах Урала. В Пермской области разрабатывается Сарановская группа из восьми россыпей. Длина россыпей достигает 1300 м ширина 500 м. Размер обломков — от нескольких см до 1,0 м, преобладают 0,3–0,4 м. Мощность рудоносного горизонта — от 0,3 до 1,5 м. Мощность вскрыши 0–0,6 м. Запасы отдельных россыпей — от первых десятков до 127 тыс.т. Выход руды по отдельным россыпям от 0,5 до 2,2 т/м^3 при содержании Cr_2O_3 36–39 %. На Салаире, на Успенском участке одноименного массива, установлена группа сближенных россыпей

с общими ресурсами 8,5 тыс. т, с выходом рудных обломков 160–250 кг/м^3, содержанием Cr_2O_3 в них 46,56–55,06 %; мощность вскрыши составляет 0,5–12,8 м.

Элювиально-делювиальные россыпи Великой Дайки в Зимбабве занимают площадь 77 км^2. Мощность рудного горизонта — 3–107 см, в котором зёрна хромита размером 3 мм составляют 3–35 %. При средних параметрах содержания хромита 15 %, мощности рудного горизонта в 45 см и выходе хромита 0,12–0,26 т/м^3 запасы россыпи оценены в 55 млн т.

Прибрежно-морские россыпи известны в Бразилии, Новой Каледонии, Канаде, США. Россыпи — пляжные пески имеют длину сотни метров — первые километры, ширину первые десятки метров, мощность до первых метров. Среднее содержание Cr_2O_3 в россыпях от 1,5 до 6,0 %, ресурсы отдельных месторождений от 150 тыс. т до 1,5 млн т.

Месторождения коры выветривания

Образование хромитовых месторождений коры выветривания связано с процессами гипергенного изменения руд эндогенных месторождений. Среди них выделяются два типа: хромитовые сапролиты (рыхлые и порошковатые руды), комплексные хромитсодержащие латериты — силикатно-никелевые, бокситовые, железистые.

Хромитовые сапролиты отрабатывались на стратиформном месторождении Кампо-Формозу в Бразилии. Запасы таких месторождений достигают нескольких миллионов тонн. Кемпирсайское месторождение Алмаз-Жемчужина содержало 4,7 млн т рыхлых и порошковатых руд, более мелкие — от 150 до 500 тыс. т. Состав рыхлых руд может отличаться от коренных как лучшим качеством, когда проявлен лишь вынос цемента, так и более низким, когда развито химическое выветривание, ведущее к росту железистости рудного хромшпинелида.

Хромсодержащие латериты широко развиты в гумидном поясе Земли — в Индии, Вьетнаме, Бразилии, на Филиппинах, в Австралии. Содержание Cr_2O_3 в этих рудах — от десятых долей процента до 3–5 %, ресурсы — от нескольких сотен тыс. т до 123 млн т (Филиппины).

В России комплексные хромитсодержащие латериты, связанные с предъюрской эпохой корообразования, расположены в Орско-Халиловском железорудном районе. В Аккермановском месторождении с общими запасами гидрогётитовых и сидеритовых руд 275 млн т содержание хрома составляет 1,32 % в гидрогётитовых и 1,81 % в сидеритовых рудах. На Серовском месторождении Свердловской области в бобово-конгломератовых рудах с запасами железных руд в количестве 484 млн т с содержанием железа 36,4 %, содержание Cr_2O_3 составляет 1,69 %. Хром на этих месторождениях рассматривается как природнолегирующий компонент при выплавке чугуна и стали [32].

2. ХРОМИТОНОСНЫЕ ПРОВИНЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

На территории России развиты все описанные выше типы месторождений. По региональной геотектонической позиции хромитоносные массивы и связанные с ними месторождения хромитов объединены в металлогенические провинции: 1. Карело-Кольскую, расположенную в восточной части Балтийского щита, здесь развиты месторождения, связанные со стратиформными массивами нижнего протерозоя; 2. Полярно-Уральскую; 3. Средне-Южно-Уральскую с преобладающими месторождениями в альпинотипных массивах позднекаледонского возраста; эти две (по существу единая провинция) разделены протяженной полосой платиноносных массивов урал-аляскинского типа; 4. Алтае-Саянскую, охватывающую территории орогенных систем верхнего протерозоя-нижнего кембрия — Салаира, Кузнецкого Алатау, Алтая, Западного и Восточного Саяна, Тувы, Енисейского Кряжа и Восточного Забайкалья; все проявления хромитов на этих территориях связаны с альпинотипными массивами; 5. Корякско-Чукотскую с проявлениями хромитов в альпинотипных массивах среднего-верхнего мезозоя. Рудопроявления хромитов установлены также на некоторых массивах Камчатки и Сахалина.

2.1. Карело-Кольская провинция

На Кольском полуострове месторождения и рудопроявления хромовых руд располагаются в расслоенных массивах Имандро-Варзугской рифтовой структуры: месторождение Сопчеозерское — в дунитовом блоке Мончегорского массива, месторождение Большая Варака и большая группа проявлений — в тектонических блоках Имандровской интрузии Умбареченского комплекса. На юго-западе полуострова пласты хромититов установлены в массиве Падос-Тундра Нотозерского серпентинитового пояса.

В Карелии стратиформные массивы раннепротерозойского возраста, включая и хромитоносный Бураковско-Аганозерский с Аганозерским и Шалозерским месторождениями, контролируются субширотными разломами — ортогональными северо-западным структурам породных комплексов региона.

Сопчеозерское месторождение

Сопчеозерское месторождение расположено на территории Мончегорского района Мурманской области, в 4 км от г. Мончегорск и в 3 км к югу от промплощадки ОАО «Комбинат Североникель». В районе месторождения развит морено-грядовый рельеф с абсолютными отметками 170–370 м. Мощность четвертичных отложений достигает 30 м. Месторождение выявлено в результате проведенных в 1994 г. поисковых работ; в 1995–1999 гг. на месторождении проведены поисковые и поисково-оценочные работы, в 1999–2002 гг. — оценочные и разведочные [61, 168].

Месторождение расположено на юго-западе Мончегорского плутона (на сопряжении по разлому Мончегорского и Мончетундровского массивов) в дунитовом блоке северо-западного простирания сложной в плане формы размером 1500×3000 м. В пределах месторождения проявлена зональность, которая выражается в изменении состава рудовмещающих пород с северо-запада на юго-восток. С глубиной состав рудовмещающих пород изменяется от плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых дунитов и плагиогарцбургитов к пироксеновым дунитам и затем к дунитам. На юго-западе дунитовый блок ограничен Мончетундровским разломом. С юго-востока дуниты ограничены меридиональным разломом *(рис. 2)*.

Пластообразная залежь хромитов приурочена к юго-западной части дунитового блока, к широкой зоне разлома, насыщенной продольными дайками габброидов. Залежь вытянута в северо-западном направлении и падает на юго-восток под углом 20–22°. Строение месторождения осложнено серией разрывных нарушений ЗСЗ направления, которые разбивают дуниты на несколько тектонических блоков с амплитудой смещения от нескольких метров до первых сотен метров. На севере и востоке дуниты граничат с ортопироксенитами и гарцбургитами, на юго-западе — по разлому с габбро Мончетундровского массива. Мощность дунитов нарастает по направлению к разлому от 0–100 м до 700 м. Ниже дунитов залегают нориты мощностью от 25 до 65 м, под ними ортопироксениты мощностью 400–600 м, еще ниже вскрыты гарцбургиты. Контакт дунитов с нижележащими породами резкий с падением 15–20° на юго-запад.

На месторождении широко развиты дайки микрогаббро-микрогранитов,феррородолеритов-ферропикритов.

Месторождение представляет собой пологопадающую линзовидно-пластовую залежь хромититов, проекция которой в плане имеет вид полосы длиной 1100 и шириной от 160 до 220–240 м. Залежь имеет южное падение 20–30° и юго-восточное склонение. Вертикльная мощность в верхней части 3–10 м, на глубине 30–34 м. По разлому северо-восточное крыло залежи было поднято и эродировано. Глубина залегания хромититов — от 10,5 м в северо-западной части до 309 м на юго-востоке.

Внутреннее строение залежи представляет собой линзовидно-слоистое переслаивание богатых, рядовых и бедных руд с отсутствием корреляции даже между соседними скважинами. Руды обладают массивной, пятнистой, полосчатой и пятнисто-полосчатой текстурой. Контуры рудной залежи и отдельных рудных тел внутри нее определяются только опробованием. Установлено увеличение ее мощности с глубиной в юго-восточном направлении. На западном фланге рудная залежь представляет собой одно рудное тело, на восточном она разветвляется на два или реже три рудных пласта, разделенных безрудными участками. На месторождении 5 рудных тел и залежей. Главная залежь включает рудные тела А, Б, В, Г и Г2. В юго-восточной части залежь разобщается на несколько самостоятельных рудных тел. Глубина залегания рудных тел 10,5–360 м. По сложности геологического строения месторождение относится ко второй группе.

Выделяются три типа руд: богатые густовкрапленные и сплошные с содержанием хромита более 60 % (содержание Cr_2O_3 в руде >30 %); рядовые с содержанием хромита 20–60 % (Cr_2O_3 > 10–30 %); убогие с содержанием хромита < 20 %; (Cr_2O_3 6–10 %). Богатые руды составляют в среднем 33 % от объема руды, рядовые 62,5 %, убогие 4,5 %. В богатых рудах содержание Cr_2O_3 изменяется от 30,11% до 52,87 %, составляя в среднем 38,76 %; в рядовых — 10,2–29,72 %, в среднем 16,65 %; в убогих 5,91–9,47 %. Отношение Cr_2O_3/FeO'в среднем 2,22. Убогие и редковкрапленные руды залегают в кровле и подошве рудных пластов и линз, густовкрапленные — в центральной части. Состав хромшпинелида руд незначительно изменяется в

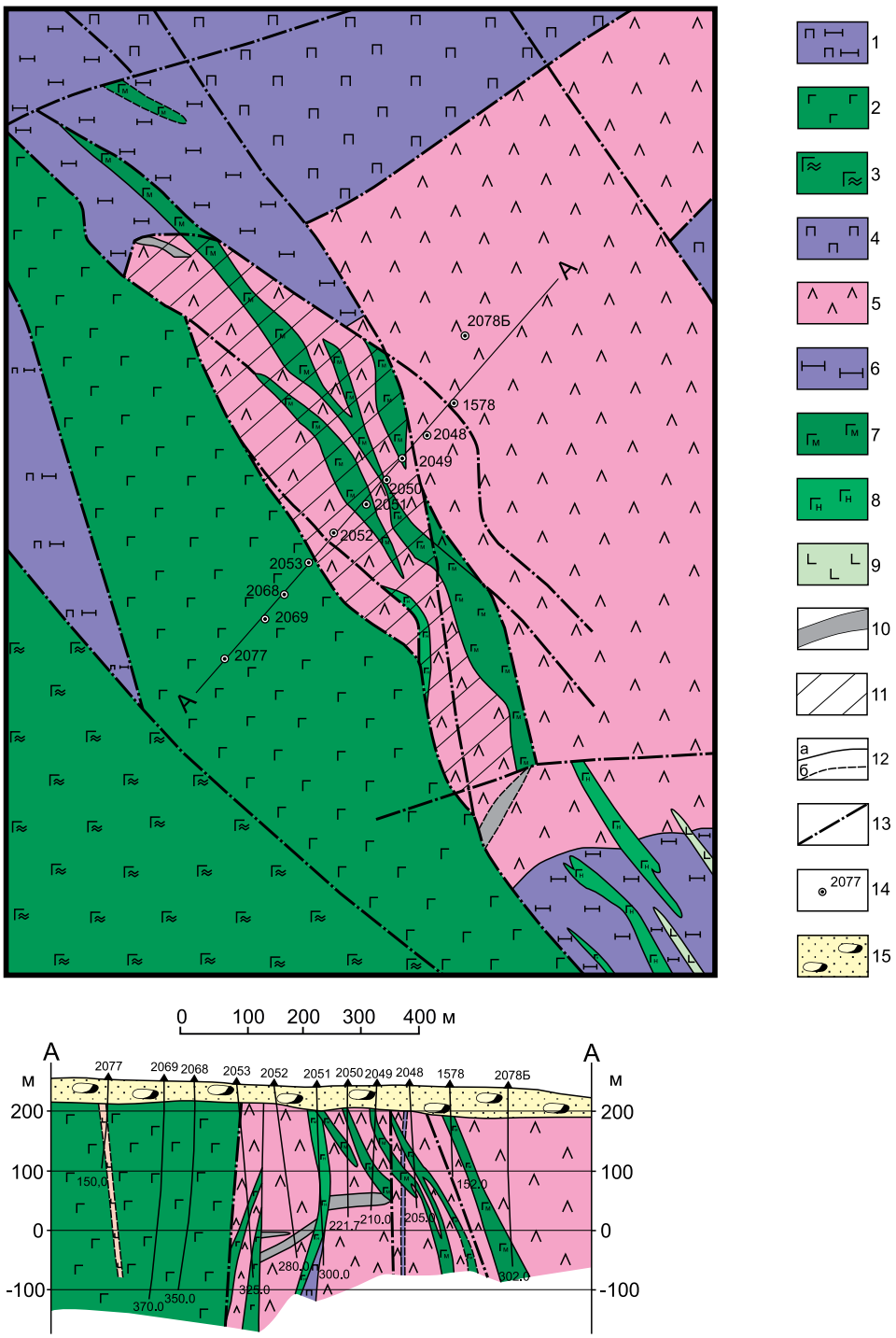


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Сопчеозерского месторождения (Сохарев В.А., Костюк Ю.В. ОАО «Норникель», 2005 г.):

Породы Мончетундровского массива 1–3: **1** — переслаивание перидотитов и пироксенитов; **2** — габбро крупнозернистое; **3** — метагабброиды. Породы Мончегорского массива: **4** — пироксениты. Породы Дунитового блока 5–10: **5** — дуниты; **6** — перидотиты; **7** — габбро мелкозернистое; **8** — габбронориты; **9** — диабазы; **10** — хромовые руды, выходящие под морену, и на разрезе; **11** — проекция рудной залежи на поверхность; **12** — геологические границы: а) установленные, б) предполагаемые; **13** — тектонические нарушения; **14** — скважины и их номера; **15** — отложения ледниковой морены (на разрезе)

зависимости от густоты вкрапленности (масс. %): Cr_2O_3 – 54,87–56,07; Al_2O_3 – 10,91–12,20; FeO' – 15,74–18,95; MgO – 9,46–14,22; TiO_2 – 0,23–0,26, NiO – 0,15–0,16. Среднее содержание в рудах: CaO – 0,56–0,71 %, P_2O_5 – 0,01–0,03 %, S – 0,08–0,14 %. Отношение Cr_2O_3 / FeO' возрастает от убогой руды к густовкрапленной с 2,0 до 3,4. Главными минералами руд являются оливин и хромшпинелид (размер 0,05–1,2 мм), они составляют до 90–95 %, второстепенные минералы (5–10 %): ортопироксен, серпентин, хлорит, карбонат, тальк, амфиболы, плагиоклаз, магнетит, ильменит. Выделяются две разновидности хромовых руд, отличающихся по составу силикатной части: форстерит-хромитовые и серпентин-хромитовые. Сульфиды являются постоянной примесью в серпентинизированных хромовых рудах. Их количество не более 0,1–0,5 %. Они присутствуют в виде тонкой (<0,2 мм) пылевидной вкрапленности в серпентиновых агрегатах. Их состав: хизлевудит, пентландит, изредка пирротин, халькопирит, самородная медь.

Платиноиды в хромовых рудах имеют осмий-рутенивую специализацию, средние содержания составляют (г/т): Os 0,26, Ru 0,06 (0,02–0,24), Ir, Pt, Pd, Au – все по 0,005, Ag 0,42. Извлечение платиноидов экономически невыгодно, при обогащении руд попутного извлечения не происходит [34]. По состоянию на 01.01.2005 г. ГКЗ утвердила запасы хромовых руд на месторождении Сопчеозерское: по кат. $B+C_1$ 4 808 338 т с содержанием Cr_2O_3 25,68 %, по кат. C_2 4 706 363 т с содержанием Cr_2O_3 22,65 %, $B+C_1+C_2$ 9514701 т с содержанием Cr_2O_3 24,18 %.

Для руд месторождения разработана трехстадийная схема обогащения с получением концентратов с содержанием Cr_2O_3 45 и 50 %. Все сорта удовлетворяют техническим условиям производства феррохрома и высококачественных огнеупоров [25].

Месторождение Большая Варака

Массив, вмещающий месторождение Большая Варака, является одним из блоков крупной расслоенной Имандровской интрузии умбареченского комплекса. Горизонты хромититов установлены во всех массивах умбареченского комплекса. Мощность рудных пластов в них колеблется от 20–30 см до 1,5 м. Обычно наблюдается 3–4 слоя, отстоящих друг от друга на несколько метров. Содержание Cr_2O_3 в рудных слоях – от 20 до 30 %. В габбро-диоритах прикровельной зоны Имандровского интрузива установлена титан-магнетитовая минерализация с повышенным содержанием ванадия.

Массив Большая Варака характеризуется сложным асимметричным внутренним строением, в плане имеет форму вытянутого овала, длинная ось которого протягивается в субширотном направлении на 5,7 км, ширина его в среднем составляет 1,4 км. Вмещающие породы представлены верхнеархейскими кристаллосланцами *(рис. 3)*. Возраст массива раннепротерозойский.

В продольном разрезе для массива характерна корытообразная форма, осложненная четырьмя прогибами-мульдами с глубиной подошвы 270–490 м. Эти прогибы выделены в блоки – Западный, Центральный, Детальный и Восточный. Все блоки разделены килевидными выступами основания фундамента с флексурообразными изгибами бортов. В поперечных разрезах форма массива мульдообразная, асимметричная, залегание пород характеризуется центриклинально-встречным падением к наиболее погруженной осевой части массива. Породы северного крыла залегают субсогласно с вмещающими кристаллосланцами и полого падают на юг под углами 5–15°; южный контакт тектонический с крутым падением 40–60° на север. Разрывная тектоника представлена разломами широтного и северо-восточного направления.

В разрезе массива снизу вверх выделены три зоны, различающиеся по составу

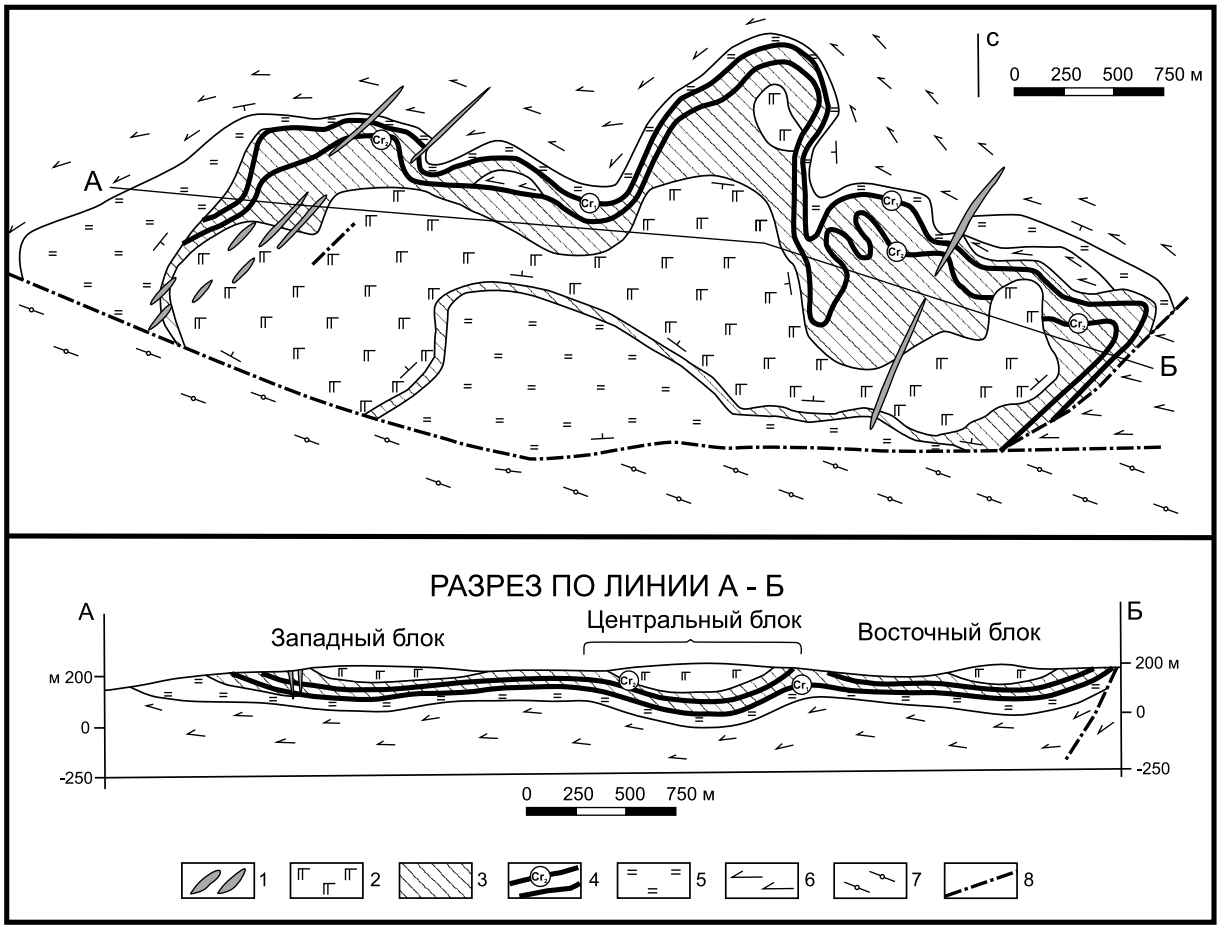


Рис. 3. Схематическая геологическая карта и продольный разрез месторождения Большая Варака:
Умбареченский интрузивный комплекс 1–6: **1** — дайки ультраосновных щелочных пород; **2** — мезократовые метагабброниты Главной зоны; **3** — породы Нижней зоны *(см. рис. 4)*; **4** — горизонты хромитов; **5** — метаплагиопироксениты, метагабброниты Приподошвенной зоны; **6** — кристаллосланцы амфиболовые, биотит-амфиболовые, плагиоамфиболиты; **7** — кристаллосланцы биотит-мусковитовые; **8** — разломы

пород и степени их дифференцированности: Приподошвенная зона плагиопироксенитов-мезократовых габброноритов мощностью до 300 м; Нижняя зона плагиопироксенитов-меланократовых норитов, габброноритов с горизонтами хромититов мощностью до 100–150 м; Главная зона мезократовых габброноритов мощностью до 300 м *(рис. 4)*.

Хромитовое оруденение приурочено к Нижней расслоенной зоне массива, где выделены четыре рудных горизонта Cr1, Cr2, Cr3, Cr4. Все хромитовые горизонты залегают согласно с вмещающими породами и характеризуются в северном крыле пологим падением на юг (под углами 5–15°, на локальных участках 0–5°), субгоризонтальным залеганием в примульдовых частях массива и наиболее крутым падением (30–40°) в южном крыле массива. В разрезе Нижней зоны рудные горизонты расположены обособленно друг от друга. Мощность вмещающих пород между ними изменяются от 5–10 м до 60 м *(рис. 4)*.

Горизонт Cr1 мощностью 0,3 м – 3 м залегает в основании Нижней расслоенной зоны. Средняя истинная мощность по всем подсечениям составляет 0,83 м. Среди всех хромитовых горизонтов горизонт Cr1 выделяется наибольшей изменчивостью мощности и такими особенностями, как расщепление и образование раздувов. Для него характерно образование серии сближенных рудных пластов, среди которых выделяются относительно мощное рудное тело и 1–3 сопутствующих ему маломощных рудных тел.

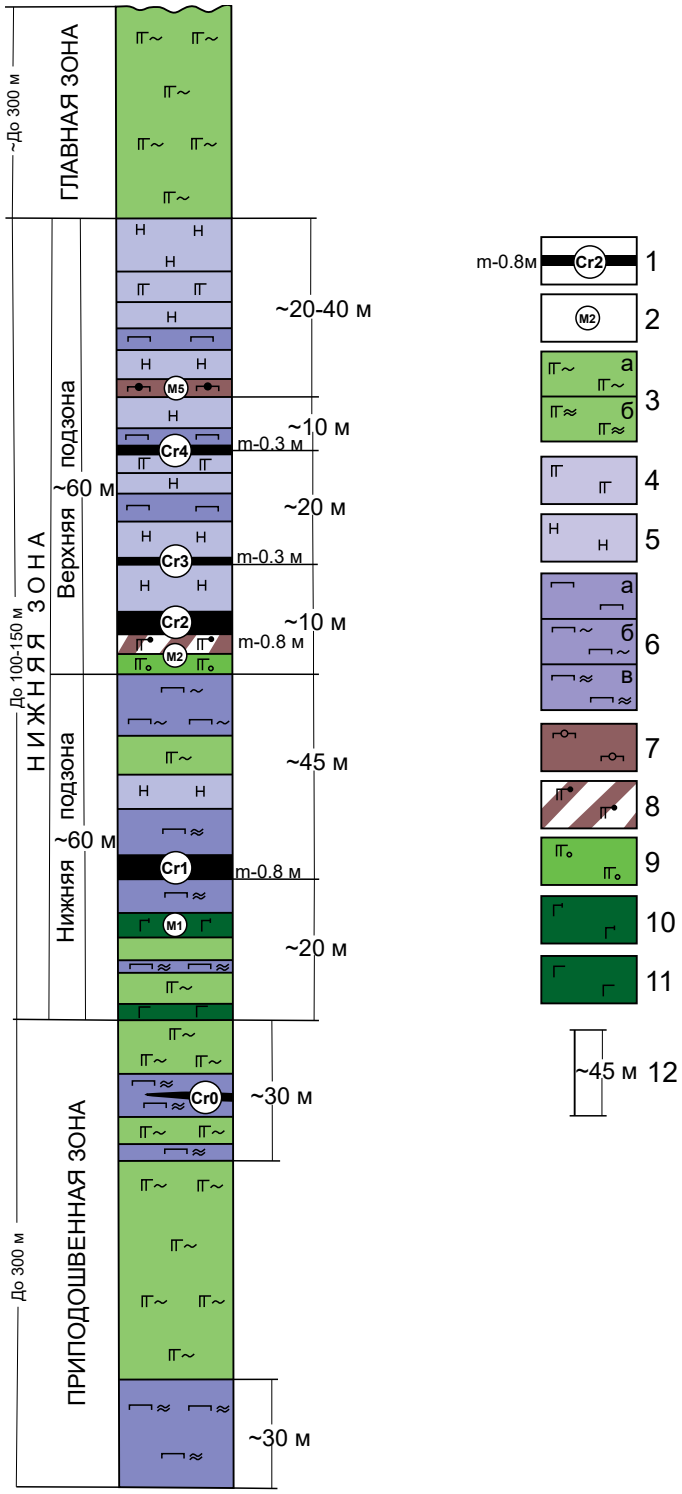


Рис. 4. Обобщённый разрез хромитоносного массива Большая Варака.
(Шолохнев В.В. по материалам Бакаева Г.Ф., 1990–95 гг. и собственным данным, 1999 г.):

1 – горизонты хромовых руд (Cr0, Cr1, Cr2, Cr3, Cr4), их средняя мощность (м); **2** – горизонты-маркеры (M1, M2, M5); **3** – метагаббронориты мезократовые (а) и ортосланцы по ним (б); **4** – габбронориты меланократовые и мезо-меланократовые; **5** – нориты меланократовые; **6** – (а) плагиопироксениты, (б) метаплагиопироксениты, (в) ортосланцы тальк-хлорит-актинолитовые по ним; **7** – оливиновые пироксениты магнетитсодержащие крупно-гигантозернистые; **8** – оливиновые габбронориты магнетитсодержащие крупно-гигантозернистые; **9** – габбронориты лейко-мезократовые пегматоидные или порфировидные; **10** – метагаббро лейко-мезократовые пегматоидные; **11** – метагаббро лейко- и лейко-мезократовые, преимущественно среднезернистые; **12** – наиболее часто встречающиеся мощности выделенных зон, подзон и их характерных участков в условиях полного разреза массива

На долю густовкрапленных руд приходится до 60 % от всей мощности. Мощность наиболее крупного раздува в Восточном блоке изменятся от 4,8 до 14 м, предполагаемая длина по падению 60 м, по простиранию 100 м.

Горизонт Cr2 располагается на 40–60 м выше горизонта Cr1 и представляет несомненный интерес для возможной эксплуатации. Его мощность достаточно стабильна и составляет в среднем 0,84 м (преобладают сечения 0,7–1,2 м). Он лучше других горизонтов изучен горно-буровыми работами, особенно в Восточном блоке массива.

Горизонты Cr3 и Cr4 залегают гипсометрически выше горизонта Cr2 на 10 и 30 м соответственно. От вышеописанных горизонтов они отличаются меньшей мощностью — от первых сантиметров до 1,5 м (в среднем 0,3 м), что не позволяет рассматривать их в качестве промышленных объектов. Химический состав руд приведен в *табл. 1*.

Таблица 1

Химический состав руд месторождения Большая Варака

Индекс хромитового горизонта	Среднее содержание компонентов, %					
	Cr_2O_3	$FeO_{общ}$	SiO_2	CaO	P_2O_5	S
Cr4	24,6	16,8	23	1,7	0,035	0,05
Cr3	26,6	18	20	2,1	0,03	0,05
Cr2	25,9	15,9	23,4	2,9	0,025	0,05
Cr1	21,9	16,2	26,4	2,8	0,03	0,05

Состав рудной хромшпинели «промышленных» пластов изменяется в следующих границах: Cr_2O_3 45,14–50,11 %; Al_2O_3 12,06–15,91 %; Fe_2O_3 0,7–6,1 %; FeO 26,33–32,92 %; MgO 0,82–5,54 %; TiO_2 0,6–1,83 %. Отношение Cr_2O_3/ FeO' 1,4–1,7.

Руды тонко-мелкозернистые, равномерновкрапленные, средний размер зерен хромшпинелида 0,07 мм. Руды сложены хромитом 30–70 %; нерудные представлены амфиболом (20–60 %), пироксеном и плагиоклазом. Контакты руд с вмещающими породами отчетливые, но нерезкие. Нижний контакт преимущественно резкий, верхний часто расплывчатый, с постепенным уменьшением содержания хромшпинелида вверх по разрезу продуктивного горизонта.

Содержание минералов (в объемных процентах) в рудах наиболее изученного горизонта Cr2: хромита 30–60 %, в среднем 50 %, амфибола актинолит-тремолитового ряда 20 %, плагиоклаза олигоклаз-лабрадорового ряда 25 %. На долю второстепенных минералов — пироксена, хлорита, биотита, микроклина, эпидота, кальцита приходится 5–6 %. Акцессории (менее 0,1 %) представлены ильменитом, рутилом, апатитом, турмалином, халькопиритом, пиритом.

Хромит представлен кристаллами октаэдрического габитуса, размером от 0,002 мм до 0,5–0,6 мм, наиболее часто встречающийся размер зерен — 0,07 мм, но более 80 % массы связано с зернами крупнее 0,1 мм. Хромит имеет устойчивый состав и относится к группе субферриалюмохромитов.

Для руд горизонтов Cr3 и Cr4 характерна выдержанность морфологии и достаточно высокое содержание Cr_2O_3 — 26,6 и 24,6 % соответственно. Эти горизонты наиболее обогащены платиноидами: суммарное содержание Pt и Pd для Cr3 — 0,97 г/т, для Cr4 — 0,75 г/т. Характерно преобладание платины над палладием в соотношениях 22:1 для горизонта Cr3 и 12:1 для Cr4. Особо выделяются повышенной платиноносностью руды из горизонта Cr3, где содержание ЭПГ нередко составляет от 1–2 г/т до 3 г/т.

Для обогащения хромовых руд разработана двухстадийная гравитационная схема обогащения, которая позволяет получать извлечение хромита в концентрат в среднем от 84 до 91 % с содержанием Cr_2O_3 45–48 %, выход концентрата в среднем 44,5 % [24].

Прогнозные ресурсы хромовых руд месторождения составляют по категории P_1 9,2 млн т с содержанием Cr_2O_3 24%.

Чернореченское рудопроявление

Кроме месторождения Большая Варака в пределах Имандровской интрузии является Чернореченское рудопроявление, расположенное в 18 км к юго-западу от г. Кировска. Геологический разрез рудопроявления аналогичен разрезу месторождения Большая Варака. В разрезе нижней зоны установлены три горизонта хромовых руд. Наиболее выдержанным по мощности и содержанию Cr_2O_3 является горизонт Сг2. Залегание горизонта пологое 6–8°— на северо-восток. Его мощность изменяется от 1,0 до 1,4 м, содержание Cr_2O_3 — от 22,75 до 26,68 %. По минеральному составу руда аналогична рудам месторождения Большая Варака. Горизонт изучен 4-мя скважинами по сети 180×500 м. Прогнозные ресурсы рудопроявления оценены до глубины 100 м по категории P_1 в 2,73 млн т с содержанием Cr_2O_3 24,36 % [115].

Геология и хромитоносность массива Падос-Тундра

Массив Падос-Тундра расположен в юго-западной части Кольского полуострова, в 73 км к северу от г. Ковдор и входит в группу расслоенных массивов Нотозерского гипербазитового комплекса перидотит-габброноритовой формации. Массивы приурочены к зоне надвига палеопротерозойского пояса лапландских гранулитов Кольско-Мезенского блока на Беломорский блок архейских гранито-гнейсов. Вмещающие породы представлены архейскими гранитами и гранодиорит-гнейсами [10]. Массив изучался в 1988–2000 гг. на комплекс полезных ископаемых ОАО «Центрально-Кольская экспедиция» [56].

Массив вытянут в виде овала в широтном направлении на 6 км, имеет площадь 13,4 км^2 и предполагаемую мощность от 1,5 до 2,1 км *(рис. 5)*. Падение расслоенной серии массива 45–80° на северо-запад. Ритмично-расслоенная серия массива представлена переслаиванием дунитов, ортопироксенитов, оливиновых ортопироксенитов и гарцбургитов. Выделяются около 7 ритмов, каждый из которых начинается с дунитов и заканчивается ортопироксенитами. В результате процессов метаморфизма по первичным минералам развиты серпентин, антофиллит, тремолит, тальк, магнезит, магнетит. Дайковый комплекс представлен дайками габбро, диоритов и горнблендитов мощностью от 0,1 до 0,8 м.

Хромовое оруденение в массиве установлено при изучении массива на тальковые руды. Оруденение изучено по коренным выходам и единичным скважинам в пределах северо-восточного Дунитового блока массива. Хромитовые горизонты приурочены к дунитам и аподунитовым серпентинитам. В массиве установлены 4 горизонта хромовых руд. Во втором горизонте предполагаются значительные сдвиговые смещения, достигающие 200–250 м. В западной части Дунитового блока установлены мелкие 0,3–1,4 м^2 линзо-столбообразные залежи.

Первый горизонт расположен в подошве аподунитовых серпентинитов первого ритма, его мощность изменятся от 4–6 см до 0,5 м. Он состоит из хроммагнетит-хлоритового агрегата с содержанием Cr_2O_3 8,59 %.

Второй горизонт развит в основании восточного блока массива, его предполагаемая протяженность в 1400 м установлена по развалам многочисленных валунов с густовкрапленными и массивными хромитами размером от 0,1 до 0,4–0,6 м. По скважинам мощность горизонта — 3,1–10,6 м, содержание Cr_2O_3 18,9–33,11 %. Состав хромшпинели изменяется в границах (масс. %): Cr_2O_3 42,05–54,8; Al_2O_3 0,62–11,33;

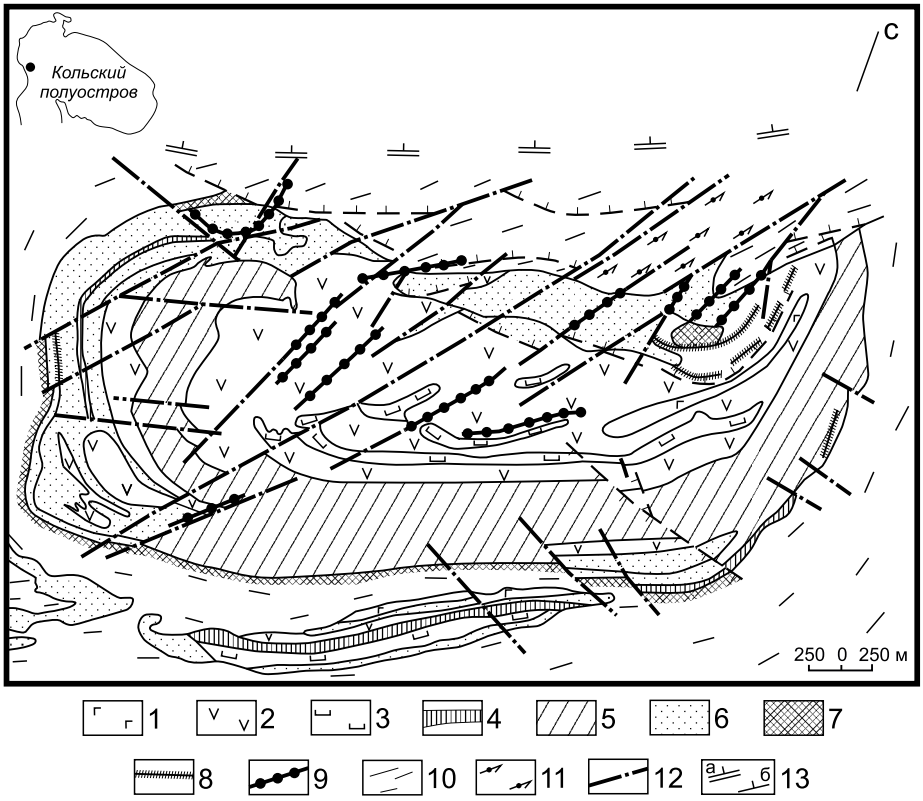


Рис. 5. Схематическая геологическая карта массивов Падос-Тундра и Малый Падос (Мамонтов В.С., 2005 г.):

Раннепротерозойский расслоенный ультрабазитовый комплекс: **1** — габбро; **2** — ортопироксениты, оливиновые ортопироксениты с горизонтами дунитов; **3** — дуниты; **4** — гарцбургиты; **5** — дуниты с горизонтами ортопироксенитов и гарцбургитов; **6** — серпентиниты и тремолитовые породы по ортопироксенитам; **7** — линзовидные и столбообразные тела хромититов; **8** — горизонты хромититов; **9** — дайки плагиогранитов. Архейские метаморфические образования 10–11: **10** — гранито- и гранодиоритогнейсы; **11** — амфиболиты гранатовые; **12** — тектонические нарушения; **13** — зоны крупных (а) и мелких (б) надвигов

Fe_2O_3 6,05–21,5; FeO 13,07–19,56; MgO 2,30–9,75; TiO_2 0,18–0,55; MnO 0,42–0,80; NiO 0,04–0,39; ZnO 0,18–0,28.

Третий горизонт расположен в центральной части северо-восточного блока, прослежен на 320 м в виде линзовидных тел мощностью 0,13–0,45 м. Разломами он разбит на блоки со смещениями от 1–2 до 15 м. Содержание Cr_2O_3 в руде 27,91–44,64 %. Четвертый горизонт находится в висячем боку Дунитового блока, прослежен на 85 м, обладает изменчивой мощностью от 0,2 до 1,75 м и содержанием Cr_2O_3 от 19,6 до 27,67 %. В ненарушенном залегании во втором и третьем горизонтах отношение Cr_2O_3/ FeO' изменяется от 1,19 до 1,74, в нарушенном — от 0,38 до 1,74.

Специализированных на хромиты работ на массиве не проводилось. Перспективным на выявление значительных запасов хромовых руд является второй горизонт, как наиболее мощный и протяженный. Авторская оценка прогнозных ресурсов по второму хромитовому горизонту до глубины 100 м превышает 2 млн т [112].

Аганозерское месторождение

Аганозерское месторождение находится в Пудожском районе Республики Карелия, в 40 км к северо-западу от г. Пудож, в 30 км к востоку от Онежского озера. Месторождение открыто в 1984 г. в ходе геологической съемки м-ба 1:50000. В разрезе восточного Аганозерского блока Бураковско-Аганозерской расслоенной интрузии был установлен Главный хромитовый горизонт (ГХГ). В 1990–1995 гг. на площади месторождения

выполнено ГГК-50 с общими поисками хрома, никеля, ЭПГ и золота [53]. В результате проведенных работ была изучена морфология ГХГ, минеральный и качественный состав хромовых руд и вмещающих пород, на лабораторных пробах изучены технологические свойства руд [107]. В 1996–1998 гг. на месторождении выполнены поисково-оценочные и разведочные работы, по результатам которых ГКЗ (протокол № 752 от 07.08.02) были утверждены запасы хромовых руд до глубины 220 м по категории C_1 8,1 млн т, по категории C_2 18,5 млн т с содержанием Cr_2O_3 22,5 %, апробированные прогнозные ресурсы по категории P_1 составили 88 млн т, по категории P_2 89,5 млн т.

Бураковско-Аганозерский массив имеет лополитообразную, овальную, несколько изогнутую в плане форму. Его длина 50 км, ширина 13–17 км, площадь 620 км^2, мощность до 6–6,5 км. В массиве с северо-востока на юго-запад выделяются три блока: Аганозерский с Аганозерским месторождением хромитов в Главном хромитовом горизонте, Шалозерский с Шалозерским месторождением и Бураковский блок. Блоки интрузии различаются составом пород *(рис. 6)*. В Аганозерском блоке на поверхности

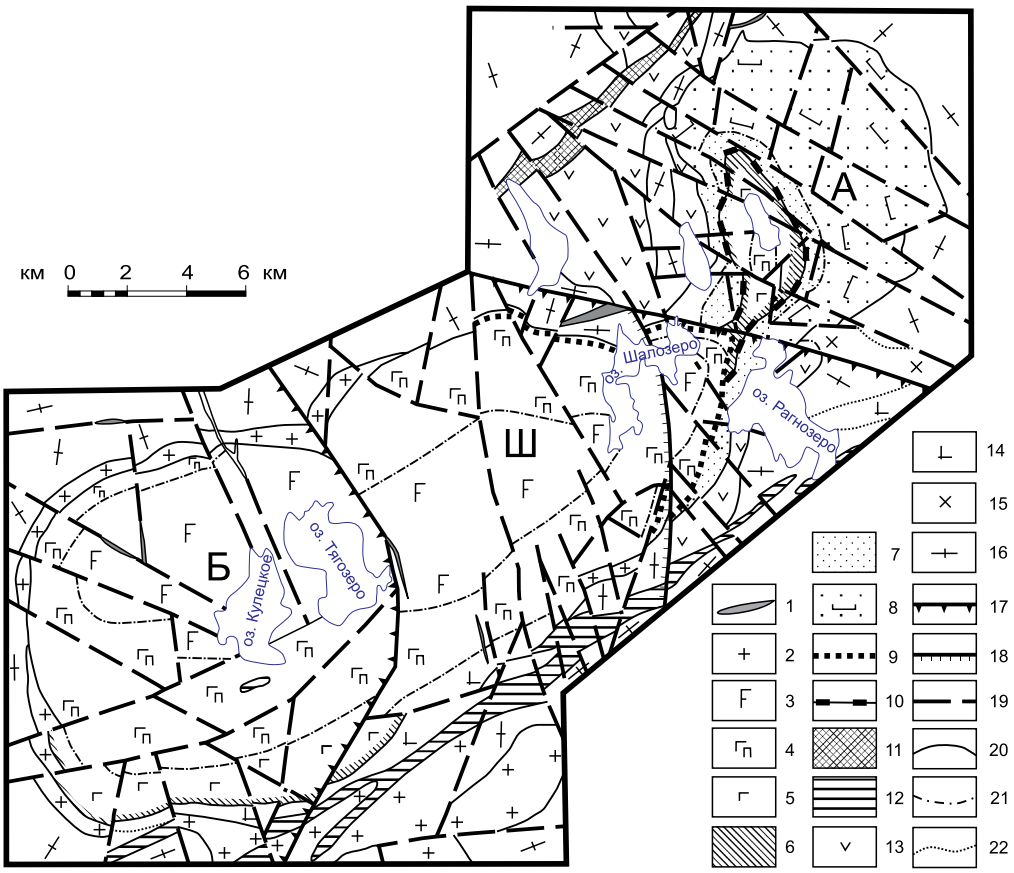


Рис. 6. Геологическая карта Бураковской-Аганозерской расслоенной интрузии:

1 – дайки диоритов пудожгорского комплекса; **2** – граниты рагнозерского комплекса. Бураковская интрузия, расслоенная серия: **3** – феррогаббронориговая зона; **4** – зона пижонитовых габброноритов; **5** – габброноритовая зона; **6** – пироксенитовая зона; **7** – перидотитовая подзона; **8** – дунитовая подзона; **9** – маркирующий горизонт; **10** – Главный хромитовый горизонт. Дайки бураковского комплекса: **11** – раннемагматической стадии, **12** – позднемагматической стадии; **13** – сланцы и гнейсо-сланцы рыбозерской толщи. Образования ведлозерского комплекса: **14** – плагиограниты; **15** – диориты; **16** – гнейсограниты; **17** – глубинные разломы, определяющие блоковое строение интрузии; **18** – внутриблоковые надвиги, **19** – прочие разломы. Геологические границы: **20** – между разновозрастными подразделениями; **21** – между зонами и подзонами; **22** – между одновозрастными образованиями. Блоки Бураковской интрузии: **Б** – Бураковский, **Ш** – Шалозерский, **А** – Аганозерский

преобладают ультрамафиты, в Шалозерском и Бураковском — мафиты. Вмещающими породами являются нижнеархейские тоналитовые гнейсограниты и аповулканические сланцы и амфиболиты. Параллельно массиву в 2–5 км юго-восточнее расположена дайка пижонитовых габброноритов протяженностью более 50 км и мощностью до 500 м. Одновозрастность дайки и Бураковской интрузии, одинаковость их ориентации указывают на роль северо-восточных разломов в локализации этих интрузий.

Возраст Бураковско-Аганозерской интрузии 2450 млн л. На большей площади она перекрыта четвертичными отложениями мощностью до 30 м. Хромовое оруденение Аганозерского месторождения на площади размером 14×12 км установлено в ультрамафитовой зоне Аганозерского блока.

В структуре Бураковско-Аганозерской интрузии выделяют краевую и расслоенную серии. Породы краевой серии представлены перидотитами, пироксенитами, габброноритами и породами зоны закалки. Суммарная мощность этих пород достигает 200 м. Породы расслоенной серии подразделяется снизу вверх на пять зон: ультраосновную мощностью 3000–4200 м, клинопироксенитовую 200–260 м, габброноритовую 56–960 м, пижонитовых габброноритов 740 м, феррогаббронорит-диоритовую 800 м. В ультраосновной зоне выделяются подзоны: нижняя дунитовая (оливин+хромшпинель) и верхняя перидотитовая (пойкилитовая), в которой ортопироксен и клинопироксен облекают кумулятивные оливин и хромит. Породы этой зоны сильно серпентинизированы. Клинопироксенитовая зона — верлиты, вебстериты, орто- и клинопироксениты часто содержат оливин. Габброноритовая подразделяется на полосчатую и верхнюю подзоны. Первая представляет собой ритмичное переслаивание габброноритов, норитов, габбро и анортозитов, верхняя состоит из габброноритов. В подзонах картируются два горизонта дунит-гарцбургитов. Выше в разрезе расположена зона пижонитовых габброноритов и феррогаббронорит-диоритов. В Аганозерском блоке разрез завершается габброноритовой зоной. Жильные породы широко распространены в Шалозерском и Бураковском блоках, где они представлены разнообразными дайками мощностью от первых метров до нескольких десятков метров, в их составе преобладают микрогаббронориты, габбронорит-пегматиты, гранофиры и плагиоклаз-микроклиновые граниты. В Аганозерском блоке жильные породы развиты ограниченно. Структура Аганозерского блока осложнена разрывными нарушениями субмеридиональной, северо-западной и северо-восточной ориентировки.

В разрезе Аганозерского блока в верхней части ультраосновной зоны установлены пять пластов хромититов. Промышленным по мощности и содержанию Cr_2O_3 является ГХГ на границе перидотитовой и клинопироксенитовой зон *(рис. 7)*. Форма ГХГ мульдообразная с падением пласта к центру под углом 30°, максимальное погружение пласта 676,5 м. Площадь проекции на горизонтальную площадь 20,5 км^2. Нижние хромитовые слои мощностью 0,1–0,75 м с содержанием Cr_2O_3 10–27 % установлены на восточном фланге месторождения в 130–190 м ниже ГХГ по разрезу расслоенной серии.

Главный хромитовый горизонт образует синформу, вытянутую в меридиональном направлении на 8,5 км при ширине до 3,6 км с падением пласта к центру структуры под угломи 11–33° в южной, северной и западной частях месторождения и 30–53° — в восточной и юго-восточной. Разломами взбросо-сдвигового характера синформа разделена на несколько тектонических блоков с вертикальной амплитудой смещения относительно друг друга от 20 до 170 м. Выявленные в бортах синформы пострудные разломы смещают ГХГ в разрезах и на площади и сопровождаются зонами интенсивной серпентинизации и карбонатно-кварцевой минерализации.

Главный хромитовый горизонт представляет собой плащеобразную залежь, внутреннее строение которой иногда усложняется маломощными (0,2–1,2 м) прослоями

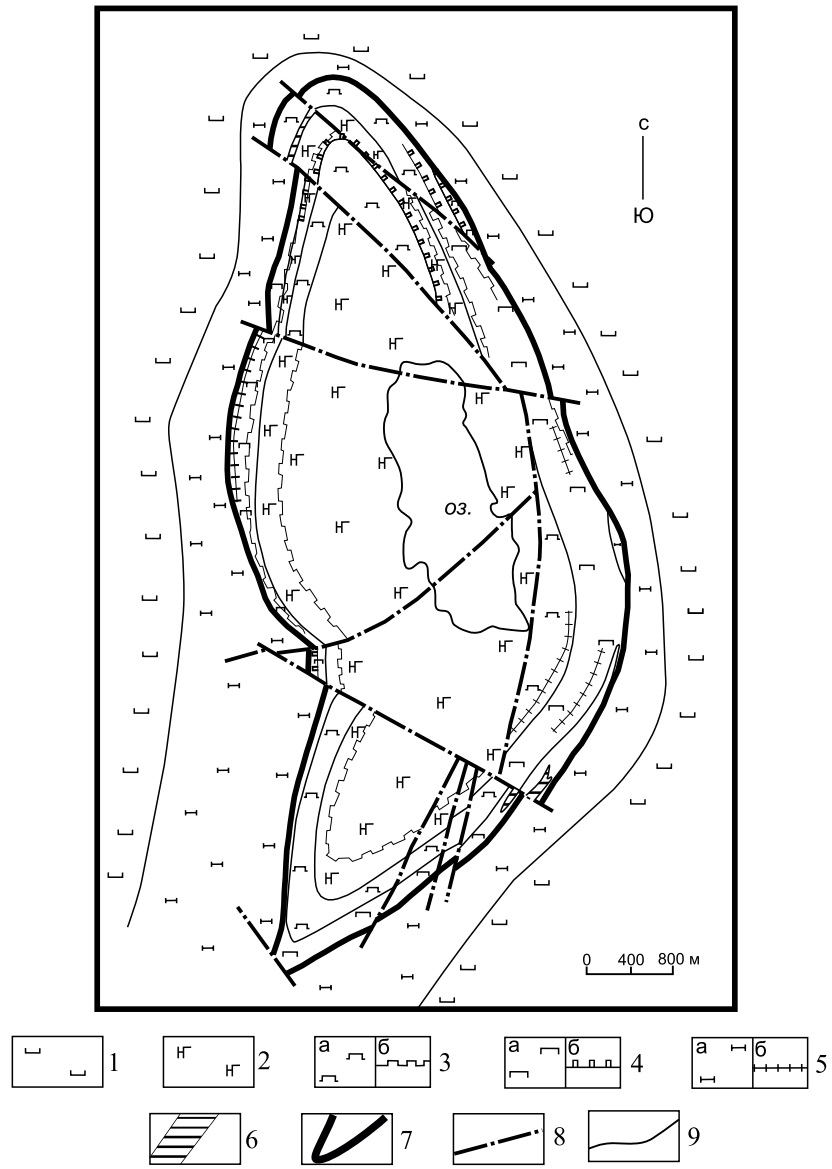


Рис. 7. Схематический геологический план Аганозерского месторождения (по материалам В.Н.Логинова, 1995 г.):

1 — дуниты; **2** — габбронориты; **3** — вебстериты (а), в телах вне масштаба (б); **4** — клинопироксениты и оливиновые клинопироксениты (а), они же вне масштаба (б); **5** — перидотиты (а), они же вне масштаба (б); **6** — жильные образования кварц-серпентин-карбонатного состава; **7** — Главный хромитовый горизонт (ГХГ); **8** — тектонические нарушения; 9 — геологические границы

и линзами пустых пород — верлитов, реже клинопироксенитов, протяженностью от первых метров до нескольких десятков, реже первых сотен метров. В целом Главный хромитовый горизонт характеризуется выдержанностью мощности по падению и простиранию. Его истинная мощность изменяется от 0,7 до 6,3 м, составляя в среднем при бортовых содержаниях триоксида хрома 10 %, 15 % и 20 %, соответственно — 3,16 м, 2,62 м и 2, 31 м. Увеличение мощности рудной залежи отмечается по падению и по латерали в направлении с севера на юг.

Рудовмещающие породы ГХГ представлены различными по составу пироксенитами и пойкилитовыми перидотитами. В кровле ГХГ залегают оливиновые клинопироксениты, либо верлиты, в подошве — пойкилитовые верлиты, реже лерцолиты и гарцбургиты.

Границы рудного пласта чаще всего выражены в постепенном уменьшении содержания хромшпинелида на коротком интервале 0,3–0,5 м, редко 1–1,5 м; в то же время нередко встречаются четкие геологические границы с вмещающими породами, где в разрезе ГХГ велика доля густовкрапленных руд, либо его разрез начинается и заканчивается маломощными (3–20 см) слойками массивных руд.

Для хромовых руд, имеющих оливин-пироксен-хромшпинелидовый состав, характерна тонко-мелкозернистая структура и наличие двух генераций хромшпинелида: первая в виде включений в пироксене размером 0,01–0,2 мм и вторая — прожилковые агрегаты и гнезда в пироксене и между его зернами размером 0,2–2,0 мм. Пироксен представлен бронзитом и авгитом примерно в равном количестве. Оливин распределен неравномерно. Серпентин развивается в основном по оливину. В серпентине установлены пылевидные примеси пентландита, магнетита и более редкие ильменит, рутил, халькопирит, кеммерерит. По содержанию триоксида хрома руды относятся к бедным. Средневзвешенное содержание Cr_2O_3 при бортовом содержании 10 % составляет 23,8 %, при бортовом содержании 15 % — 24,05 %, при бортовом содержании 20 % — 25,85 %. По содержанию хромшпинелида выделяются редковкрапленные, средневкрапленные и густовкрапленные руды. Состав хромшпинелида изменяется в границах (масс. %): Cr_2O_3 50–54, Al_2O_3 9–10, FeO 19–22, Fe_2O_3 10–12, MgO 9–11, MnO 0,3–0,4, TiO_2 1,1–1,3, NiO 0,15–0,30, V_2O_5 0,15–0,30.

Химический состав руды изменяется в границах (масс. %): SiO_2 22,68–25,75, Cr_2O_3 20,24–26,99, Al_2O_3 5,0–5,82, FeO 16,75–17,89, MgO 18,40–20,8, MnO 0,16–0,19, TiO_2 0,56–1,02, NiO 0,16–0,28, $S_{общ}$ 0,0–0,026 %, P_2O_5 0,0–0,062 %. Отношение Cr_2O_3/ FeO' изменяется в границах от 1,2 до 1,5.

Хромовые руды содержат сопутствующую платинометальную и золотую минерализацию. Средневзвешенные концентрации составляют: платины 0,087 г/т, палладия 0,12 г/т, родия 0,001 г/т, золота 0,25 г/т. По отдельным скважинам средневзвешенные содержания достигают: платины — 0,151–0,447 г/т, палладия — 0,143–0,71 г/т, золота — 0,198–4,54 г/т. Содержание тугоплавких платиноидов не превышает: осмий — 0,14 г/т, иридий — 0,1 г/т, рутений — 0,27 г/т. Платинометальная минерализация представлена соединениями двух классов: сульфидами тугоплавких платиноидов (Os-Ir-Ru); интерметаллидами платины с сидерофилами и халькофилами (Pt-Fe,Cu,Ni).

Сульфиды (86 %) представлены лаурит-эрлихманитом, интерметаллиды (14 %) — изоферроплатиной и аваруитом. Первые локализуются внутри зерен хромшпинелида, вторые — в их интерстициях. С наложенной сульфидной минерализацией имеет косвенную связь золотое оруденение. Максимальные содержания золота в хромовых рудах достигают 4,6 г/т.

Балансовые запасы хромовой руды до глубины 220 м были утверждены протоколом ГКЗ МПР РФ № 752 от 07.08.2002 г. по категории C_1+C_2 в количестве 26587,27 тыс. т, в том числе для открытой разработки до глубины 50 м — 7834,88 тыс. т, для подземной разработки — 18752,39 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 22,48 %. Прогнозные ресурсы оценены по категории P_2 в количестве 89,5 млн т при среднем содержании Cr_2O_3 в руде 21,57 % и по категории P_1 в количестве 88 млн т при среднем содержании Cr_2O_3 в руде 21,81 %.

Технологическая схема обогащения предусматривает трехстадийное дробление, измельчение, гравитационное обогащение в первой стадии и гравитационно-магнитное обогащение — во второй. Конечным продуктом обогащения является тонкоизмельченный концентрат крупностью -0,63+0,0 мм. Согласно ТЭО постоянных разведочных кондиций химический состав конечного концентрата: Cr_2O_3 45–47 %, Al_2O_3 9,43 %, FeO

20,55 %, FeO' 26,45 %, MgO 11,22 %, SiO_2 24,53 %, MnO 0,062 %, CaO 0,76 %, NiO 0,046 %, P_2O_5 0,01 %, $S_{общ}$ 0,026 %, Cr_2O_3/ FeO' 1,68–1,75. Для использования в металлургии необходимо окомкование. Разработанная схема переработки руды со средним содержанием 20,24 % обеспечивает получение концентрата с содержанием Cr_2O_3 45,5 %, с выходом 34 % и извлечением 76,43 %. Из концентрата возможно получение чардж-хрома и других сплавов. В качестве перспективного направления переработки руд предусматривается технология сухой сепарации, разработанная компанией AKW Apparate+Verfahren. По предварительным расчетам это позволит снизить энергопотребление, исключить использование воды, улучшить показатели выхода концентрата до 40–42 %.

Шалозерское месторождение

Шалозерское месторождение расположено в 1,5 км к юго-западу от Аганозерского месторождения, в восточной краевой части Шалозерского блока; было выявлено при проведении средне- и крупномасштабного ГГК в пределах Шалозерского блока Бураковско-Аганозерского массива [48]. Месторождение представлено одним Шалозерским хромитовым горизонтом (ШХГ) *(рис. 8)*. По положению в разрезе Бураковской интрузии ШХГ является полным аналогом Главного хромитового горизонта Аганозерского блока, залегает в кровле ультраосновной зоны на границе с породами пироксенитовой зоны.

В пределах площади Шалозерского месторождения ШХГ образует пластовую залежь с выходом под четвертичные отложения с падением к центру блока под углами от 12–25° в северной части, 30–45° в центральной и 20° в южных частях. Его протяженность по простиранию составляет около 26 км. Истинная мощность Шалозерского хромитового горизонта, при бортовом содержании Cr_2O_3 5 %, изменяется от 1,3 м до 7,7 м, составляя в среднем 4,0 м. Максимальная глубина погружения ШХГ по геолого-геофизическим данным оценивается в 1700 м. В силу интенсивно проявленной в краевых частях блока разрывной тектоники отдельные блоки смещены по горизонтали относительно друг друга до 600 м и по вертикали до 100 м.

Шалозерский горизонт представлен хромитовым лерцолитом с переменным количеством хромшпинелида и породообразующих минералов. В подошве рудного пласта залегают серпентинизированные пойкилитовые лерцолиты, редко верлиты, в кровле — плагиоклазовые вебстериты, часто с оливином в количестве 3–5 %. Верхний и нижний контакты постепенные. Для пород рудного пласта характеры интенсивная трещиноватость, оталькование, серпентинизация. Хромовые руды представляют собой оливин-пироксен-хромитовые породы с переменным содержанием этих минералов. В качестве второстепенных минералов могут присутствовать плагиоклаз до 4 %, флогопит, амфибол. Акцессорные представлены халькопиритом, пиритом. Вторичные минералы представлены серпентином, тальком, карбонатом, тремолитом и магнетитом. Хромит образует идиоморфные и субидиоморфные кристаллы в виде пойкилитовой вкрапленности размером 0,01–0,25 мм в пироксене и плагиоклазе и несколько крупнее — 0,03–0,36 в интерстициях силикатов. Химический состав рудного хромшпинелида зависит от положения в разрезе рудного пласта *(табл. 2)*.

Таблица 2

Состав хромшпинелида в разрезе рудного пласта Шалозерского месторождения

№ образца	Положение в разрезе	Cr_2O_3	FeO'	Al_2O_3	MgO	TiO_2	Cr_2O_3/ FeO'	Тип руды
172/194,9	кровля	37,16	45,06	10,87	3,8	1,7	0,82	редковкрапленный
172/195,9	центр	47,9	31,65	10,9	7,2	1,2	1,51	средневкрапленный
172/1197,8	подошва	44,16	33,3	11,9	6,93	1,63	1,33	средневкрапленный
среднее		43,06	36,67	11,22	5,98	1,51	1,22	

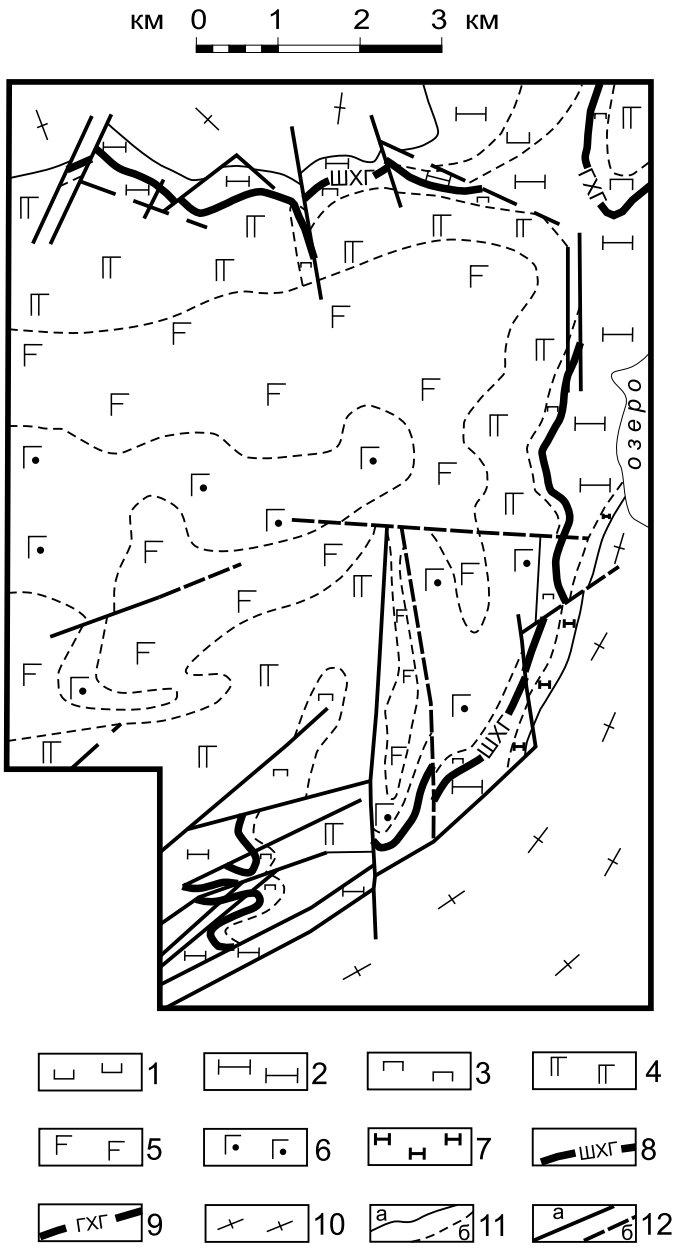


Рис. 8. Схематическая геологическая карта Шалозерского месторождения (Ганин В.Н., 1995 г., ОАО «Карелмет»):

1 – аподунитовые серпентиниты; **2** – перидотиты (ультраосновная зона); **3** – пироксениты (пироксенитовая зона); **4** – габбро-нориты лейкократовые (габброноритовая зона); **5** – зона пижонитовых габброноритов; **6** – феррогабброноритовая зона; **7** – перидотиты краевой зоны; **8** – Шалозерский хромитовый горизонт (ШХГ); **9** – Главный хромитовый горизонт (ГХГ) Аганозерского месторождения; **10** – гнейсо-граниты, сланцы амфиболовые, биотитовые, мигматиты; **11** – геологические границы: достоверные (а) и предполагаемые (б); **12** – тектонические нарушения: установленные (а) и предполагаемые (б)

По содержанию Cr_2O_3 руды относятся к бедным. Средневзвешенное содержание Cr_2O_3 в рудных пересечениях при бортовом значении 5 % изменяются от 6,29 до 27,43 %. Средневзвешенное содержание Cr_2O_3 в редковкрапленных рудах составляет 10,51 %, в средневкрапленных 18,53 %, отношение Cr_2O_3/ FeO' в рудах изменяется от 0,79 до 1,16. Попутными компонентами хромовых руд являются платина, палладий и золото, среднее содержание которых составляет соответственно (г/т): 0,046, 0,01 и 0,051. Содержание этих элементов увеличивается в интенсивно оталькованных,

хлоритизированных рудах, с повышенным содержанием пирита. В средневкрапленных рудах, вскрытых скв. 170, содержание (г/т): платины 0,34, палладия 0,44, золота 3,5.

Оценка прогнозных ресурсов по кат. Р1 в Шалозерском блоке производилась в вариантах бортовых содержаний Cr_2O_3 5,10 и 15 % до глубины 500 м. При бортовом содержании 5 % (средняя мощность 3,9 м, среднее содержание 15,37 %) ресурсы хромовых руд составили 199 млн т; при бортовом содержании 10 % (средняя мощность 3,3 м, среднее содержание 17,3 %) — 169 млн т; при бортовом содержании 15 % (средняя мощность. 2,1 м, среднее содержание 19,62 %) –119 млн т.

В 2006 г. ЗАО «НОРИТ», при изучении платиноносности разреза Шалозерского месторождения, был выполнен подсчет запасов хромовых руд по Шалозерскому хромитовому горизонту [166]. Решением ТКЗ при Территориальном агенстве по недропользованию по Республике Карелия (Протокол № 02–2006 от 07.12.2006 г.) запасы хромовых руд участка Кукручей Шалозерского месторождения для открытой отработки утверждены по категории C_2 в количестве 1600 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 13,1 %.

Хромитоносные массивы и месторождения хромовых руд Урала

В размещении хромитоносных массивов Урала достаточно условно выделяются две провинции: Полярно-Уральская и Средне-Южно-Уральская, разделенные протяженной полосой платиноносных массивов Урал-Аляскинского типа. В структуре Урала хромитоносные массивы располагаются: в Центрально-Уральском поднятии, в зоне Главного Уральского разлома, в Восточно-Уральской и Зауральской мегазонах.

На Урале установлены все известные типы месторождений хромовых руд. Наибольшее распространение имеют месторождения и рудопроявления, связанные с альпинотипными массивами, небольшое — со стратиформными, незначительное — россыпные и связанные с корой выветривания. Последние два типа кратко охарактеризованы в общем разделе.

Время формирования альпинотипных массивов и соответственно месторождений в них по В.Н. Пучкову [22], обобщившему комплекс геологических и геохронологических данных по Уралу и Предуралью, — ордовик. А.А.Краснобаев [1] на основе обзора геохронологических данных и собственных исследований, относит время формирования альпинотипных и платиноносных массивов Уурал-Аляскинского типа Главного Уральского разлома к периоду в 430–440 млн лет

.

2.2. Полярно-Уральская хромитоносная провинция

На Полярном и Приполярном Урале развиты только альпинотипные массивы. Все они располагаются непосредственно в зоне Главного Уральского разлома.

Пояс альпинотипных массивов протягивается с северо-востока на юго-запад вдоль Главного Уральского разлома более чем на 500 км. С севера на юг здесь расположены массивы: Сыум-Кеу и сближенный с ним небольшой массив Харчерузь, далее также относительно сближенные массивы Рай-Из и Войкаро-Сыньинский и сильно удаленный, уже на Приполярном Урале, Олыся-Мусюрский. Каждый из массивов, а часто и отдельные блоки массивов, обладают своими особенностями геологического строения и хромитоносности.

Геологическое строение и хромитоносность массива Сыум-Кеу

Массив Сыум-Кеу, самый северный гипербазитовый массив Полярного Урала, расположен на территории ЯНАО, вытянут в меридиональном направлении на 50 км, при ширине около 5 км на севере, 7 км в средней части и 12 км в южной. Его площадь 520 км^2. Крупными долинами рек Няровей Хадата, Бол.Хадата и Харчерузь массив расчленен на ряд разновеликих блоков, с севера на юг: Няропэ, Пусьеркинский, Хадатинский (он же иногда называется Сыумкеуским) и Харчерузьский. Последний, несмотря на сближенность с Сыумкеуским блоком, представляет собой самостоятельный массив, развернутый тектоникой в широтном направлении. Каждый из блоков обладает своими особенностями строения и хромитоносности *(рис. 9)*.

Наибольший вклад в изучение геологического строения и тектонической позиции массива Сыум-Кеу и Харчерузь внесли исследования Молдаванцева Ю.Е. 1960–1976 гг. [19] и результаты групповой геологической съемки масштаба 1:50 000, проведенной в 1977–1984 гг. А.К.Афанасьевым [36]. С 1996 по 2002 [134] и с 2003 по 2007 гг. на площади массива Сыум-Кеу ОАО «ПУГГП» были проведены прогнозно-поисковые работы масштаба 1:25 000, на отдельных участках 1:10 000–1:5 000 [139]. В результате были хорошо изучены его строение и хромитоносносность. На массиве Харчерузь специализированные на хромиты поисковые работы были проведены ФГУП «ВИМС» в 2012–2014 гг. [120].

Массив Сыум-Кеу хорошо выражен в рельефе в виде пологих увалов, с относительно крутыми западными бортами и пологими, слабонаклоненными поверхностями на востоке. На западе массив по пологому надвигу Главного Уральского разлома контактирует с метаморфическими образованиями няровейской свиты верхнего протерозоя. На востоке гипербазиты Сыум-Кеу контактируют с габброидами харампейско-масловского комплекса, представленными глубоко метаморфизованными габброноритами.

В **блоке Няропэ** западную и северную части слагают породы гарцбургитового СВК, центральную и восточную — породы ДВКГ комплекса с громадным полем краевых дунитов, протяженность которого составляет 5 км, при ширина 1–1,5 км. С востока тело краевых дунитов контактирует с породами дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса. На западе контакт дунитов с гарцбургитовым комплексом довольно постепенный в результате уменьшения количества дунитов, их размерности и, соответственно, увеличения гарцбургитовой составляющей.

В краевых дунитах ДВКГ комплекса на протяжении 4 км выявлена серия мелких и крупных рудопроявлений, из которых наиболее крупными являются **Няропейское I**

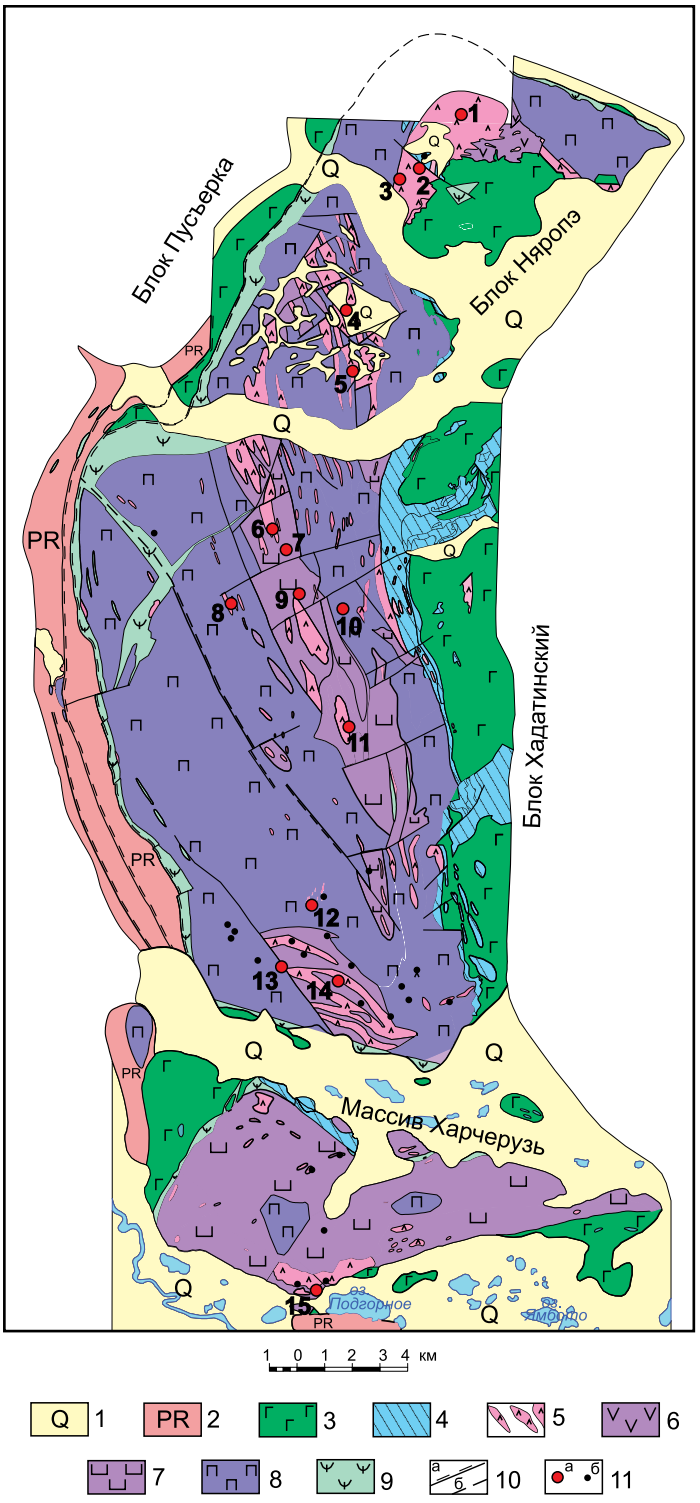


Рис. 9. Схематическая геологическая карта массивов Сыум-Кеу и Харчерузь (по материалам А.К. Афанасьева, 1984 г., Б.В. Печенкина, 2002 г., И.И. Попова, 2007 г. с изменениями):

1 — четвертичные отложения; **2** — протерозойские метаморфические комплексы нерасчлененные. Офиолитовый комплекс нижнего палеозоя: **3** — харампейско-масловский габброидный комплекс: габбронориты, габброамфиболиты. Хромитоносный перидотитовый комплекс: **4** — дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс нерасчлененный; **5** — дуниты; **6** — верлиты и клинопироксениты; **7** — дунит–гарцбургитовый комплекс; **8** — гарцбургитовый комплекс; **9** — апоперидотитовые серпентиниты в зонах надвиговых разломов; **10** — разрывные нарушения: а — надвиги, б — прочие нарушения; **11** — рудопроявления (**а**) и пункты минерализации (**б**). Номера и наименования рудопроявлений: **1** — Няропэ I; **2** — Няропэ II; **3** — Няропэ III; **4** — Пусьеркинское; **5** — Пусьеркинское II; **6** — Пэлянг I; **7** — Пэлянг II; **8** — Малохадатинское I; **9** — Малохадатинское II; **10** — Малохадатинское III; **11** — Есынгытарка; **12** — Южное 1/1; **13** — Южное 3/6; **14** — Южное 2/4; **15** — 1469

в центре полосы дунитов и **Няропейские II** и **III** в юго-западной части. Все рудопроявления с однотипными рудами объединены в Няропейское рудное поле. В пределах рудопроявлений выделены хромитоносные зоны, которые представлены серией сближенных тел хромитов; ориентировка всех зон оруденения северо-восточная (10–30°), падение крутое (70–85°) на северо-запад.

С поверхности хромитоносные зоны изучены одиночными канавами и прослежены на глубину профилем буровых скважин, максимальная глубина которых достигала 130 м. Мощности рудных тел варьируют от 0,2–0,3 м до 6,2 м, длина их не установлена. Содержание Cr_2O_3 по рудным телам колеблется от 6,03 % до 35,25 %, по отдельным линзам мощностью 1,1–1,8 м достигает 40,5–50,8 %. Рудообразующий хромшпинелид высокохромистый, с содержанием Cr_2O_3 61,58 %, представлен магнезиальным хромитом и субферрихромитом. Морфология рудных тел крайне сложная, линзовидно-уплощенная. Контакты их с вмещающими дунитами, как правило, контрастные и резкие. Рудопроявления остались недоизученным, но имеющаяся информация позволяет уверенно относить их к проявлениям с бедными рудами, характерными для краевых дунитов ДВКГ комплекса, в которых встречаются шлиры и мелкие линзы богатых руд.

В **Пусьеркинском блоке** краевые части массива сложены безрудными гарцбургитами гарцбургитового СВК, центр — чередованием пород гарцбургитового и дунит-гарцбургитового СВК с многочисленными мелкими рудопроявлениями с глиноземистыми и высокохромистыми рудами. Самыми крупными рудопроявлениями являются Пусьеркинские I и II. Оба размещаются в крупных дунитовых телах.

На рудопроявлении **Пусьеркинское I-е** рудная зона размером 800×75–100 м размещена в крупном дунитовом теле, содержит серию мелких уплощенно-линзовидных тел хромовых руд длиной 100–200 м, мощностью от 0,4 до 1,8–4,0 м, с содержанием в рудах Cr_2O_3 10,7–38,2 %, в монофракции хромшпинелида содержание Cr_2O_3 52,52–55,20 %, Al_2O_3 11,7 %, FeO' 19,49–24,41 %.

Рудная зона рудопроявления **Пусьеркинское II-е** размером 180×30 м в крупном дунитовом теле содержит три сближенных рудных тела мощностью 1,1, 1,0 и 4,8 м. Содержание в рудах Cr_2O_3 6,24–16,06 %, в монофракции хромшпинелида — Cr_2O_3 48,65 %, Al_2O_3 13,21 %, FeO' 28,82 %.

Центральную и западные части самого крупного **Хадатинского (Сыумкеуского) блока** слагают гарцбургиты гарцбургитового СВК с локальными участками лерцолитового состава. На востоке в гарцбургитах появляются мелкие тела дунитов с проявлениями хромитов с глиноземистым составом хромовых руд. С востока, по достаточно резкой относительно прямолинейной границе, к описанным гарцбургитам примыкает полоса пород шириной 1,5–2,0 км дунит-гарцбургитового СВК с крупными и мелкими телами дунитов преимущественно линзовидной формы. В дунитах установлены многочисленные проявления бедных руд с высокохромистым хромшпинелидом. Еще восточнее, по извилистой границе, этот комплекс сменяется породами гарцбургитового СВК с мелкими телами дунитов с проявлениями хромовых руд глиноземистого состава. На юге Хадатинского блока гарцбургиты центрального ядра блока окаймляются с юго-востока породами дунит-гарцбургитового СВК с крупными полосовидными телами дунитов и гарцбургитами с мелкими телами дунитов гарцбургитового СВК. Соответственно составу пород в дунитах установлены проявления высокохромистых или глиноземистых руд. По восточной границе Хадатинского блока, между гарцбургитами и габброидами харампейско-масловского комплекса в виде узкой крутопадающей полосы развиты породы ДВКГ СВК. Широтные ответвления от нее в габброиды связаны с зонами северо-западных взбросо-надвигов пород ДВКГ СВК.

Общее количество рудопроявлений и точек минерализации в Хадатинском блоке превышает 160. Большинство в виде прерывистых элювиально-делювиальных развалов, протяженность которых часто достигает многих сотен метров. Наибольшее их количество выявлено на севере блока в районе рек Пэлянг — Малая Хадата и на юге массива. На севере блока самыми крупными являются рудопроявления Пэлянг I, II и Малохадатинские I, II, III, Есынгытарка, на юге — рудопроявление Южное 1/1 и другие Южные.

Рудопроявление **Пэлянг I** расположено в полосе пород дунит-гарцбургитового СВК и связано с крупным дунитовым телом размером 70×500 м. В дунитах установлены мелкие рудные тела мощностью 0,5–1,2 м с содержанием Cr_2O_3 10,8–42,2 %. Простирание рудных тел северо-западное, падение крутое юго-западное.

На рудопроявлении **Пэлянг II** хромитовое оруденение развито в полосе 200х700 м и связано с крупными и мелкими уплощенными телами дунитов дунит-гарцбургитового комплекса. Оруденение Пэлянг II представлено уплощенным рудным телом размером 1,5–2,0 м × 200 м и серией невыдержанных зон мощностью до 0,5–1,5 м. Простирание оруденения и вмещающих дунитов северо-западное, падение крутое на север или юго-запад. Руды полосчатые, струйчато-полосчатые. Содержание Cr_2O_3 по пересечениям рудных тел, представленных в основном убого–редковкрапленными реже средне-густовкрапленными типами руд, варьирует от 7,31 % до 38,7 %, в среднем 16,24 %, в монофракции хромшпинелида содержание Cr_2O 46,53–55,95 %, Al_2O_3 11,20–18,82 %.

Рудопроявление **Малохадатинское II** локализовано в дунитах гарцбургитового СВК. Полосы и линзы сплошных и густовкрапленных руд мощностью 0,1–0,3 м размещаются среди убоговкрапленных струйчато-полосчатых руд. Содержание Cr_2O_3 в рудах изменяется от 15,6 % в убоговкрапленных до 41,7 % в густовкрапленных. На **Малохадатинском III** хромитоносная зона размером 15×300 м выделена по элювиальным развалам среднезернистых средне-густовкрапленных глиноземистых руд с содержанием Cr_2O_3 22,0–29,6 %.

Рудопроявление **Есынгытарка** расположено в центральной части блока. Шлирово-полосчатое, убоговкрапленное оруденение в виде кулисообразных тел мощностью 0,3–1,5 м имеет северо-западное простирание и крутое западное падение. Содержание Cr_2O_3 в руде от 11,8 до 31,8 %, в монофракции 55,9 %.

На рудопроявлении **Южное 1/1** в дунитовом теле шириной 50–100 м и протяженностью 500 м среди гарцбургитов установлены несколько рудных тел длиной до 75 м и мощностью в 5–8 м. Руды глиноземистые, в основном, редковкрапленные с содержанием Cr_2O_3 6,94–21,8 %, в монофракциях хромшпинелида Cr_2O_3 46,76 %, Al_2O_3 21,65 %, FeO' 20,82 %. На рудопроявлении **Южное 2/1** в дунитовом теле среди пород дунит-гарцбургитового СВК скважиной вскрыто рудное тело мощностью 1,0 м. По развалам хромовых руд предполагается серия мелких рудных тел в широтной рудной зоне протяженностью 300 м. Содержание Cr_2O_3 в элювиальных обломках от 8,34 до 32,6 %, в монофракции хромшпинелида Cr_2O_3 52,36 %, Al_2O_3 12,40 %, FeO' 14,85 %. Рудопроявление **Южное 2/4** содержит рудныее тела мощностью 0,3–1,0 м и протяженностью 10–20 м, руды редко-средневкрапленные, шлирово-струйчато-полосчатой текстуры. Содержание Cr_2O_3 в рудах 9,0–19,10 %. На рудопроявлении **Южное 3/6** по развалам и коренным выходам предполагается два сближенных рудных тела в гарцбургитах гарцбургитового СВК протяженностью 150–170 м и мощностью 0,5–2,0 м. Руды средне-густовкрапленные с содержанием Cr_2O_3 21,10–34,80 %, в монофракции хромшпинелида Cr_2O_3 37,35–39,88 %, Al_2O_3 23,20–28,87 %, FeO' 15,78–22,86 %.

В целом, для Пусьеркинского и Хадатинского блоков характерны рудопроявления с бедными рудами шлирово-струйчато-полосчатой текстуры с мелкими линзами и шлирами густовкрапленных руд. Рудные тела уплощенно-линзовидной формы. Более высокие содержания Cr_2O_3 отмечаются на рудопроявлениях с глиноземистыми рудами. Сближенное положение рудопроявлений с высокохромистыми и глиноземистыми рудами и зависимость состава рудных хромшпинелидов от состава вмещающих пород указывает на единую генетическую природу рудопроявлений. Рудных тел и участков с промышленным оруденением на массиве Сыум-Кеу не установлено.

Геологическое строение и хромитоносность массива Харчерузь

Широтно ориентированный Харчерузский массив расположен в 2 км к югу от массива Сыум-Кеу и отделен от него полосой габброидов харампейско-масловского комплекса. Его площадь около 50 км^2. По данным аэромагнитных работ на юго-западе и северо-востоке значительные участки массива перекрыты четвертичными отложениями, в результате его истинная площадь составляет около 70 км^2 *(см. рис. 9)*.

Вместе с массивом Сыум-Кеу он слагает восточное обрамление Щучьинского синклинория. На западе и юго-западе через амфиболитизированные габброиды харампейско-масловского комплекса породы массива по зоне надвига контактируют с метаморфитами харбейского комплекса верхнего протерозоя, на юге — с перекрывающими их апогаббровыми амфиболитами харампейско-масловского комплекса. Северо-восточным разломом гипербазиты массива в центре разделены на два блока: почти квадратный 5,0×5,5 км западный и треугольный восточный длиной 11 км и шириной на востоке 2 км, на западе 6 км. Массив изучался и опоисковывался на хромовые руды неоднократно [36, 139, 120].

Основная площадь западного блока массива сложена гарцбургитами с дунитовой составляющей до 10 %. На юго-западе и отчасти в центре блока крупные участки сложены гарцбургитами с 10–30 % дунитовой составляющей, на севере блока — с более 30 %. Мелкие и крупные тела дунитов встречаются во всех разновидностях гарцбургитов, но более крупные — в гарцбургитах с дунитовой составляющей 10–30 % и более 30 %. По северо-западному и северо-восточному краям блока развиты узкие полосы серпентинитов, по северо-восточному краю среди них располагаются участки верлитов. В восточном блоке преобладают гарцбургиты с дунитовой составляющей 10–30 %. В юго-западной краевой части восточного блока расположено крупное 0,5×3,0 км тело дунитов, вмещающее основные проявления хромитов Харчерузьского массива. Здесь выявлены 10 мелких проявлений. Самое крупное, но незначительное по размерам, рудопроявление 1439 представлено двумя крутопадающими линзообразными телами с расстоянием между ними 16 м по простиранию 110°. Первое размером 0,3×1,0 м, второе — 1,5×8,0 м. Руды неустойчивой вкрапленности, с участками бедно-, средне- и густовкрапленных разновидностей. Среднее содержание Cr_2O_3 26–27 %. Из четырех пробуренных скважин только одна вскрыла рудное сечение мощностью 0,3 м с содержанием Cr_2O_3 13,56 %. Остальные рудопроявления массива содержат более мелкие тела с более низкими содержаниями хрома. Состав рудного хромшпинелида рудопроявления 1469 и других высокохромистый повышенной железистости: Cr_2O_3 50–60 %, Al_2O_3 14–16 %, FeO' 22–24 %.

Геология и хромитоносность массива Рай-Из

Массив расположен в осевой части Полярного Урала, в 70 км к западу от г. Лабытнанги и реки Обь. В виде крупного протрузивного блока по зоне Главного Уральского разлома

он надвинут на палеозойскую пассивную окраину Восточно-Европейской платформы. Массив в плане имеет форму широкого полумесяца, выпуклой стороной обращенного на северо-запад *(рис. 10)*. Площадь выхода гипербазитов составляет около 380 км^2 при максимальной ширине 16 км и длине 28 км.

Массив представляет собой сильно расчлененное плато с абсолютными отметками до 1300 м, с характерными альпийскими формами рельефа. Перепады высот плато над долинами рек колеблются в пределах 300–500 м. Поверхность плато характеризуется крутыми склонами с широким развитием крупноглыбового делювия на выровненных участках, наличием многочисленных снежников. По данным геокриологических исследований на массиве до глубины 350–400 м развита зона многолетнемерзлых пород.

Хромитоносность массива Рай-Из впервые была установлена в 1967 г Уральской петрографической экспедицией МГУ, выполнявшей работы по теме «Изучение ультраосновных массивов Полярного Урала с целью прогнозной оценки на асбест, хром» [101]. В результате поисковых и разведочных работ, проведенных в пределах массива в 1969–2010 гг. [81, 131, 132, 86, 87, 108, 122–126, 146], выявлены три месторождения — Центральное, Западное, № 214, 36 рудопроявлений и большое количество пунктов мирерализации хромовых руд. С 1998 г. на месторождении Центральное производится промышленная добыча хромовых руд. Результаты тематических работ, посвященных изучению петрологии и минерагении массива Рай-Из, были отражены в известных публикациях: «Петрология и метаморфизм…» [19] и «Строение, эволюция и минерагения…» [30].

Комплекс пород, слагающих массив Рай-Из, представляет собой низы офиолитового разреза раннепалеозойской островодужной системы. Все границы массива тектонические. На севере и северо-востоке по границе массива (по зоне ГУР) развита мощная протяженная зона меланжа. С запада по зоне крутопадающего разрыва массив граничит с Хараматолоусским блоком верхнепротерозойских метаморфических комплексов, с восточной — с нижнепротерозойскими комплексами Харбейского блока. Вдоль южной границы по зоне крутопадающего Габбрового надвига на массив надвинуты офиолитовые милонитизированные тонкополосчатые габброиды, которые южнее сменяются очково-роговообманковыми разгнейсованными апогаббровыми амфиболитами.

Вдоль южной границы массива между гипербазитами и габброидами развиты ультрамафиты дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса. Метаморфизованные габброиды к юго-востоку сменяются полосой плагиомигматитов и тоналитов собского комплекса, далее — вулканогенно-осадочными комплексами силура и девона и гранитоидами конгорского комплекса.

В разрезе массив представляет собой пологую аллохтонную пластину, разделенную в средней части субширотным Осевым разломом на два крупных блока — северный и южный. Северный блок представляет собой пластину с максимальной мощностью 1,5 км в южной части. Южный блок — трапецевидной формы с увеличивающейся мощностью с запада на восток с 3,5 до 5,0 км.

В составе пород массива преобладают гарцбургиты. По содержанию пироксенов в них и количеству шлирово-линзовидных и жильных дунитов они подразделяются на гарцбургитовый и дунит-гарцбургитовый СВК. В гарцбургитовом СВК содержание пироксенов в породе 20–35 %, тела жильных и сетчатых дунитов незначительны, руды мелких проявлений хромовых руд имеют глиноземистый состав. В дунит-гарцбургитовом СВК в гарцбургитах содержание пироксенов 10–20 %.

Породы гарцбургитового комплекса с участками лерцолитового состава развиты в виде значительного поля на юго-восточном окончании массива и относительно

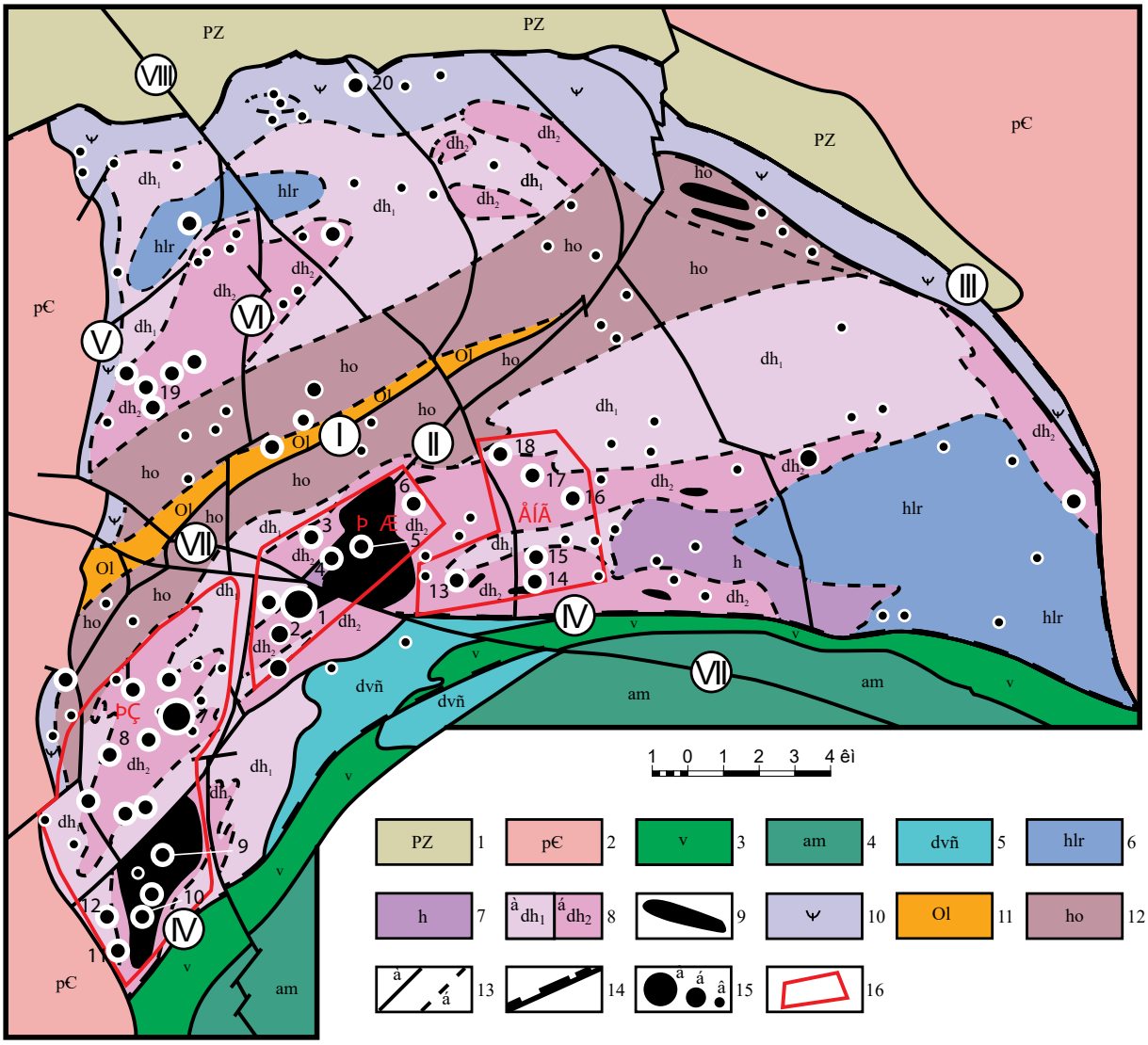


Рис. 10. Схематическая геологическая карта массива Рай-Из (по материалам Перевозчикова Б.В., 1981 г., с изменениями):

1 — палеозойские комплексы рифтовой стадии шельфа и континентального склона; **2** — докембрийские образования. Нижнепалеозойский офиолитовый комплекс: **3** — уралитовые апогаббровые бластомилониты; **4** — апогаббровые амфиболиты; **5** — дуниты, верлиты, клинопироксениты, габбро ДВКГ комплекса; **6** — неистощенные гарцбургиты с реликтами лерцолитов; **7** — неистощенные гарцбургиты с жилами дунитов в количестве до 10 %; **8** — истощенные гарцбургиты со шлирово-полосчатыми выделениями дунитов до 10 % (а), свыше 10 % (**б**); **9** — дуниты; **10** — зоны серпентинитов и серпентинитового меланжа; **11** — оливин-энстатитовые породы с телами энстатититов, сагвандитов, плагиоклазовых и гранатовых амфиболитов; **12** — идиобластовые вторичные гарцбургиты (с магнетитизированным хромитом); **13а** — тектонические разрывы: I-Осевой; II-Центральный; V-Западный; VI-Конгорский; VII-Полойшорский; VIII-Енгайский; **13б** -границы ультраосновных пород; **14** — надвиги: III-Главный; IV-Габбровый; **15** — месторождения (а), рудопроявления (**б**), пункты минерализации (в); **16** — рудные поля: ЮЗ — Юго-Западное; ЮЖ — Южное; ЕНГ — Енгайское. Месторождения и рудопроявления: **Южное рудное поле**: 1 — месторождение Центральное; рудопроявления: 2 — Склоновое; 3 — Центральное II; 4 — Полойшорское I; 5 — Полойшорское II; 6 — Рыбий Хвост. **Юго-Западное рудное поле:** месторождения: 7 — Западное; 8 — 214; рудопроявления: 9 — Юго-Западное I; 10 — Юго-Западное II; 11 — Юго-Западное III; 12 — Юго-Западное IV. **Енгайское рудное поле:** рудопроявления: 13 — Енгайское; 14 — Енгайское II; 15 — Енгайское III; 16 — Хребтовое; 17 — Енгайское IV; 18 — Верхнеенгайское. Рудопроявления за пределами рудных полей: 19 — Лек-Вож; 20 -Ближнее

небольшой площади на северо-западе. Перидотиты дунит-гарцбургитового комплекса с дунитовой составляющей до 10 % слагают основной фон пород массива. На этом фоне, широко в южном блоке и несколько меньше в северном, в широтном направлении вытянуты поля гарцбургитов с дунитовой составляющей более 10 %, с мелкими и крупными телами дунитов, что особенно характерно для южного блока массива. Здесь расположены такие крупные штокообразные тела дунитов как Центральное (200×3700 м), Юго-Западное (1500×4500 м) и более мелкое (500×500 м) дунитовое тело с месторождением Центральное. Как правило, крупные жильные, линзовидные и штокообразные тела дунитов сопровождаются ореолом гарцбургитов с постепенным уменьшением дунитовой составляющей 50, 30 и свыше 10 %. Внутри массива развита система крупных разломов, из которых выделяются своими масштабами краевые разломы, ограничивающие массив, а также внутренние — Полойшорский и Осевой. По разломам, ограничивающим массив с севера и северо-востока, развиты мощные зоны меланжа, по западной границе — узкая зона серпентинитов, по южной — широкая зона апогаббровых милонитов. Вдоль субширотного Осевого разлома развита зона гранат-цоизитовых амфиболитов с телами энстатититов, сагвандитов и горнблендитов. Вторичные гарцбургиты шириной 3 км развиты к северу от Осевого разлома и в 1,5 км к югу от него. За пределами этой полосы вторичных гарцбургитов, на юге и севере массива среди гарцбургитов развиты широкие зоны массивных и сланцеватых войкаритов. На юге по многим дунитовым телам этой зоны образуются вторичные гигантозернистые дуниты.

На все гипербазиты массива накладывается ранняя петельчатая лизардитовая серпентинизация и более поздняя антигоритовая, связанная с вхождением массива в орогенную сруктуру Урала. На каждом из этих этапов образуются минеральные ассоциации, охарактеризованные И.С. Чащухиным и Е.П. Царицыным в работе «Строение, эволюция и минерагения массива Рай Из» [30]. Метаморфические процессы поздней стадии привели к магнетитизации убогих и редковкрапленных руд и слабо повлияли на густовкрапленные и сплошные. С ранней петельчатой серпентинизацией сопряжено площадное распространение тонкой рассеянной вкрапленности сульфидных минералов в виде пылевидных выделений.

Основные месторождения и рудопроявления массива расположены в южной рудоносной полосе. В северной части массива выделяется участок размером 9×3 км гарцбургитов с дунитовой составляющей свыше 10 %, с небольшим количеством мелких проявлений хромитов. На ранних стадиях поисковых работ здесь выделялось Северное рудное поле, перспективы которого в дальнейшем не подтвердились [119]. Южная рудоносная полоса массива в процессе поисково-оценочных работ достаточно условно разделена на три рудных поля — Южное, Юго-Западное и Енгайское. В пределах Южного рудного поля расположены месторождение Центральное, рудопроявления Центральное II, Полойшорские I и II, Рыбий Хвост; в Юго-Западном рудном поле — месторождения Западное, № 214, рудопроявления Юго-Западные I, II, III, IV; в Енгайском рудном поле — месторождения Енгайское, Енгайские I, II, III, IV, Среднеенгайское, Верхнеенгайское.

Месторождения массива Рай-Из по особенностям строения рудных зон, рудных тел, состава руд можно разделить на два типа.

К первому типу отнесены месторождения, расположенные к востоку от Полойшорского разлома, рудные тела Западной рудоносной зоны Северного участка: месторождения Центральное и Юго-Западные I-IV. Ко второму — рудные тела Восточной зоны Северного участка месторождения Центрального, рудные тела Южного участка и месторождений Западного и 214-го.

Для первого типа характерны месторождения с линзо-пластообразными телами убоговкрапленных руд с мелкими линзами, шлирами и пропластками средневкрапленных, реже густовкрапленных руд, часто большое количество сближенных рудных тел, образующих линзообразные залежи. Для рудных тел характерны пережимы и раздувы мощности, чередование разных типов руд и прослоев дунитов. Размеры рудных тел: протяженность от первых десятков метров до 200 м, мощность — от первых десятков см до 2–4 м, изредка раздувы до 11–16 м. Размеры рудных зон — сотни метров по протяженности, мощность — десятки, реже первые сотни метров. Контакты рудных тел и рудных зон с вмещающими дунитами — обычно через зоны повышенной вкрапленности (характерная особенность этих месторождений), реже — резкие. В целом, морфология рудных зон и рудных тел полностью аналогична месторождениям и рудопроявлениям в дунитах ДВКГ СВК. В первом типе самыми низкими содержаниями Cr_2O_3 в рудах (10–20 %) обладают Енгайские месторождения. Более крупными запасами в первые сотни тысяч т и содержанием в рудах Cr_2O_3 24–35 % обладают месторождения к западу от Енгайских (Центральное II, Полойшорские I, II и Рыбий Хвост). В рудах Западной зоны месторождения Центральное преобладают содержания Cr_2O_3 6–10 %, максимальные — 50–56 % [121]. Запасы Западной зоны составили 1,8 млн т с содержанием 30,95 %. Большой объем бедных руд, морфология рудных тел и залежей в целом позволяют однозначно относить ее к первому типу месторождений.

Для месторождений второго типа характерны крупные тела и более высокие содержания Cr_2O_3 в рудах. Форма рудных тел уплощенно-линзовидная, реже линзообразная со сложными окончаниями и апофизами, некоторые тела имеют причудливые формы. Часто сближенные группы рудных тел образуют рудные залежи. Контакты рудных тел обычно резкие. Для внутренней структуры характерно чередование бедных и богатых руд с прослоями убогих руд и безрудных дунитов. Контакты между разностями как резкие, так и постепенные. Текстуры руд вкрапленные, полосчатые, структура крупнозернистая, преобадают руды с содержанием Cr_2O_3 35–45 %. Протяженность рудных тел по простиранию — от 60 до 480 м по падению — от 100 до более 350 м. Мощность изменяется от 0,5 до 30,5 м, составляя в среднем 4,5 м. Отдельные рудные тела и залежи содержат крупные запасы: рудное тело № 8 — 1225 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 35,05 %, рудная залежь из рудных тел 17 и 83 — 1724 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 28,2 %, рудная залежь рудного тела № 9 — 487 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 38,85 %.

Несмотря на различия между двумя типами рудных объектов, они обладают некоторыми общими чертами структурного положения и внутренней структуры. Все они располагаются в южной части южного блока массива, насыщенной дунитовыми телами различного размера. Большинство месторождений располагается в линзообразных телах дунитов, субпараллельных южной краевой части массива. Так же располагаются рудные тела, даже в том случае, когда они размещаются в штокообразных телах дунитов. На всех месторождениях преобладает линзо-пластообразная форма рудных тел, однако, со своими особенностями в каждом типе. На всех месторождениях преобладают руды полосчатой текстуры. Руды всех месторождений обладают близким минеральным составом, серпентин-хлоритовым цементом с тонкой редкой вкрапленностью сульфидной минерализации и тектонизированным рудным высокохромистым хромшпинелидом.

Месторождение Центральное

Самое крупное месторождение массива Рай-Из (и в России данного типа) Центральное находится в его южной части. Основной фон пород, слагающих рудное поле месторождения, составляют гарцбургиты с дунитовой составляющей около 10 %. Площадь месторождения 0,55 км^2, ширина 0,4–0,5 км, длина 1,6 км. Северо-восточную площадь месторождения занимает выровненное плато с абсолютными отметками 700–720 м. Месторождение разбито крупными разрывными нарушениями на ряд блоков. Самый крупный из разрывов Полойшорский ограничивает месторождение с севера. Простирание разрыва 285–305°, падение северо-восточное 65–75°. Разрыв трассируется зоной серпентинитов мощностью 40–60 м, прорванных дайками диабазов мощностью до 10 м. Судя по общей геологической позиции, по разрыву возможны крупные вертикальные и горизонтальные перемещения блоков. К этой же системе нарушений относятся такие крупные разрывы как Диабазовый, Рубиновый и разрыв № 3.

По геологическому строению и хромитоносности месторождение подразделяется на два участка — Северный и Южный. Граница между ними условно проходит по зоне перехода от дунитового тела, слагающего Северный участок месторождения, к дунит-гарцбургитовому комплексу, слагающему Южный *(рис. 11),* Северный участок месторождения расположен в крупном изометричном крутопадающем дунитовом теле площадью 0,35 км^2, на Южном участке оруденение локализовано в мелких также крутопадающих телах дунитов удлиненной и полосовидной формы. Главное дунитовое тело Северного участка и тела дунитов Южного участка симметрично или асимметрично сопровождаются в экзоконтакте зонами гарцбургитов с последовательным уменьшением дунитовой составляющей в виде линз и жил в количестве от 70 до 30–10 %. Границы между этими зонами постепенные.

В дунитах Северного участка месторождения выявлены 39 тел с средней мощностью 4,8 м. Протяженность рудных тел от 9 до 313 м, в среднем — 49 м. По пространственному расположению рудных тел, преобладающим типам руд, коэффициенту рудоносности и ряду других признаков оруденение Северного участка подразделяется на Восточную и Западную хромитоносные зоны, разделенные полосой слабооруденелых дунитов, ширина которой уменьшается в северо-восточном направлении от 230 до 80–100 м, составляя в среднем 120 м. Наиболее мощные рудные тела отмечаются в Восточной подзоне Северного участка, самые маломощные — в Западной зоне. Длина по простиранию рудных тел — от 24 до 152 м, в среднем 45 м. Самое протяжённое рудное тело № 8 длиной 152 м более чем в три раза превышает среднюю длину рудных тел по участку. Протяжённость рудных тел по падению — от 31 м до 179 м, в среднем 63 м, протяжённость по склонению составляет в среднем 154 м *(рис. 12)*.

Восточная зона имеет длину около 600 м. Ее ширина изменяется от 10–30 м на юго-западе до 70–90 м на северо-востоке. В пределах зоны выявлено 19 рудных тел, из которых наиболее крупные №№ 6, 17, 83, 8 сопровождаются более мелкими телами и могут рассматриваться как залежи. Простирание рудных тел северо-восточное 25–60° с плавными изгибами, падение крутое — северо-западное до субвертикального. Для большинства рудных залежей и тел установлено северо-восточное склонение под углом от 25 до 80°. Форма рудных тел — от линзовидной, уплощенно-линзовидной и пластообразной до неправильной. Длина рудных тел колеблется от первых десятков метров до 313 м по простиранию, длина по падению 360 м и длина по склонению 400 м, мощность варьирует от 0,5 до 39,5 м, в среднем — 5,7 м. Для большинства рудных тел характерно постепенное изменение мощности по простиранию и падению, иногда с появлением пережимов и раздувов. Контакты рудных тел в основном резкие.

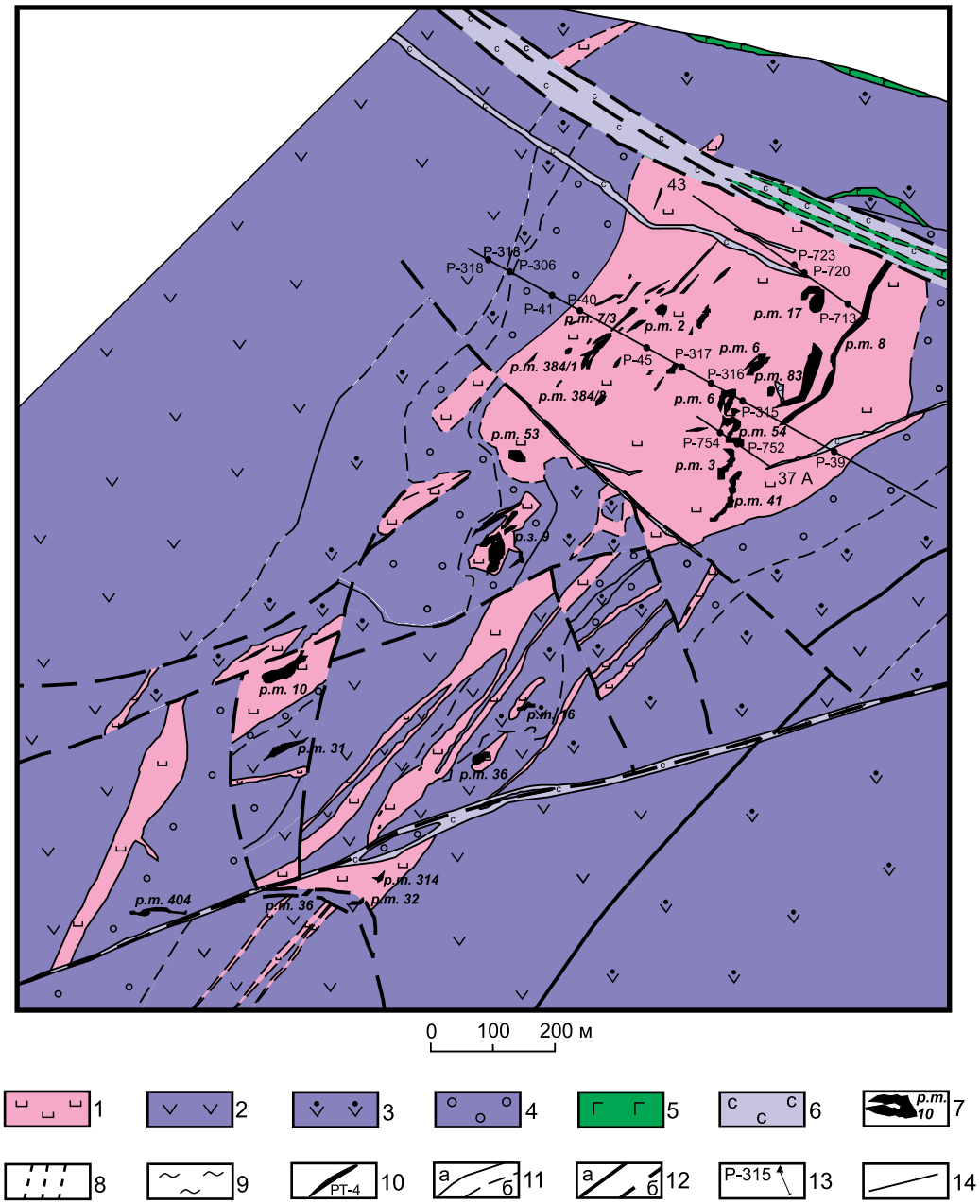
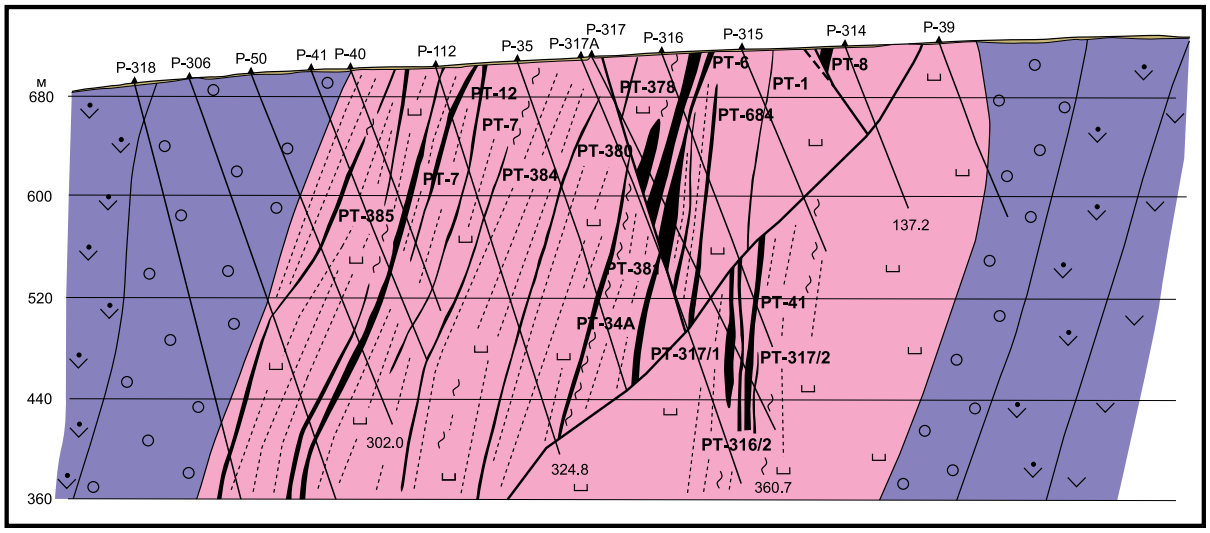


Рис. 11. Схематический геологический план месторождения Центральное:

1 — дуниты2–4; гарцбургиты с количеством жильных дунитов: **2** — до 10 %, **3** — 10–30 %, **4** — 30–70 %; **5** — дайки диабазов; **6** — серпентиниты; **7** — рудные тела и их номера; **8** — повышенная вкрапленность хромита (на разрезе *рис. 12)*; **9** — шлиры и прожилки хромита (на разрезе); **10** — рудные тела и их номера на разрезе; **11** — геологические границы: а — достоверные, б — предполагаемые; **12** — тектонические нарушения: а — достоверные, б — предполагаемые; **13** — буровые скважины и их номера; **14** — линии разреза

В Восточной зоне преобладают средне-густовкрапленные хромовые руды с модальным содержанием Cr_2O_3 40–45 %, присутствуют также редко- и убоговкрапленные руды. Балансовые запасы хромовых руд Восточной зоны оценены в 4010 тыс. т при среднем содержании Cr_2O_3 33,38 %.

Западная зона имеет протяженность около 500 м. Ее ширина увеличивается от 120 до 200 м в северо-восточном направлении. В пределах зоны выявлены 20 тел хромовых руд. Простирание рудных тел северо-восточное от 20 до 70°, падение крутое северо-западное до субвертикального 52–87°. По аналогии с Восточной зоной предполагается северо-восточное склонение рудных тел. Длина рудных тел изменяется от 11 до 93 м,



условные обозначения на рис. 11

Рис. 12. Схематический геологический разрез месторождения Центральное массива Рай-Из (по материалам Овечкина А.М., 2010 г., Перевозчикова Б.В., 1980 г. с изменениями 2010 г.)

в среднем 39 м. Рудные тела как по падению, так и по простиранию характеризуются большей прерывистостью, чем тела Восточной зоны. Мощность рудных тел изменяется от 0,2 до 9,1 м и составляет в среднем 2,1 м. Отличительной особенностью Западной зоны является то, что хромитовые тела сопровождаются мощным ореолом повышенной вкрапленности хромшпинелидов. Для внутреннего строения рудных тел характерно частое чередование различных текстурных разновидностей хромовых руд и прослоев дунитов. В составе руд доминируют убоговкрапленные руды над редковкрапленными и средне-густовкрапленными. Балансовые запасы хромовых руд по Западной зоне подсчитаны в количестве 1400 тыс. т при среднем содержании Cr_2O_3 30,95 %.

Южный участок месторождения является естественным продолжением Северного и отличается петрографическим составом рудовмещающего комплекса и уменьшением насыщенности хромитовым оруденением. Рудовмещающими породами являются дуниты дунит-гарцбургитового комплекса, в котором в юго-западном направлении постепенно уменьшается количество дунитов.

В пределах Южного участка выявлены 27 тел хромовых руд. Расстояния между рудными телами изменяются в пределах от 5 м до 200–250 м, составляя в среднем 55 м. Простирание рудных тел северо-восточное 30–80°, падение крутое северо-западное 70–85°. Для отдельных рудных тел установлено северо-восточное склонение 30–70°. Мощность рудных тел варьирует от 0,4 до 20,3 м и составляет в среднем 4,1 м. Форма рудных тел уплощенно — линзовидная, сложная, неправильная, реже пластообразная. На Южном участке преобладают средне-густовкрапленные и сплошные хромовые руды с содержанием Cr_2O_3 более 35–40 %. В незначительном количестве встречаются убого и редковкрапленные руды. Самой крупной является залежь 9, вскрытая карьером Центральный. Залежь сложена рудными телами №№ 9, 35, 48, 35Б, 50 и рядом более мелких тел, которые часто сливаются друг с другом.

Рудные тела линзовидной и уплощённо-линзовидной формы. Залежь протягивается в субмеридиональном направлении на 80 м, ее ширина — 45–60 м. Залежь прослежена на глубину по простиранию и по склонению в северо-восточном направлении до горизонта +120. Самые крупные рудные тела залежи располагаются в субмеридиональном направлении, они оперяются более мелкими телами северо-восточного простирания. По рудному телу 9 установлена самая большая протяжённость по склонению — на 480 м от

поверхности. С глубины 200 м (от горизонта +450) падение тела 9 изменяется с крутого северо-западного на юго-восточное. Такое же падение и субмеридиональное простирание отмечено для самого крупного рудного тела 83 Восточной зоны. Запасы хромовых руд залежи № 9 по сумме категорий C_1 + C_2 составили чуть больше половины от общих по Южному участку — 655 тыс. т со средним содержанием Cr_2O_3 38,8 %.

На месторождении развиты хромовые руды различной густоты вкрапленности. В Восточной зоне Северного участка и на Южном участке преобладают средне-густовкрапленные руды, в Западной зоне Северного участка убоговкрапленные руды преобладают над средне-густовкрапленными. Сплошные руды содержат Cr_2O_3 50–58 %, густовкрапленные — 40–50 %, средневкрапленные — 30–40 %, редковкрапленные — 17–30 %, убоговкрапленные — 6–17 %.

Текстуры руд разнообразны: массивные, пятнистые, нодулярные характерны для густовкрапленных и сплошных руд, полосчатые, шлирово-полосчатые, пятнистые — для убоговкрапленных и редковкрапленных. Структуры руд изменяются от тонко-мелкозернистой до крупно-грубозернистой. Размер зерен хромшпинели в соответствии со структурными разновидностями руд изменяется от 0,05–0,14 мм в убоговкрапленных до 0,5–1,5 мм в средне-редковкрапленных и до 3–5 мм в густовкрапленных и сплошных. Все зерна хромшпинелидов характеризуются значительной трещиноватостью и покрыты оболочками хлорита и серпентина.

Состав рудной хромшпинели изменяется в следующих пределах (масс. %): Cr_2O_3 56–62, Al_2O_3 9–12, Fe_2O_3 3–7, FeO' 12–16, MgO 11–15, TiO_2 0,15–0,20.

Минеральный состав довольно простой. Основными минералами являются хромшпинель и практически полностью серпентинизированный оливин, вторичные минералы представлены серпентином, кеммереритом, в незначительном количестве клинохлором, тальком, бруситом; акцессорные: магнетит, сульфиды меди, никеля, железа, самородная медь, минералы ЭПГ.

Содержание суммы платиноидов возрастает от убоговкрапленных руд к густовкрапленным и сплошным от 0,2 г/т до 0,45 г/т. Основную долю (более 90 %) в сумме платиноидов примерно в равных количествах составляют осмий, иридий и рутений [82]. Основная часть платиновых металлов (70–90 %) заключена в виде кристаллов и зерен микронного размера в зернах хромшпинели. В западной части месторождения между рудными телами № 9 и № 10, в зоне пересечения Талькитового и Рубинового разломов, установлено проявление рубина, приуроченное к линзообразному телу плагиоклазитов размером 19,5×12 м.

Проведенные испытания большеобъемных проб хромовых руд месторождения на заводах Урала подтвердили их пригодность для получения феррохрома и огнеупорных изделий.

В 2003 г. на Государственный баланс поставлены запасы хромовых руд месторождений Центральное в количестве 6,016 млн т с содержанием Cr_2O_3 33,82 %.

По результатам геологоразведочных работ 2006–2015 гг. были подсчитаны запасы для подземной отработки по категориям C_1+C_2 в количестве 3796 тыс. т при среднем содержании Cr_2O_3 — 36,32 %. Всего на месторождении сумма балансовых запасов для открытой и подземной отработки за все время разведки составила на 9.10.2016 г. 7 676 924 т [126]. Прогнозные ресурсы (по состоянию на 01.01.2017 г.) хромовых руд глубоких горизонтов месторождения по категории P_1 оценены в 408914 т с содержанием Cr_2O_3 28,75 %, ресурсы кат. P_2 в количестве 7 млн т. Таким образом, общий объем ресурсов хромовых руд месторождения оценивается около 15 млн т, и по этому показателю оно относится к крупным месторождениям.

Месторождения Юго-Западного рудного поля

Месторождение Западное

Месторождение расположено в юго-западной части массива Рай-Из. Размер рудного поля месторождения 1500×300 м, простирание пород и рудных тел северо-восточное 50°, падение на северо-запад 60–80°. Основным фоном пород рудного поля являются гарцбургиты с амфиболом и оталькованным энстатитом с дунитовой составляющей 10–30 %. На этом фоне развиты многочисленные крупные линзы гарцбургитов с дунитовой составляющей 30–50 %. Внутри последних имеются более редкие линзообразные крутопадающие тела дунитов восток-северо-восточного простирания, протяженностью 150–300 м и мощностью от нескольких до 50–80 м. На месторождении Западное к отдельным телам этих дунитов приурочены рудные зоны Северного, Центрального и Южного участков. Размеры дунитового тела, вмещающего рудные зоны Северного участка, составляют 500×30–80 м. На Центральном участке дуниты образуют два тела — на юге размером 200×15 м, на севере — 250×25 м.

Горно-буровыми работами изучены рудные зоны Северного и Центрального участков *(рис. 13)*.

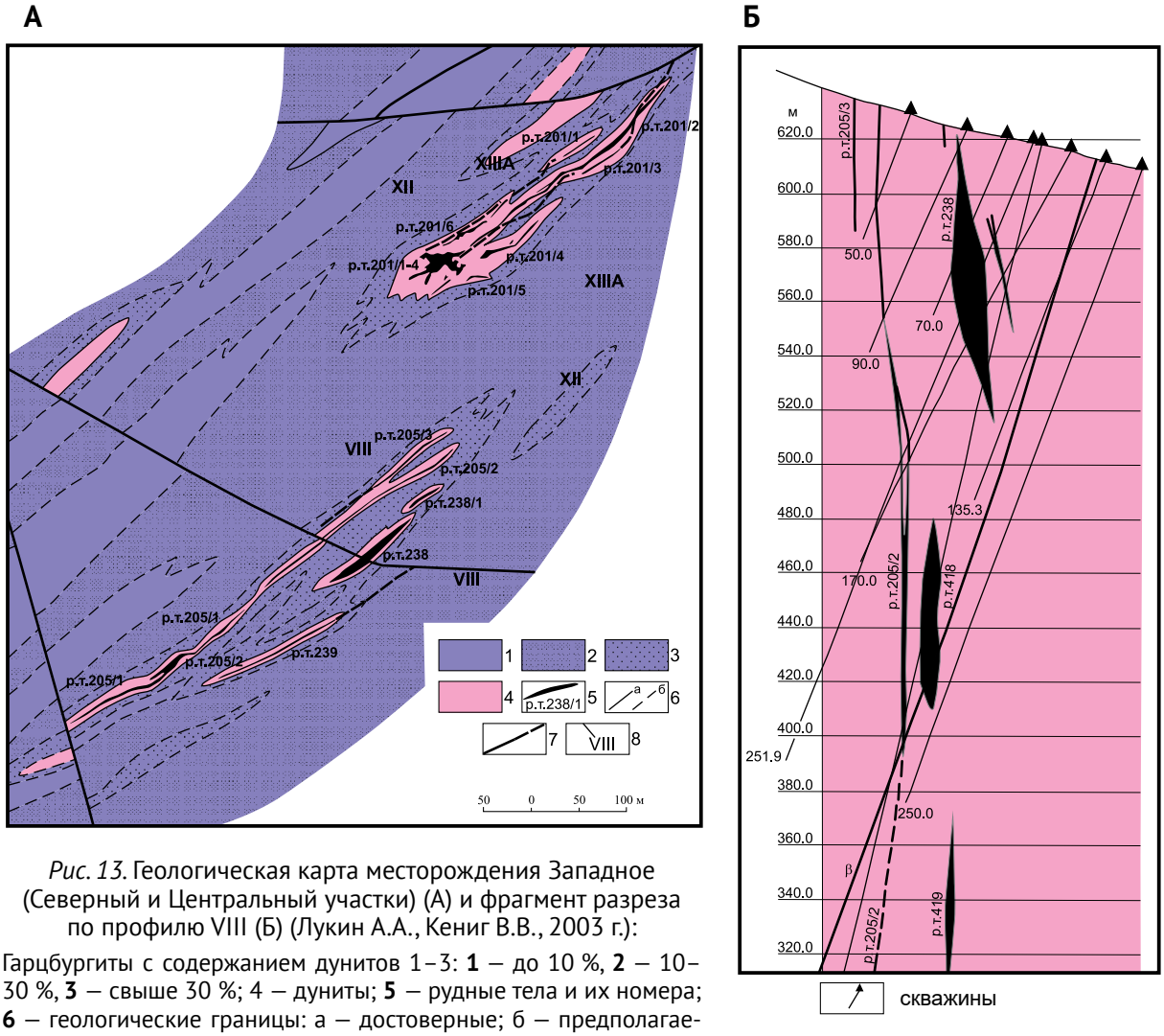


Рис. 13. Геологическая карта месторождения Западное (Северный и Центральный участки) (А) и фрагмент разреза по профилю VIII (Б) (Лукин А.А., Кениг В.В., 2003 г.):

Гарцбургиты с содержанием дунитов 1–3: **1** — до 10 %, **2** — 10–30 %, **3** — свыше 30 %; 4 — дуниты; **5** — рудные тела и их номера; **6** — геологические границы: а — достоверные; б — предполагаемые; **7** — тектонические нарушения; **8** — профили разведочных работ

Обе рудные зоны вытянуты в северо-восточном направлении и смещены относительно друг друга на 120 м. Рудная зона Северного участка (северо-восточная) состоит из 9 сближенных рудных тел. Протяженность рудной зоны на поверхности 300 м, максимальная ширина в юго-западной части 40 м, падение субвертикальное, склонение на северо-восток 55–60° под углом 30–80°. Длина рудных тел от 25 м до 300 м, по склонению — 100–560 м, мощность — от 0,9 м до 2,2 м. Рудные тела жило-линзо-пластообразной формы с раздувами до 7–8 м и пережимами мощности до 0,2–0,3 м, средняя мощность 0,61–2,27 м, содержание Cr_2O_3 30,8–45,48 %, запасы в отдельных рудных телах от 9,8 тыс. т до 290 тыс. т. В пределах зоны рудные тела расположены друг от друга на расстоянии от первых метров до 25 м. На контакте с рудными телами дуниты сильно серпентинизированы.

Рудная зона Центрального участка прослежена по простиранию на 470 м, состоит из двух подзон — северной и южной. В северной, протяженностью 470 м, четыре сближенных рудных тела длиной на поверхности 90–440 м, по склонению 250–230 м. Залегание рудных тел субвертикальное, склонение 20–40°, мощность 0,7–1,7 м изменяется от 0,14 м до 14,0 м, содержание Cr_2O_3 34–42 %, оцененные запасы отдельных тел от 47 тыс. т до 1200 тыс.т. Южная подзона на расстоянии 35 м от северной имеет протяженность на поверхности 100 м, мощность 10–12 м, состоит из четырех рудных тел длиной 30–120 м, по склонению 450–500 м, средняя мощность рудных тел от 0,7 м до 4,56 м, изменяется от 0,16 м до 15,0 м, содержание Cr_2O_3 в рудах 24–41 %, запасы в отдельных рудных телах от 20 тыс. т до 680 тыс. т. Мощность дунитового тела северной подзоны от 15 м на юго-западе до 0 м в центре и до 25 м на северном окончании. В южной подзоне дунитовая линза имеет мощность 20 м и протяженность 200 м.

В пределах Южного участка протяженностью 1,5 км по результатам геологоразведочных работ выделены несколько разобщенных рудных тел, приуроченных к единой тектонической зоне северо-восточного простирания. В коренных обнажениях рудная залежь прослежена в виде жилообразных линзовидных тел и будин длиной до 10–15 м и мощностью до 0,5 м. Падение рудной залежи субвертикальное, содержание Cr_2O_3 в ней колеблется от 33 до 53 %, руда аналогична рудам Центрального участка.

Рудные тела месторождения Западное имеют форму крутопадающих тонких линз, жил, залегающих кулисообразно. Контакты руд резкие. Значительная часть рудных тел является слепыми. Текстура руд массивная, вкрапленная, реже полосчатая. Структура средне-крупнозернистая, реже мелкозернистая. Размер хромшпинели от 0,06–0,1 до 2–3 мм, иногда 5–7 мм. Минеральный состав руд: хромшпинель 15–95 %, нерудные минералы цемента: оливин, серпентин, кеммererит; брусит, тальк, магнетит и сульфиды —от единичных знаков до 1 %. Содержание Cr_2O_3 в рудных телах — от 8,35 до 49,28 %, среднее содержание в запасах 37,12 %. Отношение Cr_2O_3/ FeO' 3,15–3,99.

Состав рудной хромшпинели (масс. %): Cr_2O_3 58,89–61,15, Al_2O_3 8,86–9,83, Fe_2O_3 3,18–5,39, FeO 12,46–13,88, MgO 12,64–13,66, TiO_2 0,08–0,13, MnO 0,00–0,18.

В породах и рудах месторождений Западное и 214 содержания металлов платиновой группы близки и колеблются от 0,01 до 0,74 г/т. В концентрате зерна минералов ЭПГ представлены свободными зернами и срастаниями ирарсита, эрликманита, лаурита и самородного осмия, с редкими включениями интерметаллических фаз FePt и CuOs [108].

По технологическим свойствам руды относятся к легкообогатимым. Кондиционные концентраты могут быть получены как традиционным гравиметрическим способом, так и с применением магнитной и рентгенорадиометрической сепарации. Полученные концентраты отвечают требованиям действующих технических условий на все виды хромового сырья.

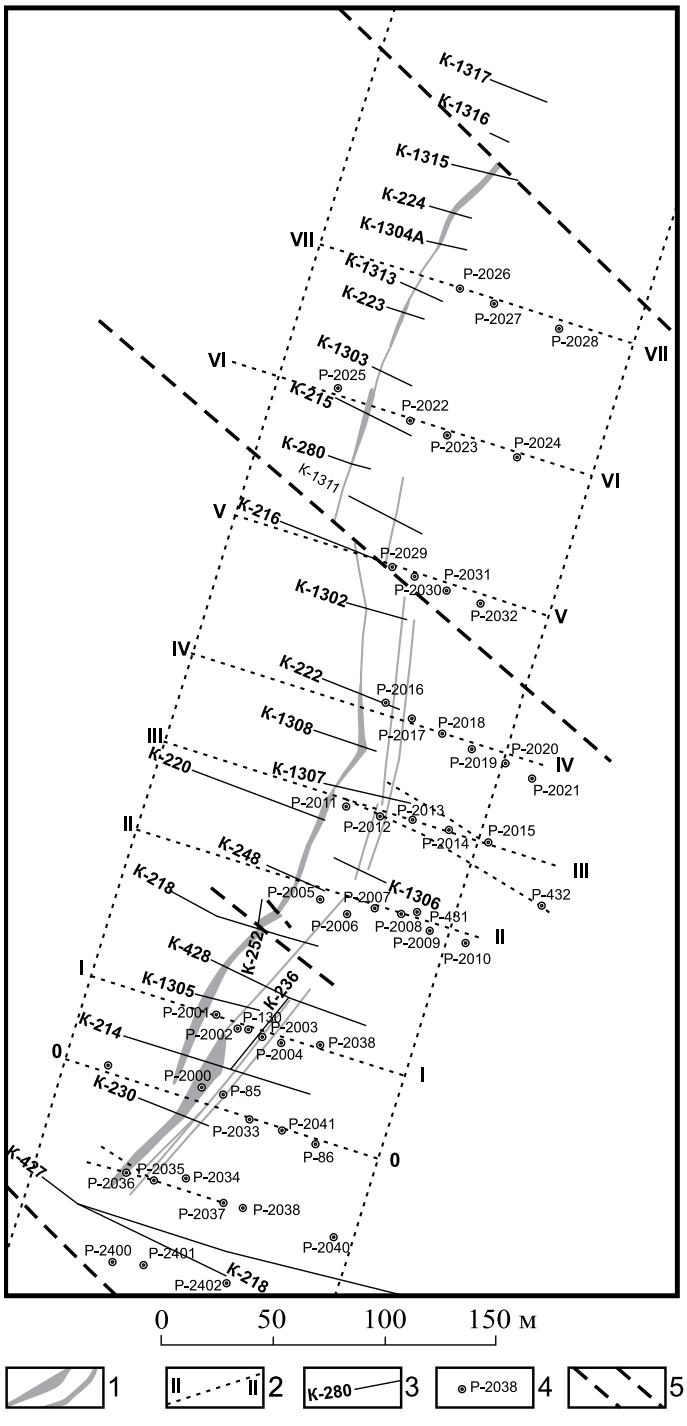


Рис. 14. План рудных тел месторождения 214 (Лукин А.А., 2003 г.):

1 — рудные залежи; **2** — профили; **3** —канавы и их номера; **4** — скважины и их номера; **5** — разрывные нарушения

Балансовые запасы месторождения Западное на 30.07.2010 г.по сумме категорий C_1+C_2 — 2900,5 тыс. т, прогнозные ресурсы, оцененные по падению и склонению рудных тел, по кат. P_1 — 1,9 млн т с содержанием Cr_2O_3 37,43 % [87].

Месторождение 214

Месторождение 214 расположено в 1,5 км к юго-западу от месторождения Западное среди пород дунит-гарцбургитового комплекса с содержанием дунитовой составляющей от 10 до 70 %. Размеры площади месторождения — 0,03 км^2 (600×50 м). Абсолютные отметки поверхности — 420–620 м. В пределах месторождения выявлены шесть сближенных рудных тел, которые группируются в рудную залежь северо-восточного простирания (30–40°) протяженностью 500 м *(рис. 14)*. Контакты руды с вмещающими дунитами резкие, отчетливые, часто несут следы тектонических деформаций, причем последние прослеживаются как в рудах, так и во вмещающих породах. Вмещающие дуниты на контакте, как правило, изменены и представлены серпентинизированными разностями желто-зеленого, яблочно-зеленого цвета. Мощность околорудных изменений достигает 1,5 м и зависит от мощности рудных тел, типа руд, тектонических деформаций. Выклинивание рудных тел по падению и простиранию достаточно резкое, за пределами тел по простиранию во вмещающих породах всегда наблюдаются тектонические деформации.

Все рудные тела имеют жилообразную форму с раздувами, пережимами и апофизами, с неравномерной и весьма неравномерной мощностью при достаточно равномерном содержании Cr_2O_3. Простирание рудных тел 30–40°, падение 70–85°на юго-восток, длина тел 30–50 м, одного 450 м, размер по падению от 40 до более 200 м, мощность 0,6–1,5 м до 4,7 м. Расстояние между телами 0,6–6,0 м. Текстура руд

средне-густовкрапленная и сплошная, структура от мелко- до крупнозернистой. Размер зерен хромшпинели от 0,01 до 2 мм, преобладающий 0,50–0,89 мм. Содержание Cr_2O_3 в рудах — от 33,94 до 51,2 %, среднее — 47,68 %, отношение Cr_2O_3/FeO' 2.78–3.62. В рудном хромшпинелиде содержание основных компонентов (масс. %): Cr_2O_3 54,12–59,45; Al_2O_3 3,96–10,78; Fe_2O_3 3,35–12,13, FeO 3,18–13,47; MgO 5,77–19,18. Состав руд аналогичен рудам месторождения Западное.

При обогащении неклассифицированного материала суммарный концентрат содержит 52,51 % Cr_2O_3 при извлечении — 3,48 %. По химсоставу концентрат удовлетворяет требованиям технических условий для производства феррохрома. Запасы месторождения в 146 тыс. т отнесены к забалансовым.

Месторождение Юго-Западное I

Месторождение Юго-Западное I находится в крайней юго-западной части массива, в 400 м к востоку от его юго-западного контакта. Площадь месторождения — 0,04 км^2, абсолютные отметки поверхности — 460–480 м, расположено в полосе пород нерасчлененного дунит-гарцбургитового комплекса шириной до 100 м и длиной — 350–400 м с содержанием дунитов свыше 70 %. Оруденение представлено двумя рудными телами-1001 и 1003. Простирание рудных тел северо-восточное, падение северо-западное под углом 60–65°. Длина тел 120 и 50 м, мощность 3,6 м и 0,9 м, соответственно. По падению рудное тело 1001 прослежено на 200 м. Форма тел уплощенно-линзовидная. Руды средне-густовкрапленные, содержание Cr_2O_3 33–43 %. Химический состав густовкрапленной руды (мас. %): Cr_2O_3 44,23, Al_2O_3 7,73, Fe_2O_3 1,88, FeO 10,8, MgO 21,2. Отношение Cr_2O_3/FeO' 3,56. Содержание компонентов в рудном хромшпинелиде (масс. %): Cr_2O_3 56,16–58,18, Al_2O_3 10,9–12,1, Fe_2O_3 3,0–5,02, FeO 11,47–13,87, MgO 13,1–14,61, TiO_2 0,12–0,17. Протоколом № 9 ТКЗ Ямалнедра от 25.08.17. по результатам работ 2011–2015 гг. на месторождении утверждены запасы в 131,45 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 39,05 %.

Месторождение Юго-Западное II

Месторождение находится в юго-западной приконтактовой части массива Рай-Из, в 400 м северо-западнее рудопроявления Юго-Западное I, расположено на пологом склоне (5–15°) с абсолютными отметками 480–545 м. Площадь месторождения составляет 0,3 км^2. На месторождении вскрыто значительное количество рудных тел, имеющих сложную морфологию. Хромовое оруденение представлено 22 рудными телами в породах нерасчлененного дунит-гарцбургитового комплекса с содержанием дунитов более 30 %. Рудные тела залегают довольно компактно, образуя единую рудную зону шириной 25–150 м и длиной до 500 м.

Простирание зоны и отдельных рудных тел северо-восточное (40–60°), падение северо-западное под углом 40–60°. Мощность тел изменяется от 0,2 м до 16,6 м. Длина некоторых тел хромитов, ограниченная размерами тектонических блоков, колеблется от 5–10 м до 160 м, установленная протяженность одного из рудных тел по падению составляет 140 м. Для слепых рудных тел, подсеченных скважинами, длина не установлена. Форма тел уплощенная линзовидная, осложненная пострудной тектоникой.

Рудные тела сложены различными типами руд — от убоговкрапленых до густовкрапленных. Наиболее распространенным является убого-редковкрапленный тип хромовых руд с содержанием Cr_2O_3 10–24 % и соотношением в них Cr_2O_3/FeO' 1,43–2,35. Текстура руд вкрапленная и линейно-полосчатая. Полосчатость обусловлена чередованием полос различных типов руд и дунитов с повышенной до 10 % вкрапленностью

хромшпинелидов. Мощность рудных полос — 1–10 см, дунитов — до 2–5 см. Структура руд мелко-среднезернистая.

В рудных телах отмечаются редкие обособления дунитов линзообразной формы мощностью до 1 см. Содержание компонентов в рудном хромшпинелиде (масс. %): Cr_2O_3 51,02–55,09, Al_2O_3 9,23–18,73, Fe_2O_3 3,0–5,17, FeO 11,48–21,61, MgO 7,75–14,88, TiO_2 0,13–0,23. Отношение Cr_2O_3/FeO' 3,0. В 2017 г. Протоколом № 9 ТКЗ Ямалнедра от 25.08.17. на месторождении утверждены запасы 99,2 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 19,26 %.

Месторождение Юго-Западное III

Месторождение расположено в юго-западной части массива на пологом склоне правого борта долины реки Макар-Рузь. В 1 км на северо-восток от него находится месторождение Юго-Западное IV, а в 0,5 км на запад — Юго-Западное II. Абсолютные отметки 380–470 м. Площадь 0,01 км^2. Месторождение приурочено к южному замыканию Южного дунитового тела, где ширина его уменьшается до 500 м. Кулисообразно расположенные рудные тела формируют зону шириной 50 — 200 м, длиной 500 м. Простирание зоны субмеридиональное, согласное с простиранием тела дунитов на его южном замыкании.

В пределах месторождения установлены несколько мелких нарушений различной ориентировки. Они сопровождаются зонами дробления и прожилковой серпентинизации, реже телами талькитов и серпентинитов мощностью до 10 м. В юго-восточной части месторождения выделено крупное нарушение северо-восточного простирания с крутым падением на северо-запад. Нарушение трассируется серпентинитами мощностью 6–15 м с жильными телами актинолититов и горнблендитов мощностью до 0,5 м.

Месторождение по пространственному расположению и морфологии рудных тел, качеству руд подразделяется на две части — северную и южную. В северной части вскрыты два крупных пластообразных тела (1023/1–2), сопровождающихся 9-ю мелкими уплощённо-линзовидными телами (1036, Р-480, Р-526 б, Р-524, 1025, Р-526а, Р-473, Р-481, Р-472).

Простирание пластообразных рудных тел от северо-западного (340°) до субмеридионального, падение от пологого (40°) северо-восточного до очень крутого и субвертикального в северной части тел, склонение под углом 40–50° в северо-западном направлении. Расстояние между телами от 0,5 до 6 м, мощность тел от 0,2 до 4,1 м, протяжённость 230–300 м, протяженность по падению — 50–400 м. Рудные тела уплощенно-линзовидной формы расположены в 3–80 м от пластообразных тел, в основном выше по разрезу. Элементы залегания их в целом согласные с пластообразными телами.

В южной части месторождения Юго-Западное III выявлены 30 мелких уплощённо-линзовидных тел, 27 из которых локализованы в узкой зоне шириной от 20 до 70 м, протяжённостью 400 м. Падение рудных тел северо-восточное (40–75°), простирание северо-западное до субмеридионального. Установлено общее северное, северо-западное склонение зоны под углом 30°. Мощность рудных тел от долей метра до 2,7 м, в среднем 1,2 м, длина 20–80 м, протяженность по падению 25–100 м.

Расстояния между рудными телами от 1–2 до 50 м. Для их внутреннего строения характерно чередование дунитов и разноориентированных прожилков и шлиров различных типов руд мощностью 1–10 см.

Из всех рудных тел Северного и Южного участков только сильно сближенные рудные тела 1023/1 и 1023/2 Северного участка обладают мощностью более 1 м (1,7 и 2,1 м соответственно) и содержанием Cr_2O_3 21,82 и 21,62 %.

В рудных телах выделяются различные типы руд от убого- до густовкрапленных, преобладают убоговкрапленные. Характерно обогащение верхних частей рудных тел. Текстуры богатых руд равномерновкрапленные, бедных — шлирово-вкрапленные.

Содержание Cr_2O_3 в рудах варьирует от 7,89 % до 36,14 %, при среднем около 22 %, в рудном хромшпинелиде — 52,42–55,24 %, в среднем 54,28 %. Отношение Cr_2O_3/FeO' в рудах северного участка 0,89–2,11, на южном участке 0,69–1,76.

По результатам обогащения валовой пробы хромовые руды легкообогатимы, получены хромитовые концентраты с содержанием Cr_2O_3 48,17–50,44 % и соотношением Cr_2O_3/ FeO' около 3, при извлечении 81,27–84,77 %. Содержание вредных примесей в исходных рудах низкое. Протоколом № 9 ТКЗ Ямалнедра от 25.08.17. на месторождении утверждены запасы в 255 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 26,3 %.

Месторождение Юго-Западное IV

Месторождение находится в северной части Южного дунитового тела. Западная часть расположена на крутом склоне (15–25°), восточная и северная части — в долине рек Макар-Рузь и Визув-Шор. Большая часть площади сложена дунитами, лишь на северо-западном фланге закартированы дуниты и гарцбургиты нерасчлененные. Восточный и северный фланги месторождения перекрыты чехлом четвертичных отложений мощностью до 60 м. Контакт между дунитами Южного дунитового тела и дунит-гарцбургитовым комплексом тектонический и проходит по зоне Юго-Западного разрыва. Простирание тектонической зоны северо-восточное (40–60°), падение на юго-восток под углом 50–70°. Другие тектонические нарушения выражены слабее и не играют существенной роли в геологическом строении площади рудопроявления.

В пределах месторождения выявлены 27 рудных тел хромовых руд, большая часть которых локализуется в зоне шириной 0,2–0,6 км и длиной более 2 км. Все рудные тела, за небольшим исключением, залегают в крупно-гигантозернистых дунитах.

Расстояние между рудными телами от 1 м до 156 м. Насыщенность зоны рудными телами невысокая. Мощность рудных тел от 0,2 м до 9,0 м, простирание рудных тел субмеридиональное, падение очень крутое, западное до субвертикального. По аналогии с другими более изученными месторождениями (Юго-Западное III, Западное, 214) предполагается наличие склонения в северном направлении.

Содержание Cr_2O_3 в рудных телах варьирует от 6,03 % до 47,1 %. Химический состав хромовых руд и хромшпинелидов в рудах не отличается от других рудопроявлений Южного дунитового тела. Руды легкообогатимые, преобладают вкрапленные текстуры.

Самыми крупными телами являются 1032, 1054, 237 и 553. Рудные тела уплощенно-линзовидной формы длиной около 100 м, мощностью 3,5–9,0 м и содержанием Cr_2O_3 от 19,17 % до 47,1 %, с преобладающими около 20 %, в которых отношение Cr_2O_3/ FeO' составляет 1,83–1,99. Наиболее высокие содержания Cr_2O_3 характерны для рудного тела 237 с наиболее высоким содержанием Cr_2O_3. В целом, для рудопроявления отмечается улучшение качества руд, увеличение мощности рудных тел и их количества в северо-восточном направлении.

По результатам поисково-оценочных работ 2011–2015 гг. на площади бывшего рудопроявления разведаны 3 месторождения: Юго-Западное IV Северная часть, Юго-Западное IV Южная часть и месторождение Юго-Западное IV-553. Протоколом № 9 ТКЗ Ямалнедра от 25.08.17 г. по первому утверждены запасы хромовых руд 80,2 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 35,1 %, по второму 103,1 тыс. т с 24,2 % Cr_2O_3, по третьему — забалансовые 81 тыс. т с содержанием 24 %.

Месторождения и рудопроявления Южного рудного поля

Южное рудное поле включает площади, расположенные к западу и востоку от Полойшорского разлома. Кроме месторождения Центральное и рудопроявления Склоновое к западу от него, рудное поле объединяет, расположенные к востоку от разлома месторождения: Центральное II, Полойшорское I, Рыбий Хвост и рудопроявление Полойшорское II. По своим характеристикам они ближе к проявлениям Енгайского рудного поля, чем к месторождению Центральное.

В 2017 г. протоколом ТКЗ Ямалнедра рудопроявления Центральное II, Полойшорское I и Рыбий Хвост переведены в разряд мелких месторождений с запасами кат. C_1+C_2: Полойшорское I — 25,9 тыс. т (Cr_2O_3 20 %), Центральное II — 133,7 тыс. т (Cr_2O_3 30 %), Рыбий Хвост — 122,2 тыс. т (Cr_2O_3 20 %).

Месторождение Центральное II

Месторождение Центральное II находится на водоразделе р. Макар-Рузь и руч. Полой-Шор в 1,2 км к северу от месторождения Центральное. Оруденение локализуется в породах нерасчлененного дунит-гарцбургитового комплекса с содержанием дунитов до 70 % и представлено 7 рудными телами, расположенными на участке размером 100×450 м. Рудные тела уплощенно-линзовидной формы расположены в субширотном теле гигантозернистых дунитов протяженностью более 300 м, простирание рудных тел северо-восточное, падение под углом 70–75° на северо-запад. Мощность рудных тел колеблется от 0,85 до 9,8 м, длина достигает 100 м. По падению рудные тела прослежены на 30–80 м. Руды средне-густовкрапленные (р.т. 57, 59, 60, 60/1, 100), редковкрапленные (р.т. 66) и убоговкрапленные (р.т. 101). Содержание Cr_2O_3 в рудах 23,25–41,48 %. Содержание компонентов в рудном хромшпинелиде (масс. %): Cr_2O_3 48,87–59,67; Al_2O_3 6,49–12,70; Fe_2O_3 4,54–10,77, FeO 11,96–20,97; MgO 7,71–14,04; TiO_2 0,08–0,21.

Месторождение Полойшорское I

Месторождение Полойшорское I площадью 400х100 м расположено к северо-востоку от месторождения Центральное и к югу от месторождения Центральное II. В 200 м к востоку от проявления проходит граница Центрального дунитового тела. Оруденение представлено двумя телами редковкрапленных хромовых руд 12 и 14, расположенными цепочкой в теле гигантозернистых дунитов широтного простирания, расположенного в поле нерасчлененного дунит-гарцбургитового комплекса с дунитовой составляющей около 30 %. Длина рудных тел 80 и 100 м, средняя мощность 1,8 и 1,1 м, соответственно. Простирание тел широтное, падение — северо-западное 65–75°. Рудное тело 12 по падению не прослежено, тело 14 скважиной прослежено до глубины 140 м. Рудные тела имеют выдержанную мощность по падению и простиранию. Среднее содержание Cr_2O_3 составляет 21,52 и 25,48 %, соответственно.

Хромшпинель высокохромистая (масс. %): Cr_2O_3 52,80; Al_2O_3 9,46 ; Fe_2O_3 11,1; FeO 13,05; MgO 13,15; TiO_2 0,21.

Рудопроявление Полойшорское II

Рудопроявление расположено в 500 м к северо-востоку от месторождения Центральное II-е, в центральной части Центрального дунитового тела. Размеры площади рудопроявления 600×600 м. Оно включает две рудные залежи 400 и 402, залегающие в гигантозернистых дунитах с повышенной вкрапленностью хромшпинелида.

Оруденение представлено нечетко выраженными залежами убого-редковкрапленных, шлирово-прожилковых хромовых руд, крайне невыдержанными по простиранию и падению. Текстура руд шлировая, шлирово-полосчатая. Содержание Cr_2O_3 в рудах колеблется от 5,91 до 28,70 %.

Хромшпинель имеет состав (масс. %): Cr_2O_3 53,94–57,47, Al_2O_3 6,49–10,13; Fe_2O_3 5,60–10,66 ; FeO 13,30–20,97; MgO 7,71–13,29; TiO_2 0,08–0,14.

Суммарная мощность рудных тел по залежи 400 составляет 5,0 м, по залежи 402 она изменяется от 12,2 до 34,75 м. Длина рудоносной зоны по простиранию и падению достоверно не установлена, однако залежь 402 прослеживается по простиранию не менее, чем на 400 м, по падению оруденение фрагментарно прослежено до глубины 300 м.

Технологические испытания обогатимости руд, выполненные по двум пробам с содержанием Cr_2O_3 10,8 % и 22,7 %, показали возможность получения из них хромовых концентратов с содержанием Cr_2O_3 49,19 % и 51,16 %, соответственно. Прогнозные ресурсы хромовых руд рудопроявления по категории P_1 составляют 220 тыс. т.

Месторождение Рыбий Хвост

Месторождение расположено в 3,6 км к северо-востоку от месторождения Центральное, в субширотных телах крупно-гигантозернистых дунитов к востоку от Центрального дунитового тела. Крупная полоса дунитов длиной около 1 км, шириной 150 м на западе и 90 м на востоке содержит группу линзовидных рудных тел длиной от 20–50 м до 500–540 м и мощностью от 0,4 до 19,9 м. Падение рудных тел крутое на север 60–75°, по падению они прослежены на 50–220 м. Контакты рудных тел постепенные; вблизи контактов наблюдаются ореолы повышенной вкрапленности хромшпинели в дунитах. Рудоносная зона имеет протяженность 700 м, разбита со смещением северо-восточными разломами на ряд блоков. Руды убого-редковкрапленные, реже средневкрапленные, струйчато-шлировые. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 7,55 до 36 %.

Рудная хромшпинель высокохромистая (масс. %): Cr_2O_3 46,85–52,80; Al_2O_3 9,46–18,89; Fe_2O_3 7,88–13,15; FeO 9,37–14,98; MgO 12,10–16,64; TiO_2 0,21–0,34. По минеральному составу хромшпинель соответствует магнезиальному субферриалюмохромиту, при метаморфизме она приобретает повышенную железистость.

Месторождения и рудопроявления Енгайского рудного поля

Енгайское рудное поле, объединяющее 7 рудопроявлений, располагается в 6 км к востоку от месторождения Центральное, занимает площади левого и правого берега реки Енга-Ю. По результатам поисковых и оценочных работ ОАО «ЧЭМК» в 2007–2015 гг. [106] четыре из них решением ТКЗ Ямалнедра в 2018 г. переведены в разряд месторождений с балансовыми запасами по категории C_1+C_2 по месторождению Енгайское III 21,8 тыс. т (Cr_2O_3 31,13 %), с забалансовыми запасами по месторождениям: Енгайское I 64,5 тыс. т (Cr_2O_3 15,75 %), Среднеенгайское 1,3 тыс. т (Cr_2O_3 10,80 %), Енгайское IV 10,8 тыс. т (Cr_2O_3 20,43 %).

Рудное поле сложено гарцбургитами с различным содержанием дунитовой составляющей. Примерно четвертую часть площади на севере слагают гарцбургиты с дунитовой составляющей 10 %, центральную и южную — с 10–30 %. Среди гарцбургитов с дунитовой составляющей 10–30 %, развита серия субширотных линзовидных и пластообразных крутопадающих тел дунитов, к большинству из которых и приурочены месторождения и рудопроявления хромовых руд. Длина дунитовых тел 500–1700 м, ширина 40–150–300 м, простирание восток-северо-восточное, падение субвертикальное на СЗ или СВ.

Южным ограничением рудного поля является Полойшорский разлом, по которому гарцбургиты массива Рай-Из контактируют с породами дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса.

Месторождение Енгайское (Енгайское I)

Участок месторождения расположен в юго-западной части рудного поля и локализован в дунитовом теле длиной 1600 м и шириной от 40 до 270 м. Дунитовое тело интенсивно дислоцировано и представляет собой серию тектонических блоков. Общее простирание дунитов субширотное. В центральной части дунитового тела расположена рудная зона протяженностью около 200 м при мощности около 120 м. Простирание зоны северо-восточное, падение субвертикальное. В ее пределах выявлены более 30 субпараллельных рудных тел. Форма жило-линзообразная, реже неправильная, уплощенно-линзовидная, протяженность тел колеблется от 5 до 68 м, мощность непостоянна и варьирует в пределах от 0,4 до 7,0 м. Простирание северо-восточное до субмеридионального. Падение субвертикальное, северо-западное или юго-восточное. Рудные тела расположены несогласно границам дунитового тела. Контакты с вмещающими породами постепенные через зону повышенной вкрапленности в дунитах, реже — резкие. Часть тел ограничены по простиранию тектоническими нарушениями юго-восточного направления. Рудные тела расположены на расстоянии от 1,5 до 35 м друг от друга и образуют четыре подзоны шириной 15–27 м с сериями сближенных рудных тел.

Внутреннее строение рудных тел неоднородно, часты прослои интрарудных дунитов различной мощности с повышенным содержанием хромшпинелей. Руды убого-редковкрапленные, шлирово-вкрапленные, полосчатые, отмечаются небольшие интервалы руд, близких к равномерновкрапленным. Выделяются блоки редко-средневкрапленных неравномерновкрапленных руд, близких к массивным. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 6,05 до 35,68 %, в среднем — 10,98 %.

Обогатимость хромовых руд изучалась по технологической пробе весом 117 кг, отобранной из керна скважины № Р-248. Проба по составу соответствовала убоговкрапленным хромовым рудам с содержанием Cr_2O_3 10,12 %. В результате обогащения на концентрационном столе получен продукт с содержанием Cr_2O_3 40,1 %, отношением Cr_2O_3/FeO' 2,15 при извлечении 64,4 %.

Рудопроявление Енгайское II

Участок рудопроявления расположен в долине р. Енга-Ю. Абсолютные отметки поверхности составляют 290–310 м. На площади участка по редким коренным выходам, горными выработкам и скважинам закартированы крупные тела дунитов среди пород дунит-гарцбургитового комплекса с содержанием дунитовой составляющей 10–30 %.

Рудопроявление представлено рудным телом 803, вскрытым канавами, сложенным крайне неравномерно-струйчато-полосчатыми убоговкрапленными рудами. Длина уплощенно-линзовидного субширотного крутопадающего рудного тела составляет 55 м, мощность 1,2 м. Контакты постепенные через зону повышенной вкрапленности. Ориентировка тела совпадает с направлением контактов тела дунитов. Рудное тело по падению не прослежено.

Руды с средним содержанием Cr_2O_3 6,1 %, низкоглинозёмистые, нормальной железистости, аналогичные рудам участка Енгайский I.

Месторождение Енгайское III

Месторождение расположено в юго-восточной части Енгайского рудного поля, в междуречье р. Енга-Ю и руч. Иашор. Абсолютные отметки поверхности составляют 420–600 м. В геологическом строении принимает участие дунитовое тело, вмещающее серию небольших рудных тел и породы метаморфизованного дунит-гарцбургитового комплекса. Мощность дунитового тела варьирует от 40–50 до 120–145 метров. Вмещающие апогарцбургитовые серпентиниты часто рассланцованы и разбиты сеткой тектонических нарушений.

Хромовое оруденение представлено шестью обособленными рудными телами №№ 3, 6, 7, 8, 9, 11, расположенными на расстоянии от 100 до 600 м друг от друга.

В северной части участка Енгайский III в породах интенсивно метаморфизованного и дислоцированного дунит-гарцбургитового комплекса локализовано наиболее крупное в пределах участка рудное тело 3. Вмещающие представлены тальк-оливиновыми породами, трещиноватыми до слаборассланцованных. Простирание рудного тела северо-восточное 43°, падение юго-восточное 50°, склонение — восточное. Форма уплощенно-линзовидная. Протяженность — 50 м при мощности от 1,7 до 6,3 м. Контакты с вмещающими породами резкие через талькитовую оторочку мощностью 0,2–0,4 м. Талькиты крупнозернистые, сильно трещиноватые до рассыпчатых. Значительная часть хромовых руд претерпела интенсивные деформации, сопровождающиеся перекристаллизацией как вмещающих пород, так и самих руд. В результате в пределах одного рудного тела наблюдаются глиноземистые, хромистые и железистые хромиты. Рудное тело выклинивается на глубину. Крупным тектоническим нарушением субширотного направления мощностью около 8–14 м, выполненным серпентин-талькитовой брекчией, рудное тело разбито на две части. Руды средневкрапленные до густовкрапленных, иногда в краевых частях редковкрапленные, массивные с содержанием Cr_2O_3 в рудах от 8,0 до 47,7 %.

По химическому составу руды тел 3 и 11, расположенных в пределах одного участка Енгайский III, резко контрастны: глиноземистые с широкими вариациями состава первые и высокохромистые — вторые.

На юге месторождения на расстоянии 20 м друг от друга выявлены два рудных тела (8 и 9) протяженностью 30 и 20 м и мощностью 3,3 и 0,8 м. Тела выклиниваются на глубине 15 и 10 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах 29,8 и 31,6 %, соответственно.

В юго-западной части месторождения в дунитовом теле расположены рудные тела 6, 7, 11. Протяженность тел не более 80 м, мощность 1–2 м, простирание 65°, падение на юго-восток как пологое, так и крутое. Руды убого-редковкрапленные, полосчатые, в рудном теле 11 нодулярные — самые высокохромистые в пределах рудного поля .

Месторождение Енгайское IV

Месторождение расположено на левом берегу р. Енга-Ю в северной части Енгайского рудного поля с абсолютными отметками 640–650 м. Участок локализован в дунитовом теле среди пород метаморфизованного дунит-гарцбургитового комплекса с содержанием дунитовой составляющей (10–20 %). Вмещающие дуниты средне-крупнозернистые, массивные до трещиноватых, часто тальк- или амфиболсодержащие. Оруденение представлено рудным телом 808 протяженностью 130 м, мощностью от 0,4 до 2,7 м и двумя мелкими телами 809, 809/1 протяженностью каждое около 10 м и мощностью 0,8–1,2 м. Простирание рудных тел северо-восточное, падение — юго-восточное 65°, юго-западный фланг тела 808 падает на северо-запад под углом 83°.

Рудное тело 808 разбито на блоки тектоническими нарушениями северо-восточного

направления с амплитудами до 3 м. Отмечается уменьшение мощности рудного тела вплоть до выклинивания на глубине 40 м. Форма рудных тел — жильная, уплощенно-линзовидная. Элементы залегания рудных тел согласны контактам дунитового тела. Контакты с вмещающей породой как четкие, так и постепенные через зоны повышенной вкрапленности хромовой шпинели.

Руды убого-редковкрапленные, изредка средневкрапленные, массивные, шлирово-вкрапленные с содержанием Cr_2O_3 от 6,2 до 40,38 % при среднем 17,97 %. Состав рудной хромшпинели (масс. %): Cr_2O_3 47,07–63,80, Al_2O_3 2,13–20,57, MgO 4,76–15,15, FeO 12,22–39,93, MnO 0,26–0,54, TiO_2 0,12–0,55.

Частые содержания Al_2O_3 18–20 % при Cr_2O_3 46–49 % указывают на первично глиноземистый состав руд, что коррелирует с низким содержанием дунитовой составляющей 10–20 % в гарцбургитах.

Месторождение Среднеенгайское

Месторождение расположено на крутом склоне левого притока р. Енга-Ю и является самым северным на площади рудного поля. Абсолютные отметки поверхности рудопроявления 630–660 м. Участок расположен в крупном теле дунит-пегматитов протяженностью по простиранию 1200 м при видимой мощности 40–65 метров. Азимут простирания дунитов 60–72°, падение контактов на юго-восток. В дунит-пегматитах проявлены линейные субширотные зоны деформаций, к которым тяготеют пачки убоговкрапленных полосчатых руд.

Оруденение вскрыто канавами и представлено четырьмя маломощными рудными телами, сложенными шлирово-полосчатыми рудами. Протяженность рудных тел меняется от 40 м (р.т. 156/1 и 156/2) до 260–360 м (р.т. 156 и 157). Форма рудных тел — уплощенно-линзовидная до жилообразной, простирание северо-восточное под углом 80–83°, падение крутое юго-восточное под углом 65–80°. Мощность отдельных тел колеблется от 1,1 м до 1,6 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах варьирует от 9,4 до 13,8 %. Состав убоговкрапленных руд (масс. %): SiO_2 28,06, Cr_2O_3 13,57, Al_2O_3 1,57, MgO 37,51, FeO' 9,6, MnO 0.21, TiO_2 0,07, CaO 0,23.

Состав рудной хромшпинели (масс. %): Cr_2O_3 52,02–56,69, Al_2O_3 9,51–10,47, MgO 7,66–10,4, FeO' 20,71–22,20, MnO 0,21, TiO_2 0,41–0,52.

Большинство рудных тел оконтурены с поверхности по простиранию, а по падению и склонению не прослежены.

Рудопроявление Хребтовое

Участок рудопроявления расположен на водораздельной части и на склоне левого борта долины р. Енга-Ю. Абсолютные отметки поверхности 600–750 м.

В строении рудопроявления преобладают породы метаморфизованного дунит-гарцбургитового комплекса с содержанием дунитовой составляющей около 30 %. Породы часто рассланцованы и разбиты зонами дробления. Ориентировка тектонических зон от северо-восточной до субширотной, падение на юг-юго-восток.

Хромовое оруденение представлено мелкими маломощными телами средне-густовкрапленных хромовых руд. Форма тел — линзовидная до коротко-линзовидной. Рудные тела имеют протяженность до 10 м и мощность 0,3–1,0 м. Простирание северо-восточное 55–65°. Падение крутое юго-восточное 70–80°. По простиранию, падению и склонению рудные тела не прослежены.

Руды средне-густовкрапленные, изредка до сплошных. Содержание Cr_2O_3 по штуфным пробам — от 21,13 % до 40,5 %.

Геологическое строение и хромитоносность Войкаро-Сыньинского массива

Ультрабазиты массива непрерывно прослеживаются на 200 км при ширине 10–18 км в пределах широких блоков и 1–6 км в пережимах между ними. Площадь массива составляет 1960 км^2.

На северном окончании с ним контактирует небольшой Косшорский массив. В административном отношении Войкаро-Сыньинский массив расположен на территории Шурышкарского района Ямало-Ненецкого АО (90 % площади) и в Республике Коми (МО «Город Воркута»). Орографически массив слагает осевую часть Главного Уральского хребта с сильно расчлененным рельефом и одновременно с широким развитием поверхностей выравнивания на уровнях 600, 800 и 1000 м; максимальные высотные отметки поверхности достигают значений 1300–1472 м. Горный массив изобилует многочисленными карами, цирками, трогами, каньонами с обрывистыми субвертикальными бортами, у основания которых часто расположены небольшие ледники. Относительные превышения водоразделов над долинами составляют 600–900 м. В изобилии — заболоченные ложбины с типичной тундровой растительностью.

До начала 50-х годов прошлого века изучение Войкаро-Сыньинского массива проводилось лишь на локальных участках. Отдельные рудопроявления были изучены поисковыми маршрутами, горными выработками в 40-х годах. В 50–60 гг. часть площади массива была охвачена геологосъемочными работами масштаба 1:100 000 — 1:200 000. В результате этих работ была подтверждена хромитоносность массива.

Планомерное изучение Войкаро-Сыньинского массива началось в 60-е годы XX-го века с проведения полистных геологических съемок с общими поисками масштаба 1:50 000, которые проводились геологами Воркутинской КГРЭ (позднее Полярно-Уральское научно-производственное объединение): И.Б. Грановичем, В.Н. Гессе, Б.Я. Дембовским, М.А. Масловым, А.А. и Г.Н. Савельевыми, В.И. и Х.Т. Шляховыми и другими. В результате практически на всю площадь Войкаро-Сыньинского массива была составлена геологическая карта масштаба 1:50 000 (включая прилегающие районы), выявлено большое количество точек минерализации и рудопроявлений хромовых руд. В 60-х –70-х гг. выполнены поисковые и съемочные работы и оценка рудопроявлений на отдельных площадях. Основные результаты этих работ были обобщены в прогнозной карте массива масштаба 1:50 000 и каталоге рудопроявлений к ней [143], а также в публикациях [27, 28]. В 2000 г. на основе разделения перидотитов массива на структурно-вещественные комплексы Б.В. Перевозчиковым и А.М. Овечкиным, на основе карты А.А. и Г.Н. Савельевых, была составлена карта хромитоносности Войкаро-Сыньинского массива масштаба 1:100 000 [133].

В 1990-х и 2000-х гг. поисковые работы на хромиты были проведены в центральной и северных частях массива [123, 121, 95, 51], с 2013 по 2017 гг. — в южной части и на всей его площади [135, 155, 40]. В результате этих работ были уточнены масштабы известных рудопроявлений. К 2020 г. остался относительно слабоизученным самый южный и труднодоступный Лаптапайский блок массива.

Гипербазиты Войкаро-Сыньинского массива, вместе с габброидами кершорского комплекса, параллельными долеритовыми дайками лагортинского и плагиогранитами собского комплекса, слагают основание офиолитового разреза массивов Полярного Урала. Весь этот комплекс пород входит в состав крупного аллохтонного блока, надвинутого по зоне Главного Уральского разлома на восточный край лемвинского пакета аллохтонных блоков, сложенных образованиями континентального склона

Восточно-Европейской платформы. Подошва ультрабазитов наклонена на восток под углами от 10–20 до 40°, мощность массива увеличивается от 0,5–1,0 км в западной части до 8–10 км к восточному краю, составляя в среднем 4–6 км. Падение контактов ультрабазитов крутое (70–80°) на востоке и более пологое (20–60°) на западе *(рис. 15)*.

В связи с неясностью на ранних этапах изучения массива структурных взаимоотношений между отдельными частями офиолитового разреза в его составе с запада на восток были выделены наклоненные на восток три аллохтонных покрова: нижний Хулгинский, сложенный в основном гранатовыми и цоизитовыми амфиболитами с линзами-блоками габброноритов; средний Пайерский, в который были объединены ультрабазиты массива, габбро и габбро-амфиболиты кершорского и диабазы лагортинского комплексов; верхний Лагортинский, в составе которого амфиболиты, плагиограниты, вулканиты диабазовой, андезито-базальтовой и андезито-дацитовой формаций, в верхних частях разреза с вулканогенно-осадочными отложениями.

Офиолитовый разрез массива снизу вверх включает:

— преобладающие в его центральной части гарцбургиты с комплексом жильных энстатититов, вебстеритов с мелкими и крупными телами и жильными образованиями дунитов, реже габброидов и плагиоклазитов, развитых, в основном, в краевых частях перидотитового ядра массива;

— дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый (полосчатый) комплекс, развитый в виде крупных полос по западным и восточным краям центральных гарцбургитов;

— полосчатые габбро-нориты и габбро в западной и восточной периферии полосчатого комплекса, на западе представленные в основном амфиболитами;

— комплекс параллельных даек, более широко развитых к востоку от массива, но отмечаются и по западной окраине в верховьях р. Средний Кечпель;

— выше диабазов к востоку от массива располагаются диориты, плагиограниты и тоналиты собского комплекса и перекрывающий его эффузивно-осадочный комплекс самых верхних частей офиолитового разреза. Линзы и блоки пород ДВКГ комплекса изредка присутствуют среди габброидов вблизи западной и восточной границ массива.

В составе перидотитов массива преобладают истощенные и неистощенные гарцбургиты с границей по содержанию ортопироксена примерно в 20 %. По текстурным особенностям среди гарцбургитов выделяются массивные (преобладающие) и полосчатые разновидности. Линзоводные и жильные тела дунитов составляют среди гарцбургитов около 10 %. С дунитами связаны различные по масштабу концентрации хромитов. На все перечисленные породы накладывается ранняя лизардитовая серпентинизация, захватывающая весь объем перидотитов, и более поздняя — антигоритовая в виде линейных зон, линз, полос массивных и сланцеватых войкаритов.

Войкаро-Сыньинский массив имеет ярко выраженное блоковое строение. Традиционно с севера на юг в нем выделяются: северный Пайерский блок, южнее — Хойлинский, Погурейский, Лаптапайский и Сыньинский. На северо-восточном окончании Пайерского блока располагается небольшой Косшорский массив. Каждый из блоков отличается особенностями геологического строения, что особенно ярко проявляется в различном строении Пайерско-Хойлинской части массива, Погурейского и Лаптапайского блоков.

Самый северный Пайерский блок имеет протяженность 32 км, ширину 20 км с пережимом в средней части до 8 км. На северо-западе породы блока надвинуты на габбро-амфиболиты кершорского комплекса и вулканогенно-осадочные отложения нижнего палеозоя. На северо-востоке они контактируют с метаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями Хараталоуской депрессии, на юго-востоке — с габбро

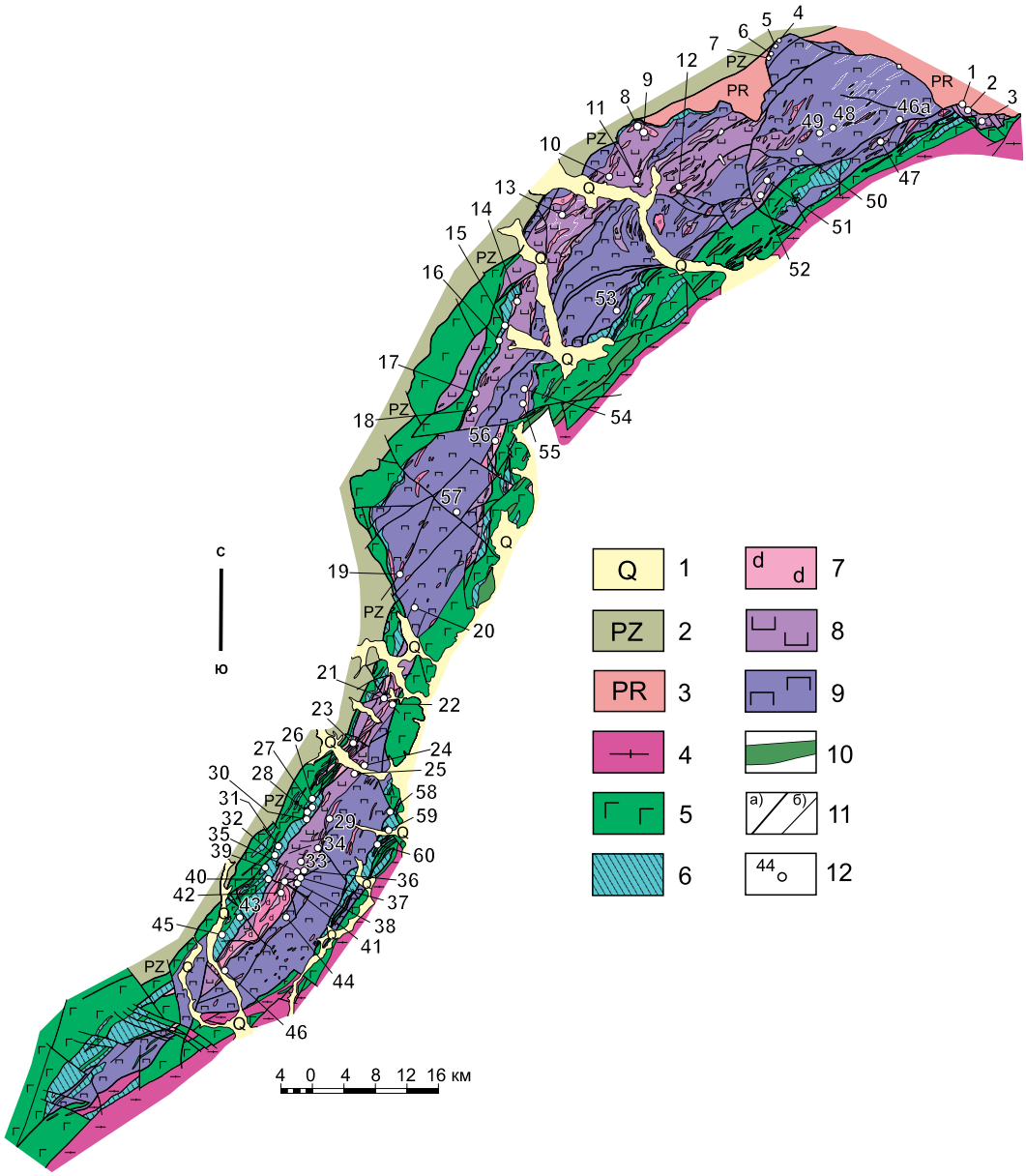


Рис. 15. Схематическая геологическая карта Войкаро-Сыньинского массива (по материалам Савельева А.А., Савельевой Г.Н. , 1972 г., Овечкина А.М., 1999 г., Перевозчикова Б.В., 2000 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — палеозойские вулканогенно-осадочные комплексы нерасчлененные; **3** — протерозойские метаморфические комплексы нерасчлененные. Райиз-Войкарский нижнепалеозойский офиолитовый комплекс: **4** — Собский комплекс: кварцевые диориты, плагиограниты. **5** — Кершорский комплекс: габбро, габбронориты амфиболизированные, дайки долеритов. Райиз-Войкарский перидотитовый комплекс: **6** — дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс: дуниты, верлиты, пироксениты, клинопироксениты, габбро; **7** — дуниты; **8** — дунит-гарцбургитовый комплекс: гарцбургиты истощенные, дуниты в виде мелких и крупных тел, дайки пироксенитов, вебстеритов; **9** — гарцбургитовый комплекс: гарцбургиты неистощенные, дуниты в виде мелких тел; **10** — дайки долеритов; **11** — разрывные нарушения: а — крупные надвиги, б — прочие разрывные нарушения; **12** — главные рудопроявления, их номера.
Рудопроявления Косшорского массива: **1** — 834; **2** –800; **3** — 816. Рудопроявления Войкаро-Сыньинского массива. *Рудопроявления западной краевой зоны массива:* **4** — Харотское 1-е; **5** — Харотское 2-е; **6** — Харотское 3-е; **7** — Харотское 4-е; **8** — Юньягинское Северное; **9** — Юньягинское Южное; **10** — Кечпельское 2-е; **11** — Кечпельское 1-е; **12** — Пайты; **13** — Хойлинское; **14** — Верхнелагортинское; **15** — Большелагортинское 1-е; **16** — Большелагортинское 2-е; **17** — Малолагортинское; **18** — Софроновское 4-е; **19** — Верхне-Погурейское; **20** — Южно-Погурейское; **21** — 680; **22** — 2481; **23** — 284; 24 — 1151; **25** — Игядей-Юганское; **26** — 527; **27** — 742; **28** — 433; **29** — Северо-Лаптапайское; **30** — Северное Высокое; **31** — Высокое; **32** — Двуглавое; **33** — Западно-Лаптапайское; **34** — Центрально-Лаптапайское; **35** — Лаптапайское 4-е; **36** — 2438; **37** — Лаптапайское 3-е; **38** — Лаптапайское 2-е; **39** — Чигим-Харутское 1-е; **40** — Чигим-Харутское 2-е; **41** — Водораздельное; **42** — Амональное; **43** — 70; **44** — 924; **45** — 90; **46** — 513. Рудопроявления восточной полосы: **46а** — Аркашорское; **47** — Бурхойлинское; **48** — Лекхойлинское 1-е; **49** — Лекхойлинское 2-е; **50** — Левопайерское; **51** — Ямботывисское 1-е; **52** — Ямботывиское 2-е; **53** — Лагортинское; **54** — Кершорское; **55** — Софроновские 1, 2, 3; **56** — 4–133); **57** — Лабогейские 1, 2, 3, 4; **58** — 495; **59** — 470; **60** — 452

и габброноритами кершорского комплекса. Южная граница блока проходит по крупному широтному разлому долины р. Хойлавис на западе, а на востоке, вероятно, чуть южнее рудопроявления Морковкинское. Основные породы, слагающие Пайерский блок, представлены неистощенными гарцбургитами с дунитовой составляющей до 10 %. В юго-восточной части блока (междуречье рр. Хойлавис — Средний Кечпель) широко проявлены крупные полосы гарцбургитов с дунитами свыше 10 %, содержащие полосы и линзы дунитов с многочисленными рудопроявлениями хромитов с высокохромистым хромшпинелидом. Мелкие тела дунитов развиты в районе Харотских рудопроявлений, где они вмещают и слагают оторочку хромитовых тел с глиноземистым составом руд. На юго-востоке блока, в северо-восточной полосе протяженностью более 15 км, дуниты образуют группы мелких тел в районе Ямботывиских, Левопайерских и Лекхойлинских рудопроявлений, также с глиноземистыми рудами. В районе рудопроявлений рудовмещающие дуниты чаще располагаются внутри линз неистощенных или истощенных гарцбургитов с дунитовой составляющей более 10–30 %. Юго-восточнее, в 4–5 км от этой полосы, располагается группа мелких дунитовых тел рудопроявлений Бурхойлинское и Аркашорское. Интенсивной антигоритизации подверглись перидотиты северо-западной краевой части блока (верховья р. Средний Кечпель) и широкая клиновидная площадь северо-восточного окончания блока.

Границами Хойлинского блока служат: на севере вышеупомянутый широтный разлом долины р. Хойлавис, на северо-западе и юго-востоке — контакты с габброидами кершорского комплекса, юго-западная граница проходит по долине р. Лагортегарт. Его протяженность в северо-восточном направлении 37 км, ширина 12–17 км. В строении Хойлинского блока, как и Пайерского, преобладают неистощенные гарцбургиты с дунитовой составляющей менее 10 %. На этом фоне в восточной его части широко развиты мелкие линзовидные кулисообразно расположенные тела (без резких границ) этих же гарцбургитов с дунитовой составляющей более 10 %, внутри которых часто локализованы мелкие тела дунитов с проявлениями хромовых руд глиноземистого состава. Аналогичные линзы неистощенных гарцбургитов с дунитовой составляющей более 10 %, с мелкими телами дунитов развиты на юге Хойлинского блока в междуречье рр. Хойла-Бол. Лагорта, в районе Софроновско-Лагортинских рудопроявлений с глиноземистыми рудами. Ориентировка дунитов и полосчатость вмещающих гарцбургитов в основном параллельна юго-восточному контакту массива, на значительных участках отмечается ортогональное к контакту простирание полосчатости с падением в восточных направлениях. На севере блока, в междуречье рек Хойлавис-Средняя Лагорта широко развиты истощенные гарцбургиты с дунитовой составляющей более 10 %, с крупными телами дунитов (до 3000×300–500 м), мелкими и крупными рудопроявлениями хромитов с высокохромистыми рудами. Самым крупным является рудопроявление Хойлинское. Южнее полоса этих же гарцбургитов шириной 2–3 км, с редкими небольшими телами дунитов, протягивается вплоть до южной границы блока. Ориентация пород и дунитов в этой части Хойлинского блока субпараллельна северо-западному контакту массива. В краевых частях блока, к юго-западу от долин рек Хойла и Средняя Лагорта, развиты породы ДВКГ комплекса. Зоны антигоритизации перидотитов проявлены в междуречье рек Хойлавис-Средняя Лагорта, к юго-востоку от рудопроявления Хойлинское и в центре южной части блока.

Рудопроявления хромитов с бедными высокохромистыми рудами установлены в дунитах западного ДВКГ комплекса и в мелких дунитовых телах вблизи западной границы блока (Софроновское IV) в поле развития истощенных гарцбургитов. Вдоль восточной границы Хойлинского блока среди неистощенных гарцбургитов расположены

рудопроявления с глиноземистыми рудами, среди которых самое крупное — Кершорское.

Погурейский блок имеет ромбовидные очертания, от соседнего Лаптапайского на юге и Хойлинского на севере он отделен крупными разломами и резкими сужениями его площади. Большая часть площади блока, за исключением узких краевых зон, сложена гарцбургитами без разделения на истощенные и неистощенные по содержанию пироксена и дунитовой составляющей. По данным Г.Н.Савельевой [28] в северной части блока полосчатость в гарцбургитах описывает крупную концентрическую структуру с падением полосчатости к центру. Редкие линзовидные крупные и мелкие тела дунитов среди гарцбургитов развиты в западной половине массива. С этими дунитами в юго-западной краевой части массива связаны самые крупные рудопроявления Погурейского блока — Верхне- и Южно-Погурейское с глиноземистыми рудами. Несколько групп мелких неизученных рудопроявлений располагаются в центральной и северо-западной частях блока. На его востоке расположена группа Лабогейских рудопроявлений. Вдоль восточной границы гарцбургитов прерывистой полосой шириной 800–1000 м развиты истощенные гарцбургиты с крупными линзовидными телами дунитов. Вдоль экзоконтакта гарцбургитов развиты полосы пород ДВКГ комплекса.

Лаптапайский блок имеет слабо выпуклую на юго-восток линзовидную форму. Его протяженность 52 км, ширина в средней части достигает 12 км. На севере и юге блок ограничен крупными субмеридиональными разломами. Резкое сужение блока на севере, в междуречье рек Игядей-Юган и Погурей, иногда выделяется в отдельный Игядейский блок. На западе перидотиты массива контактируют с метагабброидами кершорского комплекса, на востоке — с габбро и габброноритами этого же комплекса. В обоих случаях в зоне контакта развит ДВКГ комплекс, более мощный на западе блока. Линзы и полосы пород ДВКГ комплекса развиты не только на контакте перидотитов и габброидов, но и широко проявлены среди габбро на расстоянии до 2,5 км от контакта в западном экзоконтакте перидотитов. Основной объем пород блока представлен сильно метаморфизованными антигоритизированными перидотитами, среди которых (более широко в западной части массива) выделяются линзы и полосы дунитов шириной от 10–20 м до 500–700 м и протяженностью от десятков-сотен м до первых км. Большинство рудопроявлений расположено в дунитах западной части блока и в дунитах ДВКГ комплекса. Оруденение представлено, в основном , бедными высокохромистыми рудами. Богатые высокохромистые руды установлены в отдельных сечениях на слабоизученном Западно-Лаптапайском рудопроявлении.

Небольшой (18×4 км) самый южный Сыньинский блок по составу пород и структуре похож на южное окончание Лаптапайского блока. Сынинский блок имеет близкое строение с Лаптапайским блоком. В его северо-западной части развита широкая (до 3-х км) полоса пород ДВКГ комплекса с прослоями и линзами амфиболитов. С юго-востока к ДВКГ комплексу примыкают антигоритизированные перидотиты. В центре блока имеются крупные линзы дунитов как среди пород ДВКГ комплекса, так и среди антигоритизированных гарцбургитов. Перидотиты блока со всех сторон контактируют с габбро-амфиболитами кершорского комплекса, за исключением юго-восточного контакта, где перидотиты по тектоническому нарушению соприкасаются с тоналитами собского комплекса. В массиве выявлено лишь одно небольшое рудопроявление, связанное с дунитами полосчатого комплекса.

В Войкаро-Сыньинском массиве рудопроявления образуют две полосы. По северо-западному краю массива преобладают рудопроявления с высокохромистыми рудами, по юго-восточному — рудопроявления с глиноземистыми рудами.

Геологическое строение и хромитоносность Косшорского массива

Косшорский массив площадью около 12 км^2 является крайним северо-восточным блок-массивом Войкаро-Сыньинского массива и обладает всеми чертами самостоятельного массива со спецификой геологического строения и хромитоносности.

Хромовое оруденение на массиве установлено при геологической съемке м-ба 1:50000 в 1985 г., изучалось небольшим объемом скважин в 1989 г. [123], детально — в 2004–2006 г. [121]. По северной границе блока проходит Главный Уральский разлом, отделяющий перидотиты массива от метамофических пород протерозоя. На юге развиты габброиды кершорского и породы ДВКГ комплексов. Центральную часть слагают гарцбургиты с различным содержанием дунитовой составляющей. Гарцбургиты с высоким до 30 % содержанием дунитов тяготеют к центральным и западным частям блока. Здесь же расположены мелкие и крупные тела дунитов с рудопроявлениями хромовых руд. Рудопроявления расположены: на крайнем западе 834 состоит из одного рудного тела; восточнее 834-го самое крупное рудопроявление 800, состоящее из 7 рудных тел, и в центре 816 — из 3 рудных тел. На всех рудопроявлениях преобладают рудные тела в виде линз протяженностью от 25 до 60 м и мощностью от 0,7 до 6,9 м, в единичных случаях отмечаются трубообразные тела шириной до 16 м. Простирание субширотное, падение на юго-запад 40–80°. На рудопроявлении 800 руды прослежены до глубины 50–75 м. Преобладают убого-средневкрапленные руды с содержанием Cr_2O_3 11,5–14,4 %, реже руды средне-густовкрапленные с содержанием 24,5–33,9 %. На рудопроявлениях 834 и 800 руды высокохромистые (содержание Cr_2O_3 в хромшпинели 55,51–58,04 %), на 816 — глиноземистые (содержание Cr_2O_3 в хромшпинели 46,97 %).

Рудопроявления западной полосы Войкаро-Сыньинского массива

Рудопроявления Харотские I, II, III и IV

Рудопроявления открыты в 1965 г. при проведении геологической съемки м-ба 1:50000, изучались большим объемом канав в 1965 и в 1986–1993 гг. [123]. В 2006–2009 гг. на рудопроявлениях пройдены 17 скважин [95].

Харотские рудопроявления состоят из групп сближенных рудных тел, располагающихся вдоль северо-западного края Войкаро-Сыньинского массива и образующих рудоносную зону протяженностью 3,0 км. На каждом рудопроявлении — от одного до трех рудных тел. Мощность рудных тел от 0,5 м до 2,45 м, длина от 8 до 75 м. Азимут падения рудных тел 110–180°, угол падения 30–80°.

Руды в основном убого-редковкрапленные, изредка густовкрапленные. Содержание Cr_2O_3 в рудах 16,42–30,9 %. Состав рудного хромшпинелида рудопроявления Харотское II (масс. %): Cr_2O_3 38,92–47,70, Al_2O_3 15,20–26,83, FeO' 16,80–22,02. По составу рудного хромшпинелида руды глиноземистые. На глубину рудные тела довольно быстро выклиниваются. Из 17 пробуренных на рудопроявлениях скважин лишь 4 вскрыли убого-редковкрапленные руды мощностью в первые десятки сантиметров. Проведенные минералого-технологические исследования руд показали их плохую обогатимость и непригодность для производства огнеупоров из-за сильного метаморфизма.

Юньягинские рудопроявления

Рудопроявления открыты при проведении геологической съемки м-ба 1:50 000 в 1968 г., детально изучались горно-буровыми работами в 2006–2009 гг. [95].

Рудопроявления расположены в западной краевой части Пайерского блока, в верховьях рек Правой и Левой Юньяги, приурочены к двум крупным полосовидным телам дунитов (северному и южному) широтного простирания, разделенным гарцбургитами шириной более 700 м. Длина дунитовых тел около трех км, ширина 600–700 м, мощность около 200 м, падение северного дунитового тела на юг 35–40°, южного — также предполагается на юг, но более крутое. От амфиболитов кершорского комплекса северная полоса дунитов отделена серпентинитами надвиговой зоны и гарцбургитами шириной 300–500 м. В дунитах и в гарцбургитах широко проявлены жилы и дайки альбититов.

Хромовое оруденение, состоящее в основном из бедных и убогих руд, установлено в обеих полосах дунитов, более значительное — на Правоюньягинском рудопроявлении в северном дунитовом теле, где оруденение изучено на трех участках: Западном, Центральном и Восточном. Относительно более богатое оруденение выявлено на Западном участке размером 300×180 м. Рудоносная зона Западного участка представляет собой зону повышенной вкрапленности хромшпинелида (3–5 %) в дунитах субширотного простирания, где выделяются мелкие линзы и шлировидные тела убогих руд с содержанием 11–14 % Cr_2O_3, реже более богатых руд. Форма рудных тел уплощенно-линзовидная и пластообразная. Простирание рудных тел согласно простиранию и падению дунитов. По содержанию хромшпинелида руды представлены широким спектром разностей от убого- до густовкрапленных. Они мелко-среднекристаллические, рябчиковые, нодулярные.

Внутри тел с убогими рудами установлены пересечения мощностью от 0,7 до 2,1 м с содержанием Cr_2O_3 от 23 до 27,5 %. Все эти пересечения хромовых руд не прослеживаются в канавах на соседних профилях, пробуренных через 40–50 м. Пройденные скважины глубиной 120–150 м позволили установить южное падение рудной зоны под углом 35–40° и быстрое выклинивание рудных тел по падению. Только в одной скважине на глубине 25 м зафиксирован интервал мощностью 1 м с содержанием Cr_2O_3 16,1 %, в остальных выявлены небольшие по мощности зоны повышенной вкрапленности. По составу рудного хромшпинелида руды высокохромистые (масс. %): Cr_2O_3 57,72–64,11, Al_2O_3 7,39–10,78, Fe_2O_3 0,81–4,96, FeO 12,05–18,08, MgO 9,50–13,74, TiO_2 0,09–0,38. Проявления хромовых руд на других участках северного и южного дунитовых тел аналогичны по характеру оруденения, но значительно меньше по масштабам. По своим характеристикам оруденение Юньягинских рудопроявлений относится к рудным объектам близкраевого типа и близко к хромовому оруденению рудопроявлений и месторождений в дунитах ДВКГ СВК.

Рудопроявление Кечпельское II

Рудопроявление открыто в 1965 г. при проведении геологической съемки м-ба 1:50 000. Рудопроявление расположено на западном склоне Войкаро-Сыньинского массива в верховьях правого притока р. Хойлавис. Представляет собой серию маломощных субпараллельных и кулисообразно расположенных рудных тел пластообразной и уплощенно-линзовидной формы в крупном дунитовом теле северо-восточного простирания протяженностью 3000 м и шириной 300–500 м. Дуниты крупно-гигантозернистые, серпентинизированные. Рудная зона длиной 1400 м и шириной 40–200 м расположена в юго-западной части тела дунитов и состоит из 13 рудных тел северо-восточного

простирания, падение северо-западное крутое. Внутреннее строение рудных тел довольно сложное. При небольшой мощности от 0,5 до 2 м и протяженности основных рудных тел в 230, 690 и 800 м они обладают сложным внутренним строением — мелко-линзовидно-шлировым чередованием бедных и богатых руд. Руды вкрапленные, струйчатые, шлировые, преобладают убого-редковкрапленные руды, содержание Cr_2O_3 в хромитовых рудах от 7,96 до 28,99 %. В рудах преобладают содержания Cr_2O_3 13,62–20,89 %.

По составу рудного хромшпинелида руды высокохромистые (масс. %): Cr_2O_3 54,50–62,64, Al_2O_3 8,41–11,48, Fe_2O_3 0,81–4,96, FeO 13,27–18,72, MgO 8,26–13,06, TiO_2 0,20–0,35. Состав шпинели чрезвычайно близок рудной шпинели Правоюньягинского рудопроявления. Участок рудопроявления Кечпельское II при хорошей обнаженности изучен серией канав и двумя профилями из 9 скважин через 400 м глубиной до 120 м, пересекающих рудные зоны участка на всю их ширину [123, 95]. Только в одной из девяти скважин на глубине 100 м установлено подсечение в 1,2 м с содержанием Cr_2O_3 25 %. Оруденение проявления Кечпельское II является непромышленным из-за преобладающих мощностей рудных тел менее 1 м и низких содержаний Cr_2O_3.

Рудопроявление Кечпельское I

Открыто в 1965 году, расположено 3,2 км восточнее Кечпельского II. Протяженность площади рудопроявления в ССВ направлении около 6 км, ширина 400 м. По своему строению оно очень близко к рудопроявлению Кечпельское II. В центральной части среди гарцбургитов развиты тела дунитов северо-восточного простирания шириной 700–800 м с клиновидными субпараллельными апофизами. Изученность рудопроявления высокая, на 10 профилях через 200–400 м пройдены 62 скважины [123]. На юге и в центре участка, в полосах шириной 400–500 м, развиты линейные зоны повышенной вкрапленности хромита. В этих зонах изредка выделяются протяженные 120–140 м крутопадающие рудные тела бедных высокохромистых руд мощностью 1,4–1,7 м с содержанием Cr_2O_3 15–17 %. Состав рудного хромшпинелида высокохромистых руд в дунитах (масс. %): Cr_2O_3 54,92–64,26, Al_2O_3 7,10–11,23, Fe_2O_3 0,41–5,26, FeO 12,56–20,80, MgO 9,70–14,58, TiO_2 0,20–0,35. В гарцбургитах, в приконтактовых зонах с дунитами, развиты в основном небольшие тела глиноземистых руд мощностью 1,5–2,0 м, изредка 5,3 м, с содержанием Cr_2O_3 от 20 до 33 %.

Высокая степень изученности и низкие показатели рудоносности рудопроявления позволили отрицательно оценить его перспективы на промышленное оруденение. Это подтверждается данными проведенных работ: из 40 скважин, заданных под рудные пересечения и зоны повышенной вкрапленности, установленные на поверхности, только в 3-х вскрыты интервалы руд мощностью 0,3–0,5 м с содержанием Cr_2O_3 14–22 %, и лишь в одной скважине вскрыто пересечение 8,4 м с содержанием 23,53 %.

Морфология рудных тел, текстуры руд, содержания Cr_2O_3 в них и состав рудного хромшпинелида позволяют отнести рудопроявления Кечпельские I и II к типу рудопроявлений в близкраевых дунитах.

Рудопроявление Пайты

Рудопроявление находится в центре южной части Пайерского блока, на плато высотой около 1000 м. Площадь рудопроявления 100×300 м, сложена антигоритизированными гарцбургитами с дунитовой составляющей 10–30 и более 30 %.

Рудные тела расположены в полосе гарцбургитов с дунитовой составляющей ≥ 30 %. Простирание тел северо-восточное, падение юго-восточное под углами 40–50°. Дунитовая оторочка рудных тел составляет десятки см-первые метры.

На рудопроявлении два типа рудных тел. Первый представлен двумя небольшими субгоризонтальными близповехностными сложными линзами длиной 50–60 м шириной 10–20 м и мощностью 1,5–6,0 м средне-густовкрапленных руд с содержанием Cr_2O_3 19,21–38,48 % (рудные тела 1903 и 2469); второй (9 рудных тел) — маломощные крутопадающие линзы длиной до 50–100 м, мощностью 1,0–3,78 м, прослежены на глубину до 200 м. Руды убого- и редковкрапленные с содержанием Cr_2O_3 7,23–24,71 %. В обоих типах рудных тел руды высокохромистые с содержанием в рудном хромшпинелиде (масс. %): Cr_2O_3 50,90–56,56, Al_2O_3 8,88–15,70, Fe_2O_3 3,60–4,99, FeO 10,02–16,38, MgO 11,04–15,42, TiO_2 0,12–0,30.

Хойлинское рудопроявление

Рудопроявление открыто 1965 г. при геологической съемке м-ба 1:50 000. В 1980-х — начале 2000-х годов оно изучено большим объемом канав [123, 95].

Рудопроявление находится в северо-западной части Хойлинского блока на западном склоне Войкаро-Сыньинского массива. Площадь рудопроявления пересекает возвышенность широтного простирания с абсолютными отметками 600–1060 м, на север и юг от него расположены кары. Рудные тела локализованы в двух крупных линзовидных телах дунитов северо-восточного и субширотного простирания шириной 300–400 м и протяженностью 3–4 км. Ширина разделяющих их гарцбургитов 300–650 м. Предполагается соединение дунитовых тел в районе южного кара.

С телами дунитов связаны: участок Хойлинского рудопроявления в западном дунитовом теле и к юго-востоку от него; участки рудопроявлений Хойлинские I и II в восточном (по А.М. Овечкину, 1999 г. участки 1а, 1б и 1в). На участке 1а (собственно Хойлинское рудопроявление) в дунитовом теле выявлены два столбообразных, одно линзообобразное и ряд более мелких рудных тел. Размеры столбообразных тел — 150 м^2 и 250 м^2, линзообразного — 30×8 м. Рудные тела расположены в 50 м друг от друга и в целом с более мелкими телами образуют субмеридиональную рудную зону протяженностью 150 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах — от 21,56 % до 44,78 %, в хромшпинелиде — 51,24–53,32 %. Участки 1б и 1в (Хойлинские I и II), расположенные в юго-восточном дунитовом теле, представляют собой по существу один участок, на котором выявлена серия небольших линзовидных крутопадающих тел протяженностью 10–30 м, мощностью 0,4–2,0 м, с содержанием Cr_2O_3 от 12,5–17,28 % до 27,6–28,35 %, изредка до 40,28 %, в хромшпинелиде — 47,26–55,71 %. Из-за сложных горных условий оруденение Хойлинского рудопроявления на глубину осталось неизученным.

Верхнелагортинские рудопроявления

Рудопроявления открыты 1963 г., в 1964 г. самое крупное Большелагортинское изучалось большим объемом поверхностных горных выработок.

Рудопроявления Верхнелагортинское, Большелагортинские I и II, и Малолагортинское располагаются на протяжении 16 км в краевых дунитах ДВКГ комплекса. Краевые дуниты, вмещающие рудопроявления, и вышележащий комплекс переслаивающихся дунитов, верлитов и пироксенитов, непрерывной полосой протягиваются по северо-западному краю Хойлинского блока на 22 км. Мощность краевых дунитов изменяется от 100 м на юге, в средней части полосы составляет 500 м и достигает 750 м на севере в районе Верхнелагортинского рудопроявления. Хромовое оруденение рудопроявлений однотипно и представлено маломощными линзо-пластообразными залежами протяженностью 200–400 м и мощностью от 0,5–1,5 м до 5–7 м. Оруденение

сложено маломощными прожилками струйчатых полос, шлиров хромитов, согласных с простиранием и падением вмещающих дунитов. Мощность полос — от долей см до нескольких десятков см. Руды убого-редковкрапленные, в шлирах густовкрапленные, преимущественно мелкозернистые, изредка встречаются прослои нодулярных и орбикулярных руд. Содержание Cr_2O_3 в густовкрапленных шлирах достигает 23–28 %. Руды высокохромистые, содержание компонентов в рудном хромшпинелиде Верхнелагортинского рудопроявления (масс. %): Cr_2O_3 59,43–62,85, Al_2O_3 6,88–8,29, Fe_2O_3 3,19–5,38, FeO 10,30–17,84, MgO 10,10–14,76, TiO_2 0,11–0,24. В.Г. Котельников [95] отмечает: «Строение рудной зоны Верхнелагортинского рудопроявления в основных чертах повторяет строение хорошо изученной рудной зоны Правоюньягинского рудопроявления».

Рудопроявление Софроновское IV

В 700 м к юго-востоку от Малолагортинского рудопроявления расположено Софроновское IV. Оно примечательно тем, что располагатся в дунитовом теле протяженностью 900 м, шириной 130–200 м среди гарцбургитов, вытянутым субпараллельно краевым дунитам ДВКГ комплекса. Хромовое оруденение по морфологии и составу рудного хромшпинелида идентично Верхнелагортинским рудопроявлениям. По принятой здесь классификации оно относится к близкраевому типу рудных объектов. Струйки и полоски тонко-мелкозернистого хромита мощностью до 1,0–1,5 см расположены в зоне мощностью 5–7 м, ее протяженность не установлена. Содержание Cr_2O_3 в обломках делювия — 21,73–31,53 %, отношение Cr_2O_3/FeO' — от 1,95 до 2,61.

Рудопроявление Егартинское

Рудопроявление Егартинское расположено в 2,5 км восточнее рудопроявления Верхнелагортинское на водоразделе рек Лагорт-Егарт — Бол. Лагорта. Находится в южной части крупного дунитового тела протяженностью 3,0 км и шириной 300 м. В 2010–2012 гг. известные ранее развалы хромовых руд изучались ЗАО «МИРЕКО» разреженной сетью скважин (15 скв.) на площади 180×80 м. В 9 скважинах были установлены рудные подсечения мощностью от 0,4 до 2,1 м, в одной из них — 6,1 м, еще в нескольких скважинах были вскрыты интервалы повышенной вкрапленности. Рудные тела уплощенно-линзовидной формы размером от 30×30 до 50×60 м, подсеченные одной, реже двумя скважинами, образуют рудную зону меридионального простирания размером 160×60 м и мощностью 60 м. Рудные тела имеют западное падение под углом 20°, сложены убого-средне-густовкрапленными рудами с содержанием Cr_2O_3 от 16,44 до 37,02 %, в среднем около 20 %. Содержание Cr_2O_3 в рудном хромшпинелиде (масс. %): 53,04–58,33, Al_2O_3 10,21–13,45, FeO' 16,40–25,22. Высокая рассредоточенность бедного оруденения в объеме дунитов лишают рудопроявление практического значения.

Рудопроявление Верхнепогурейское

Рудопроявление выявлено при геологической съемке м-ба 1:50 000 в 1963 г. В этом же году оно изучалось 14 канавами, в 1965 дополнительно было пройдено 16 канав, в 2012–2013 гг. для установления морфологии рудного тела пройдено 14 мелкометражных скважин и 3 глубиной 105–162 м, в 2015–2017 гг. — 17 скважин на 9 профилях через 45–65 м глубиной 90–250 м [135,155].

Расположено в юго-западной части Погурейского блока, на наклонной на юго-запад поверхности с абсолютными отметками 880–1092 м, на границе оливин-антигоритовых пород с гарцбургитами слабо антигоритизированными, в теле дунитов

протяженностью 500 м. Вмещающие крупно-гигантозернистые дуниты имеют мощность 25–30 м. В околорудных дунитах наблюдается повышенная до 3–5 % вкрапленность хромшпинелида и зерен диопсида до 1–2 %.

На рудопроявлении установлено одно рудное тело северо-восточного 35° простирания и крутого 70–85° северо-западного падения. Длина тела по простиранию 150 м, по падению более 250 м, мощность — от 6,8 до 13,4 м. Контакты резкие. Дуниты и рудное тело разбиты на три блока вертикальными разломами со смещением на 10–20 м. Руды редко-средневкрапленные, участками густовкрапленные, мелко-среднезернистые, густовкрапленные — крупнозернистые. Руда на 50–70 % состоит из хромшпинелида и на 30–50 % из силикатов, представленных, в основном, клинохлором с включениями граната и кальцита. Тонкие 0,01–0,1 мм, редкие включения сульфидов в силикатах и хромшпинелидах представлены миллеритом и хизлевудитом. Рудная шпинель имеет зональное строение — внутренняя зона содержит 41–49 % Cr_2O_3 и 20–30 % Al_2O_3, внешняя — 52–64 % Cr_2O_3 и 15–4 % Al_2O_3. Среднее содержание Cr_2O_3 в руде изменяется от 14,47 до 30,21 %, в среднем 19,03 %. Содержание компонентов в рудном хромшпинелиде (масс. %): Cr_2O_3 38,66–63,80, Al_2O_3 7,97–30,04, Fe_2O_3 00–11,21, FeO 13,52–27,71, MgO 5,16–14,81, TiO_2 0,0–0,67. Резкие колебания содержания компонентов связаны с сильной хлоритизацией хромовых руд. Ресурсы хромовых руд рудопроявления оценены по категории P_1 в 890 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 26,2 %. Технологические исследования руд Верхнепогурейского рудопроявления показали, что получение стандартного феррохрома из продуктов обогащения невозможно, ввиду повышенного содержания железа, которое невозможно удалить механическими методами обогащения [134].

Рудопроявление Южнопогурейское

Рудопроявление открыто в 1963 при поисках м-ба 1:10 000, в том же году изучалось 14-ю канавами. В 2012–2013 гг. пройдены дополнительно 5 канав и 6 скважин глубиной 190 — 236 м [135].

Расположено в 3-х км к югу от Вехнепогурейского, в левом борту р. Погурей, в верховьях руч. Погурейский. Западной границей служит ледниковый кар с перепадами высот стенки кара 400–800 м. На рудопроявлении установлены два рудных тела, вытянутых в широтном направлении и расположенных в 5–10 м друг от друга. Форма рудных тел пластообразная с раздувами и пережимами мощности. Контакты рудных тел с вмещающими дунитами резкие. Мощность дунитовой оторочки — от 10 см до нескольких десятков см. Падение на север 355°, угол падения 40–80°. Северо-восточными нарушениями рудные тела разбиваются на ряд блоков со смещением 2–8 м. Вмещающими породами являются гарцбургиты с 20–30 % пироксенов и дунитовой составляющей до 10 %. На их фоне развиты крупные линзы и полосы гарцбургитов с 10–30 и более 30 % дунитовой составляющей. Северное рудное тело имеет протяженность 65 м, мощность от 4,2 до 5,7 м, с глубиной она уменьшается до 1,5 м. Скважинами оно прослежено до глубины 80 м. Южное рудное тело имеет длину 260 м, мощность от 0,7–1,4 м до 10 м в раздувах, в среднем 3,6 м, по падению прослежено на 90 м. Руды обоих рудных тел в основном густовкрапленные и сплошные, реже редко-средневкрапленные, структура — от мелкозернистой до средне-крупнозернистой.

Основным рудообразующим минералом являются хромшпинелид (85–98 %); вторичные минералы, в результате процессов метаморфизма, представлены серпентином (2–15 %). В группу акцессорных минералов входит магнетит (от единичных зерен до 5 %), в виде единичных зерен и гнездообразных скоплений отмечаются пирротин

(0,01–0,1 мм), самородная медь (0,01–0,05 мм), сфалерит (0,2 мм). На отдельных участках по плоскостям многочисленных трещин развит в виде примазок уваровит, а также отмечаются прожилки кальцита (содержание CaO в рудах достигает 2,36 %).

Содержание Cr_2O_3 в рудах от 20,5 до 46,06 %, среднее по рудным телам — 32,77 и 34,78 %, соответственно. Содержание компонентов в рудных хромшпинелидах (масс. %): Cr_2O_3 41,22–63,90, Al_2O_3 11,1–28,14, Fe_2O_3 0,0–6,62, FeO 6,64–24,73, MgO 4,70–18,06, TiO_2 0,0–0,69. Резкие колебания компонентов в составе хромшпинели, так же как и на Верхнепогурейском рудопроявлении, связаны с сильной хлоритизацией хромовых руд. По результатам поисковых работ 2011–2013 гг. прогнозные ресурсы рудопроявления по кат. P_1 оценены в 377 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 34,24 % [135]. Исследования по выплавке феррохрома из концентрата обогащения руды Южнопогурейского рудопроявления показали, что содержание хрома в феррохроме находится на уровне 61–63 %, что соответствует марке FeCr 60 ГОСТа 4757–91 (чардж-хром) [40].

Рудопроявления Лаптапайского блока

Лаптапайский блок содержит более 28 рудопроявлений хромовых руд. Достаточно уверенно они разбиваются на три типа. Первый — это многочисленные проявления с бедными высокохромистыми рудами в дунитах ДВКГ комплекса. Основное их количество размещается по западному краю блока, два небольших рудопроявления установлены в восточной полосе ДВКГ комплекса. Второй тип — в крупных полосовидных телах дунитов, также с преобладающими бедными высокохромистыми рудами, которые располагаются в гарцбургитах субпараллельно западным краевым дунитам, в полосе шириной в 3 км от них. Третий тип — это небольшое количество рудопроявлений в мелких, реже крупных телах дунитов среди гарцбургитов с небольшими телами глиноземистых руд. Они располагаются по восточной ближайшей периферии рудопроявлений второго типа. Первые два типа, несмотря на различное структурное положение, сближает морфология рудных зон и рудных тел, текстуры руд и близкие уровни содержаний Cr_2O_3 в них. Особое место занимает Центрально-Лаптапайское рудопроявление, в котором как по морфологии рудных тел, так и по составу рудного хромшпинелида выделяются рудные тела второго и третьего типов. Все рудопроявления изучены только поверхностными горными выработками и обнажениям в бортах ручьев.

Породы ДВКГ комплекса протягиваются по западному краю Лаптапайского блока непрерывно на 50 км. При этом верхние части разреза под острым углом от основной полосы распространения проникают в вышележащие габброиды кершорского комплекса, а иногда образуют полосовидные или линзовидные тела внутри габброидов. В дунитах северо-западной полосы с севера на юг расположены рудопроявления 680, 527, 742, 433, Северное Высокое, Высокое, Двуглавое, Чигим-Харутские I и II, 70 и 90; в юго восточой полосе расположены рудопроявления 470 и 452. В этом типе рудных объектов наиболее крупными являются рудопроявления Высокое и Двуглавое. В отличие от Верхнелагортинских рудопроявлений Хойлинского блока перечисленные объекты Лаптапайского блока размещаются в более высоких частях разреза ДВКГ комплекса, где в дунитах появляются прослои и линзы верлитов и пироксенитов. Простирание дунитов и локализованного в них хромового оруденения — 55–65°, падение на юго-восток 80–85°. Характеристика рудопроявлений первого типа приведена на примере наиболее крупных из них Высоком и Двуглавом.

Рудопроявление Высокое расположено в полосе дунитов шириной 320 м среди пироксенитов. Рудовмещающие дуниты обладают повышенной 1–5 % акцессорной вкрапленностью хромита, сильно серпентинизированы, фрагментарно в них

проявлена титаномагнетитовая минерализация. Рудная зона рудопроявления размером 100–200×2000 м состоит из 12 рудных тел и полос с повышенной вкрапленностью хромшпинелида. Простирание северо-восточное, падение крутое на юго-восток. Рудопроявление изучалось канавами через 50–280 м; каждое рудное тело вскрыто только в одном сечении, отсюда их предполагаемая протяженность 60–120 м, мощность 0,5–5,0 м, в среднем около 1,5 м. Форма рудных тел уплощенно-линзовидная. Руды неравномерновкрапленные, на фоне содержания хромшпинелида 5–10 % выделяются струйки мощностью до 2–5 мм редковкрапленных руд и шлиры мощностью 1–3 см, реже до 10–20 см густовкрапленных и сплошных среднезернистых руд. Струи и шлиры скоплений хромшпинелидов прерывисты по простиранию. Цемент руд — серпентин с реликтами оливина. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 5,09 % до 13,22 %, в рудном хромшпинелиде убогих руд — 56,47–60,02 % и 62,99 % из шлиров сплошных руд. Прогнозные ресурсы хромовых руд рудопроявления до глубины 300 м были оценены в 1,6 млн т с содержанием 10,9 % [135].

Рудопроявление Двуглавое, аналогичное по строению Высокому, расположено в 900 м к юго-западу от него. Дуниты мощностью 400 м вмещают рудную зону размером 320×1000 м, в пределах которой 6 канавами через 200 м выявлены 10 рудных тел и зоны повышенной вкрапленности, их сопровождающие. Падение дунитов и рудной зоны крутое до субвертикального, юго-восточное. Вблизи западного контакта дуниты катаклазированы и антигоритизированы, в них отмечается повышенная вкрапленность сульфидов. В пределах рудной зоны серия кулисообразно расположенных рудных тел сопровождается субпараллельными прожилками и шлирами. Длина рудных тел 200–350 м (вероятно, сильно завышена из-за сети канав через 260 м), мощность от 0,8 м до 31,0 м, в среднем 6,9 м. Форма рудных тел уплощенно-линзовидная. Текстуры руд струйчато-вкрапленные, прожилковые, шлирово-полосчатые. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 5,03 % до 33,29 %, в среднем 7,16 %, в рудном хромшпинеле Cr_2O_3 57–60 %, Al_2O_3 7,33–9,42 %, TiO_2 2,10–3,40 %, отношение Cr_2O_3/FeO' 0,7 в убоговкрапленных рудах, в богатых, за счет метаморфизма, около 3.

Остальные рудопроявления западной полосы дунитов ДВКГ комплекса значительно меньше по своим размерам, но они сохраняют все характерные черты строения описанных двух рудопроявлений. В них преобладают убоговкрапленные руды с содержанием Cr_2O_3 6–7 % [40].

Рудопроявления 1151, Игядей-Юганское Лаптапайские II, III, IV, 2438, Западно-Лаптапайское, Аммональное являются представителями второго типа. В отчете по работам 1984–1991 гг. [135] рудопроявления Лаптапайские II, III, IV, как территориально сближенные, были объединены в одно Лаптапайское рудопроявление. В это же рудопроявление включалось и расположенное чуть севернее рудопроявление Центрально-Лаптапайское. Это проявление по особенностям морфологии и состава руд отнесено к второму типу рудопроявлений Лаптапайского блока.

Рудопроявления Лаптапайские II, III и IV расположены в трех телах дунитов северо-северо-восточного простирания в 400 м друг от друга. Самое мощное западное дунитовое тело, вмещающее рудопроявление Лаптапайское II, имеет простирание 35°, падает предположительно на ЮВ 65–75°, имеет лентообразную форму, протяженность 1200 м и ширину 160 м. Рудная зона размером 40–80×800 м в центральной части дунитов содержит 16 кулисообразно расположенных рудных тел длиной от 50–80 до 300 м и мощностью 0,2–6,1 м, в раздувах до 10 м. Руды убоговкрапленные с участками средневкрапленных, содержание Cr_2O_3 в рудах 9,5–18,55 %, в рудном хромшпинелиде Cr_2O_3 50,04–58,66 %, Al_2O_3 7,2–9,72 %.

На рудопроявлении Лаптапайское III, расположенном в теле дунитов длиной 800 м и шириной 80–150 м, вскрыты два рудных тела длиной 40 и 270 м и мощностью 0,5 и 1,4 м с содержанием Cr_2O_3 5,81–7,45 %.

На рудопроявлении Лаптапайское IV также два сближенных рудных тела ориентировочной протяженностью до 300 м, средней мощностью 1,2 м и 1,0 м, с содержанием Cr_2O_3 9,97 и 9,08 %, соответственно.

Для всех рудных тел этих рудопроявлений характерно линейно-шлирово-вкрапленное оруденение, руды убого-редковкрапленные, мелко-среднезернистые, с неравномерной вкрапленностью хромшпинелида, скопления которого наблюдаются в виде пятен, прожилков, полос, струй и шлиров. Мощность этих выделений варьирует от первых мм до 2–5 см. Зерна хромшпинелида идиоморфные, реже ксеноморфные. Силикатные минералы руд: серпентин и реликты оливина. Другие рудопроявления этой группы значительно меньше по размерам.

Западно-Лаптапайское рудопроявление занимает особое место в Лаптапайском блоке по объему оцененных ресурсов хромовых руд. Оно располагается в 2,5 км к востоку от Двуглавого в крупном теле дунитов шириной около 700 м и протяженностью 1500 м. В составе пород преобладают дуниты гигантозернистые с небольшими линзами гарцбургитов с дунитовой составляющей более 10 %. На рудопроявлении установлены три рудных тела мощностью 0,5–8,0 м, предполагаемая длина одного 200 м, двух других по 600 м. Рудные тела сближены в полосе шириной 60–40 м восток-северо-восточного простирания и крутого северо-западного падения. Текстура руд вкрапленная, массивная, стуйчато-полосчатая, руды средне-густовкрапленные, реже убоговкрапленные или сплошные, соответственно содержание по отдельным бороздовым пробам изменяются от 10 до 49 %, по штуфным достигает 58,19 %. Рудные тела сопровождаются интервалами повышенной вкрапленности хромшпинелида. Состав рудной хромшпинели: Cr_2O_3 60,72–64–48 %, Al_2O_3 6,45–7,82 %, Cr_2O_3/FeO' 3,2–4,5. Ресурсы хромовых руд рудопроявления оценены до глубины 300 м по категории P_1 в 8070 тыс. т с содержанием 30 % [40]. Участок рудопроявления крайне слабо изучен, все сведения для оценки ресурсов получены на ограниченном участке, по небольшому объему опробования, проведенная оценка его ресурсов может рассматриваться как предварительная и сильно завышенная.

В третью группу включены рудопроявления с глиноземистыми рудами. С севера на юг это рудопроявления Северо-Лаптапайское, Центрально-Лаптапайское в северной половине блока и 924, 513 в южной. Они образуют своеобразную экзоконтактовую зону по отношению к рудопроявлениям второго типа.

Северо-Лаптапайское рудопроявление локализовано в крупном дунитовом теле (400×4000 м), представлено одним рудным телом длиной 120 м и мощностью 1,0–4,4 м, падение восточное 65°. Руда густовкрапленная со шлирами сплошной, содержание Cr_2O_3 20,32–32,51 %, в рудном хромшпинелиде Cr_2O_3 42,32 %, Al_2O_3 21,91 %.

Центрально-Лаптапайское рудопроявление расположено в уплощенном дунитовом теле мощностью 90–100 м и протяженностью 1500 м. В северной части дунитового тела, в рудной зоне протяженностью 100 м вскрыты 10 рудных тел, три из которых имеют размеры — 7,5–12,5×37 м, 2–5×27 м, 1–5×40 м, семь остальных имеют протяженность до 5,0 м и мощность 0,5–1,0 м. Форма тел неправильно-линзовидная. Руды редко-средневкрапленные, в первом рудном теле, в основном, сплошные. Содержание Cr_2O_3 в первом рудном теле 23–42 %, в рудных телах 2–10 — от 15 до 27 %. Рудный хромшпинелид в первом рудном теле содержит Cr_2O_3 44,5 %, Al_2O_3 22 %, в остальных — Cr_2O_3 47,0–52,26 %, Al_2O_3 15,06 –18,58 %.

Рудопроявлении 924 расположено в гарцбургитах, представлено одним рудным телом длиной 20 м и мощностью 1,2 м. Руды средне-густовкрапленные, содержание Cr_2O_3 35,86 %, в рудной шпинели Cr_2O_3 41,92 %, Al_2O_3 22,95 %.

Рудопроявление 513 локализовано в гарцбургитах в районе южного выклинивания Лаптапайского блока. На рудопроявлении 4 рудных тела длиной до 10 м, мощностью 0,4–2,0 м. Руды убого-редковкрапленные, реже средневкрапленные. Среднее содержание Cr_2O_3 в руде 24,74 %, в рудном хромшпинелиде Cr_2O_3 41,45 %, AL_2O_3 22,89 %.

Рудопроявления восточной полосы Войкаро-Сыньинского массива

Восточная полоса рудопроявлений Войкаро-Сыньинского массива представляет собой зону преимущественного развития рудопроявлений с глиноземистыми рудами в гарцбургитах гарцбургитового СВК. Исключение составляет самое северо-западное Аркашорское с высокохромистыми рудами.

Аркашорское рудопроявление

Рудопроявление расположено в северо-восточной части массива на крутом склоне левого борта руч. Аркашор, среди гарцбургитов с дунитовой составляющей 10–30 %, превращенных в массивные войкариты. Рудопроявление состоит из цепочки 5 небольших крутопадающих рудных тел длиной 12–50 м и мощностью 1,8–10,0 м сложной формы с дунитовой оторочкой мощностью до 1,5 м. Длина цепочки рудных тел в меридиональном направлении 150 м. Тела разбиты на блоки, смещенные друг относительно друга, что осложняет их форму. На глубину оруденение не изучено. Руды представлены преимущественно средне-густовкрапленными разностями, в подчиненном количестве встречаются сплошные и убоговкрапленные. Цемент вкрапленных руд серпентиновый с реликтами оливина, в сплошных рудах развит хлорит. В рудах наблюдаются разноориентированные дунитовые прожилки мощностью до 1–1,5 см. Содержание Cr_2O_3 в рудах 30,81–36,57 %, в рудном хромшпинелиде Cr_2O_3 52,22–54,0 %, Al_2O_3 10,68–18 %, FeO' 16,60–22,32 %.

В пределах Аркашорского рудопроявления известны небольшие проявления хромитов глиноземистого состава, в рудах которых содержание Al_2O_3 составляет 22–25 %, Cr_2O_3 41–43 масс. %.

Рудопроявление Бурхойлинское

Рудопроявление расположено на водоразделе р. Бурхойла и Малая Хараматалоу. Объединяет 11 рудных тел линзовидной формы, из них 7 мощностью более 1,0 м. Простирание тел западное-северо-западное 270–290°, падение южное 60°. Серия сближенных кулисообразно расположенных в плане и разрезе рудных тел локализована в дунитовом теле размером 700×150 м среди гарцбургитов с дунитовой составляющей 10–30 %. Длина рудных тел 13–70 м, в основном около 50 м, мощность 1,36–2,35 м, на глубину оруденение прослежено до 120 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах 17,39–36,81 %, в рудном шпинелиде 39,28–48,07 %, при содержании Al_2O_3 от 16,37 % до 26,22 %. Руды — от редковкрапленных до средне-густовкрапленных. В цементе, кроме хлорита, серпентина и оливина, отмечаются зерна уваровита, а также установлено широкое развитие людвигита, нарастающего на зерна хромшпинелида с хромагнетитовой каймой.

Рудопроявление Лёкхойлинское I

Рудопроявление расположено на крутом склоне правого притока р. Бурхойла, открыто и изучено при поисковых работах 1984–1989 гг. [123]. Абсолютные отметки подножья склона — 700 м, в верхней части — 825 м. Вмещающими для дунитов и хромовых руд рудопроявления являются гарцбургиты с содержанием дунитовой составляющей 10–30 %. Гарцбургиты в той или иной степени антигоритизированы, иногда оталькованы, амфиболизированы. Дуниты мелко-среднезернистые, реже крупнозернистые, серпентинизированные.

Рудопроявление состоит из двух крупных рудных тел 206 и 206/1, вытянутых в северо-восточном направлениии, расположенных в 5–9 м друг от друга, и более мелких сопровождающих их рудных тел 207 и 208. Простирание рудных тел северо-восточное 50–60°. Вокруг хромитовых тел наблюдается дунитовая оторочка мощностью от первых метров до нескольких десятков метров. Самое крупное рудное тело 206 субгоризонтальное, северо-восточного простирания, состоит из овальных в плане выходящих на поверхность двух рудных тел размером 70×30 м на расстоянии 90 м друг от друга, соединенных на глубине 40 м горизонтальным телом сечением 10×20 м (рудное тело напоминает перевернутую телефонную трубку). Длина тела по простиранию 240 м, горизонтальная мощность 31,6 м. Руда преимущественно средне-густовкрапленная пятнистой и нечёткой петельчатой текстуры со стяжениями сплошных руд. Содержание Cr_2O_3 по бороздовым пробам от 23,99 % до 37,27 %, в среднем — 29,66 %. Значительная часть рудного тела эродирована и формирует крупный делювиальный шлейф рудных обломков шириной до 100 м и длиной более 500 м. Параметры рудных тел приведены в *табл. 3*.

Таблица 3

Параметры рудных тел рудопроявления Лекхойлинское I

Номера рудных тел	Длина рудных тел по простиранию м	Длина рудных тел по падению м	Мощность рудных тел м	Содержание Cr_2O_3 в руде %
206	240	20–40	15,4	29,92
206/1	54	20–40	7,6	26,10
207	104	30	2,1	26,70
208	80	30	3,0	21,27

Руды средне-густовкрапленные пятнистой текстуры. Хромшпинелид рудных тел по составу соответствует магнезиальному алюмохромиту. Содержание компонентов в хромшпинелиде изменяется в пределах (масс. %): Cr_2O_3 39,16–42,36, Al_2O_3 25,31–26,81; Fe_2O_3 4,24–9,72; FeO 9,97–16,03, MgO 12,13–15,57; TiO_2 0,24–0,41.

В цементе руд присутствует хлорит с включениями антигорита, оливина, диопсида, роговой обманки, граната, везувиана, сульфидов, прожилков кальцита с включениями пировскита и цеолитов.

Рудопроявление Лёкхойлинское II

Рудопроявление находится в 600 м западнее рудопроявления Лёкхойлинское I, недалеко от верхней кромки обрывистого левого борта долины р. Лёкхойла. Абсолютные отметки 925–935 м. Рудная залежь представлена четырьмя сближенными крутопадающими телами уплощенно-линзовидной формы с простиранием 60º. Залежь локализуется в северо-восточной части дунитового тела. Горизонтальная мощность залежи до 270 м, длина около 1000 м. Вмещающие дуниты крупнозернистые, серпентинизированные.

Общая длина залежи более 400 м, ширина около 55 м, протяжённость по падению более 250 м. Падение залежи крутое северо-западное до субвертикального, простирание северо-восточное. Глубина подсечения нижней кромки залежи по скважинам изменяется (в абсолютных отметках) в юго-западном направлении с 810 м до 710 м. Исходя из этого, предполагается пологое юго-западное склонение залежи.

Хромовые руды струйчато-полосчатые, реже равномерно вкрапленные, с глубиной в богатых рудах отмечаются пятнистые текстуры, аналогичные текстурам рудного тела 206. Содержание Cr_2O_3 по отдельным пробам варьирует от 14,23 до 21,2 %, составляя в среднем 16,88 %. Хромшпинелид по составу более хромистый, чем в залежи 206. Содержание в хромшпинелиде изменяется в пределах (масс. %): Cr_2O_3 49,18 — 52,36, Al_2O_3 11,82–17,51; MgO 11,67–16,01; CaO 0,14; TiO_2 0,23; Fe_2O_3 4,24–9,72; FeO 9,97–16,03. Запасы хромовых руд по категории C_2 были оценены [120] до глубины 100 м в количестве 665 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 14,22 %.

Левопайерское рудопроявление (рудное поле)

Рудопроявление расположено на пологом водоразделе (920 м) рек Левая Пайера и Лёкхойла (рудное тело 98) и на его обрывистых юго-западных склонах (рудные тела 21, 50, 60, 61, 1264). Кроме этих рудных тел, известны более мелкие и неизученные развалы хромовых руд.

Площадь рудопроявления сложена преимущественно антигорит-оливиновыми породами, которые граничат на северо-западе с гарцбургитами, а на юге — с габбро кершорского комплекса. Контакт перидотитов с габбро осложнён крутопадающим нарушением, вдоль него развиты мелкие тела верлитов и клинопироксенитов ДВКГ комплекса. В юго-западной части участка на водоразделе среди антигорит-оливиновых пород обнажаются несколько мелких тел гарцбургитов. На более низких гипсометрических уровнях — на склонах долин, в каровых врезах — антигорит-оливиновые породы насыщены небольшими телами дунитов, согласных с их сланцеватостью. Сравнительно крупное тело дунитов с повышенной вкрапленностью хромшпинелида обнажается на водоразделе и в верхней части каровых обрывов на западе участка.

В пределах участка, площадью 4 км^2, выделены 6 рудопроявлений и ряд рудных точек, представленных мелкими коренными выходами и развалами хромитовых руд *(табл. 4*). На каждом рудопроявлении установлено одно рудное тело.

Таблица 4

Параметры рудных тел на рудопроявлениях Левопайерского рудного поля

Номера рудопроявлений	Длина рудных тел м	Мощность рудных тел м	Содержание Cr_2O_3 % в руде	Содержание Cr_2O_3 % в хромшпинелиде
98	190	13,1	28,17	42,46–55,29
21	64	12	26,36	39,57–60,53
50	45	8	25,13	37,33–55,92
60	20	3	27,20	46,29
61	12	4	9,70	48,89
1264	30	5	19,50	43,09
22(93)	15	3	25,68	40,29–52,51
598	4,5	2,2	40,30	49,33
2236	4,0	2,6	27,52	39,83–55,47

Наиболее изученным является рудное тело 98 в центре рудопроявления. Оно под углом 20–30° погружается на северо-восток, по склонению прослежено на 190 м до глубины 101,7 м. Истинная форма тела представляется близкой к линзовидной. Контакты рудного тела с вмещающими дунитами чёткие, резкие, сопровождаются тонкой (1–2 см) прерывистой зонкой притирания и озмеевикования. В пределах рудного выхода отмечаются секущие жилки клинопироксенита. Пересеченная мощность тела изменяется от 0,6 м до 26,0 м, в среднем составляя 13,1 м, средневзвешенное содержание Cr_2O_3 в руде от 21,42 до 39,34 %, в среднем — 28,17 %. Химический анализ сплошной хромитовой руды (масс. %): Cr_2O_3 40,91; SiO_2 1,88; Al_2O_3 22,90; MgO 14,93; CaO 0,14; TiO_2 0,25; Fe_2O_3 7,27; FeO 10,34; $S_{общ.}$ 0,004; P_2O_5 0,004. В монофракциях хромшпинелида содержание Cr_2O_3 от 42,46 до 55,29 %.

Руды часто метаморфизованы, рудообразующий хромшпинелид при этом практически нацело разложен и замещён магнетитом, а силикатная часть (оливин-серпентиновый цемент) замещена мелкочешуйчатым хлоритом (клинохлор). В зависимости от степени механической проработки хромитовых зерен хлорит развивается либо по их краям, либо распределяется по всему объему хромитового зерна, составляя до 30–35 %. Фактически, хромитовая руда превращается в «тонкозернистый» хлорит-хромитовый агрегат с ситовидной микроструктурой.

Рудное тело 21 расположено в 1 км юго-западнее рудного тела 98 в нижней части каровых обрывов на высоте 600 м. Рудный выход обнажается в поле антигорит-оливиновых пород, вокруг него прослеживается прерывистая оторочка серпентинизированных дунитов мощностью до 3–4 м. Размеры рудного выхода, имеющего линзовидную форму, по длине 64 м, по ширине от 2 до 12 м, в среднем 8 м. Элементы залегания — азимут простирания 50°, азимут падения 130–160°, ∠50–70°, предполагаемое склонение на СВ 60–70°, ∠40–70°. Руды часто метаморфизованы, рудообразующий хромшпинелид при этом практически нацело разложен и замещён магнетитом, силикатная часть представлена мелкочешуйчатым клинохлором. Содержание Cr_2O_3 в сырой руде колеблется от 15,49 до 37,23 %, в среднем 23,71 %. Содержание Cr_2O_3 в монофракциях колеблется от 40,95 до 44,82 %, составляя в среднем 42,93 %.

Рудное тело 50 расположено в левом борту р. Левая Пайера, выше по течению от тела 21. Оно представляет собой линзу с приблизительными параметрами 40–45х8–10 м, которая залегает в зоне разлома и простирается под углом 45°. Контакты с вмещающими антигоритизированными дунитами тектонические, с развитием зон серпентинитов между рудой и породой. Мощность вмещающих антигоритизированных дунитов составляет первые метры, далее они сменяются массивными войкаритами. Рудное тело имеет зональное строение. Густота вкрапленности увеличивается к центру, убоговкрапленные руды из северо-западного контакта сменяются к центру средне-густовкрапленными и сплошными. В последних часто развиты овоиды (до 1 см длиной), сложенные хлоритовым агрегатом.

Рудное тело 1264 расположено в 450 м к востоку от 21. Оно имеет линзовидную форму и простирание 30°. Протяженность рудного тела около 15 м, видимая мощность около 3 м. Со стороны северо-западного контакта рудное тело срезается тектонической зоной субмеридионального простирания, выполненной хлоритовыми сланцами светлосеро-зеленого цвета мощностью (по высыпкам) около 6–8 м. На контакте с этой зоной руды интенсивно катаклазированы и метаморфизованы. Хлоритизация хромшпинелидов начинается с краев зерен и по мере нарастания этого процесса хлорит в виде мелких ксеноморфных выделений буквально пропитывает весь объем

зерен. По мере удаления от контакта с тектонической зоной его количество постепенно уменьшается. В апикальной северо-восточной части рудного тела руды представлены средне-густовкрапленными мелко-среднезернистыми разностями с хлоритовым цементом; центральная часть сложена преимущественно крупнозернистыми сплошным хромитом, в разной степени метаморфизованным.

Вмещающими породами являются оливин-антигоритовые породы по дунитам, их мощность не превышает 2,5 м, далее их сменяют массивные войкариты. Состав рудного хромшпинелида меняется в широких пределах: Cr_2O_3 40–52 %, Al_2O_3 11–26 %, Fe_2O_3 2–6,5 %, FeO 11–23 %, MgO 7–16 %. Такой разброс значений по основным компонентам обусловлен тем, что руды метаморфизованы в разной степени.

Рудопроявления Ямботывисского участка (рудного поля)

Рудопроявления рудного поля расположены на пологих склонах междуречья рек Левая Пайера и Ямботывис и включают рудопроявления: Морковкинское, 118, 118А, 24, 28, 36, 307, 34 и большое количество более мелких и представляющих собой одиночные или сближенные группы рудных тел с глиноземистыми рудами, разбросанные на площади 24 км^2. Участок рудопроявлений сложен преобладающими гарцбургитами с дунитовой составляющей 10–30 %, среди них развиты крупные ССВ простирания линзы гарцбургитов с дунитовой составляющей более 30 %, внутри которых иногда расположены тела дунитов также ССВ простирания. Рудные тела располагаются в дунитовых телах или обладают маломощными дунитовыми оторочками. Всего выявлены 7 рудопроявлений и ряд развалов хромовых руд. Наличие слепых рудных тел на рудопроявлениях 32 и 118 позволяет предполагать большее количество рудных тел на участке. Наиболее изученным рудопроявлением Ямботывисского участка являются: Морковкинское, а также 32, 118, 118А, 24 и 28.

Рудопроявление Морковкинское расположено в южной части участка и представлено одним рудным телом линзовидной формы. Видимая мощность тела от 5,0 м до 11,2 м, в среднем 6,4 м, протяженность 35–37 м. Рудное тело вытянуто в северо-восточном направлении. Падение тела северо-западное под углом 55–60°. Содержание Cr_2O_3 по бороздовым и керновым пробам от 18,50 до 35,28 %, в среднем — 30,82 %. Хромовая руда нодулярной текстуры. Размер нодулей 0,7–1,5 см до 3 см. Рудообразующая шпинель смоляно-черная, крупнозернистая. Вокруг отдельных зерен развивается тонкая магнетитовая кайма. Межнодулярное пространство в виде вкрапленных руд выполнено зеленоватым серпентином с редкими реликтами оливина. Непосредственно рудные зерна и нодули окружены тонким венчиком серпентина, реже — хлорита. Как в руде, так и в породе на контакте и в непосредственной близости от него очень часто наблюдаются ярко-зеленые примазки уваровита и мелкая вкрапленность сульфидов. Рудообразующая хромовая шпинель высокоглиноземистая, среднехромистая. Содержание Cr_2O_3 по бороздовым и керновым пробам от 18,50 до 35,28 %, в среднем — 30,82 %. Химический состав рудообразующей хромовой шпинели очень выдержанный (масс. %),: Cr_2O_3 40,5–41,5, Al_2O_3 26–27, Fe_2O_3 3,4–4,5, FeO 11,5–12,7, MgO 15,5–16,2.

Рудопроявление 32 находится в центре Ямботывисского участка, состоит из одного рудного тела, выходящего на поверхность, и трех слепых, которые выклиниваются на глубине 60 м. Рудные тела линзовидной формы, крутопадающие (угол падения 65°) на запад-северо-запад. Длина — 38–40 м, мощность от 1,8 до 6,31 м. Хромовые руды мелко-среднезернистые, представлены средневкрапленными, реже густовкрапленными разностями с оливин-серпентиновым цементом. Вкрапленность хромшпинелида

в руде часто крайне неравномерная, перемежается с прослоями серпентинизированного дунита. Средние содержания Cr_2O_3 в рудах от 13,09 % до 15,47 %.

Рудопроявление 118 расположено в возвышенной части Ямботывисского участка с абсолютными отметками 770–780 м. Включает в себя 3 самостоятельных рудных тела: 118/1, 118/2, 118/3. Рудное тело 118/1 — столбообразное тело хромитов с дунитовой оторочкой среди гарцбургитов с параметрами 8–9×12–13 м. Азимут падения тела 350°, угол падения 70–75°. Руды густовкрапленные до сплошных, мелко-среднезернистые. Содержание Cr_2O_3 меняется от 4,18 % до 39,35 %, составляя в среднем 32,74 %.

Рудные тела 118/2 и 118/3 являются слепыми, имеют линзообразную форму. Азимут простирания 50°, угол падения 45°. Тело 118/2 представлено рудами густо вкрапленными до сплошных, рудное тело 118/3 — от убоговкрапленных полосчатых до густовкрапленных. Содержание Cr_2O_3 в рудном теле 118/2 меняется от 8,70 % до 32,04 %, составляя в среднем 25,77 %. По рудному телу 118/3, соответственно, от 4,47 до 20,23 %, в среднем — 10,28 %. Химический состав рудообразующей хромовой шпинели (масс. %): Cr_2O_3 40,43–43,18, Al_2O_3 26,67–28,82, Fe_2O_3 2,90–3,70, FeO 6,23, MgO 16,10–16,93, TiO_2 0,24–0,37.

Рудопроявление 118А расположено в 450 метрах на юго-восток от проявления 118 на возвышенной части Ямботывисского участка с абсолютными отметками 745–755 м. Проявление представлено одним столбообразным рудным телом неправильной линзовидной формы в сечении. Рудное тело размером 5,5×15,0 м сложено массивной рудой от убоговкрапленной до сплошной с содержанием Cr_2O_3 от 7,07 до 30,60 % (в среднем 23,20 %).

Рудопроявление 24 находится в крайней западной части Ямботывисского участка, приурочено к крупному дунитовому телу. Оруденение представлено двумя линзовидными телами, сложенными убого-редковкрапленными до густовкрапленных и сплошных рудами. Содержание Cr_2O_3 в рудном теле 24/1 меняется от 4,24 % до 7,06 %, составляя в среднем 5,94 %. Отмечается закономерное увеличение мощности рудного тела 24/1 с глубиной от 1,7 м до 4,32 м, (в среднем — 3,01 м). Рудное тело 24/2 отличает бóльшая мощность (4,50 м) и более высокое содержание Cr_2O_3 (14,26 %), при колебаниях от 9,84 до 17,80 % по отдельным пробам. Простирание рудных тел субпараллельно контуру дунитового тела 10–250°, падение крутое, под углом 80–90° на север-северо-запад.

Рудопроявление 28 расположено в северо-западной части Ямботывисского участка и представляет собой серию рудных линз в дунитовом теле. Рудовмещающие дуниты массивные, среднезернистые; доля дунитовой составляющей среди пород дунит-гарцбургитового комплекса достигает 50 %. Мощность дунитовой оторочки в зальбандах рудных линз составляет 0,5–2 м. Контакты с вмещающей породой как четкие, так и постепенные, через зоны повышенной и убогой вкрапленности. Вдоль контактов часто развиты тектонические нарушения с образованием тонких серпентинитовых оторочек. Рудные тела расположены субпараллельно друг другу. Выделяются три крупные линзы мощностью в среднем 1–2 м каждая. Руда от средне- до густовкрапленной, участками сплошная, крупно-среднезернистая, цемент серпентин-хлоритовый. Рудообразующая хромовая шпинель высокоглиноземистая, среднехромистая. Химический состав рудообразующей хромовой шпинели (масс. %): Cr_2O_3 40,32–43,82, Al_2O_3 24,06–25,50, Fe_2O_3 2,84–4,45, FeO 11,80–14,70, MgO 13,46–15,69.

Южнее Ямботывисских рудопроявлений по юго-восточному краю Войкаро-Синьинского массива расположены рудопроявления Лагортинское и Кершорское. В отличие от Ямботывисских, разбросанные по рудным полям этих рудопроявлений

одиночные и группы рудных тел не рассматриваются как отдельные рудопроявления, а объединяются в одно рудопроявление.

Рудопроявление Лагортинское

Рудопроявление расположено на водоразделе рек Лагорта-Ю и Труба-Ю в восточной краевой части Войкаро-Сыньинского массива. Площадь рудопроявления 2,2 км^2 вытянута на 3,6 км вдоль контакта гарцбургитов массива с краевыми дунитами ДВКГ комплекса. Рудопроявление хорошо изучено, на нем пройдены 39 канав и 15 скважин [51]. Рудные тела локализуются в телах дунитов среди пород гарцбургитового комплекса, ориентированных вдоль контакта с краевыми дунитами. Размеры линзовидных дунитовых тел 250×40–50 м, одно наиболее крупное в центре — 1000×70 м. На рудопроявлении 16 рудных тел. Глубже 100 м оруденения не установлено.

Форма рудных тел линзовидная и уплощённо-линзовидная, длина от 15 до 50 м, мощность от 0,5 м до 4,0–11,7 м. В крупном дунитовом теле установлена группа (рудная зона шириной 17 м) из четырех сближенных крутопадающих на северо-запад рудных тел протяженностью 320 м, мощностью от 0,3 м до 1,2 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах 12,12–23,06 %, на других рудных телах — от 11,95 % до 27,36 % при преобладающих около 22 %. Руды в основном редко-средневкрапленные, струйчато-прожилковой текстуры. Химический состав рудообразующей хромовой шпинели (масс. %): Cr_2O_3 37,66–53,74, Al_2O_3 19,44–26,90, Fe_2O_3 1,20–3,44, FeO 13,24–17,60, MgO 11,69–14,64.

Хромовые руды Лагортинского рудопроявления по структурному положению в массиве (близости к краевым дунитам ДВКГ комплекса), морфологии рудовмещающих дунитов, морфологии рудных тел, текстурам руд (преобладают бедные руды) очень близки рудным объектам в близкраевых дунитах, но отличаются от них глиноземистым составом руд.

Рудопроявление Кершорское

Рудопроявление расположено в крайней юго-западной части Хойлинского блока, на левом борту руч. Кершор. Основную часть площади (0,65 км^2) слагают гарцбургиты с невысоким содержанием дунитовой составляющей, с востока к ним примыкают дуниты дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса.

Породы сильно серпентинизированы, разбиты сетью разрывных нарушений, часто залеченных дайками диабазов и телами серпентинитов. Рудные тела неправильной линзообразной, жилообразной или трубообразной формы, осложнены пострудной тектоникой. На рудопроявлении 15 рудных тел преимущественно столбообразной и коротко-линзовидной формы, длиной от 4 до 40 м и мощностью от 0,5 до 6,1 м. Трубообразное рудное тело 9 имеет протяженность 45 м и изменчивую мощность 10,3–37,2 м. Для изучения рудных тел на рудопроявлении пройдены 13 скважин и 70 канав. Установлено, что оруденение выклинивается на глубине до 50 м.

Простирание рудных тел субмеридиональное или северо-восточное 30–50°, падение крутое на СЗ или ЮВ 75–85°. Контакты рудных тел резкие с маломощной дунитовой оторочкой. Текстура руд массивная, вкрапленная, орбикулярная. Руды густовкрапленные, сплошные, частично редковкрапленные, слабо метаморфизованные. Содержание Cr_2O_3 в рудах 15,21–45,0 %, состав рудообразующей хромовой шпинели (масс. %): Cr_2O_3 40,17–51,16, Al_2O_3 17,90–26,70, Fe_2O_3 1, 37–11,0, FeO 3,86–16,14, MgO 12,50–17,32.

Лабогейская группа рудопроявлений

Лабогейская группа рудопроявлений расположена в центральной части Погурейского блока. На рудопроявлении Лабогейское 1 двумя канавами вскрыто широтное

крутопадающее рудное тело густовкрапленных хромитов длиною более 10 м и мощностью 4,3 м. Содержание Cr_2O_3 в руде 37–42 %, в хромшпинелиде 50,42 %, при содержании Al_2O_3 14,76 %.

В 1,5 км к юго-востоку от Лабогейского 1 расположена группа из трех проявлений — Лабогейские 2, 3 и 4, на которых вскрыты рудные тела мощностью от 2 до 6 м и протяженностью до 30 м. Руды проявлений Лабогейские 3 и 4 сильно метаморфизованы и представлены хроммагнетитовыми разностями с содержанием Cr_2O_3 от 5 до 22 % и FeO — от 39 до 60 %. В самом западном Лабогейском 2 хромовые руды не испытали значительного метаморфизма и сохраняют относительно первичный состав: Cr_2O_3 в руде 31–34 %, в хромшпинелиде 38 %, Al_2O_3 27 %.

Несмотря на громадные размеры Войкаро-Сыньинского массива, обилие разнотипных рудопроявлений хромовых руд, многоэтапные поисковые работы с начала 60-х по 2020 гг., на массиве так и не были выявлены промышленные объекты. Рудопроявления в краевых дунитах ДВКГ комплекса Хойлинского и Лаптапайского блоков обладают низкими содержаниями Cr_2O_3 в рудах и небольшими ресурсами отдельных объектов. Рудопроявления в близкраевых дунитах (Юньягинские, Кечпельские, Лаптапайские) с несколько более высокими содержаниями Cr_2O_3 в рудах, также являются непромышленными из-за небольшого объема ресурсов. Рудопроявления Хойлинское и Пайты, наиболее близкие по геологическому строению к рудным месторождениям массива Рай-Из, незначительны по объему выявленных ресурсов. Масштабы рудных скоплений на самых крупных рудопрявлениях гарцбургитового СВК с глиноземистыми рудами (Лекхойлинское I, Левопайерское, Верхне- и Южнопогурейские), при относительно крупных ресурсах для данного типа объектов, соответствуют мелким месторождениям. По объему ресурсов и содержаниям Cr_2O_3 они превосходят многие разрабатывавшиеся месторождения Среднего и Южного Урала в Алапаевском, Уфалейском и Татищевском массивах, однако расположение этих рудопроявлений на Полярном Урале, сложные горные условия, удаленность от транспортных артерий делают неэффективными их доизучение и отработку.

Геологическое строение и хромитоносность Олыся-Мусюрского массива

Олыся-Мусюрский массив отстоит от южной оконечности Войкаро-Сыньинского массива на 350 км. Массив входит в состав в Хосаинской группы. Самыми крупными в группе являются самый северо-восточный, собственно Олыся-Мусюрский массив, протяженностью 45 км и шириной 2,5–6,0 км, а также расположенный от него к западу на расстоянии 8 км Синотвожский длиной 12 км и шириной около 4-х км.

Первым этапом поисков хромитов на массиве были работы, проведенные в 1977 г. Юганским геолого-поисковым отрядом Полярно-Уральского ПГО, включающие маршрутные исследования и проходку горных выработок. В результате работ было установлено, что хромовое оруденение представлено убого-бедновкрапленной струйчато-прожилковой хромитовой минерализацией. Для оруденения этого типа характерны линзовидные, кулисообразные тела протяжённостью от десятков до 500 м, при средней мощности 2–4 м. Содержание Cr_2O_3 колеблются от 4 до 15–18 %; Fe_2O_3 — 8–10 %. Руды участков Синотвожский и Кедровый были признаны непромышленными. В 2006–2009 гг. на массиве были проведены ревизионно-поисковые работы с большим объемом горно-буровых и геофизических работ [137]. Эти работы также не выявили промышленного оруденения.

Олыся-Мусюрский массив представляет собой комбинацию 2-х вытянутых линзовидных блоков: Нядокотинского на северо-востоке длиной 27 км, шириной в раздуве до 3,5 км, и Малохосаинского на юго-западе длиной 14 км, шириной до 3 км, соединенных между собой Олысяельской дунит-гарцбургитовой пластиной размером 4,5–5,0 х 1 км. Массив имеет юго-западное простирание, падает на юго-восток под углом 45–60°. На северо-западе блок-массивы по зоне ГУР контактируют с амфиболитами и кристаллическими сланцами неркаюского комплекса нижнего протерозоя, на юго-востоке, также по тектоническим нарушениям, — с метаморфизованными габброидами тагило-кытлымского комплекса нижнего силура (аналога кершорского комплекса Войкаро-Сыньинского массива).

Гипербазиты Олыся-Мусюрского массива имеют зональное строение. Северо-западная полоса шириной 0,2–1,0 до 1,5 км сложена клинопироксенитами, оливиновыми клинопироксенитами с подчиненными телами дунитов ДВКГ комплекса. На юго-западе к ней примыкает полоса гарцбургитов шириной от 500 до 3000 м в разных частях, разбитая поперечными разломами. В гарцбургитах отмечаются мелкие, реже крупные линзы дунитов. Еще юго-восточнее по краю полосы гацбургитов на отдельных участках развиты узкие (200–250 м), протяженные (до 4 км) линзы клинопироксенитов, оливиновых клинопироксенитов, аналогичных северо-западной полосе.

В связи с положением массива в зоне ГУР породы массива и вмещающие породы сильно метаморфизованы. Гипербазиты серпентинизированы на 70–90 %, габброиды и пироксениты амфиболизированы, вдоль разломов развиты зоны антигоритизации, вдоль фронта ГУР — зоны меланжа.

В юго-западном Синотвожском блоке центральную часть слагают амфиболизированные габброиды тагило-кытлымского комплекса, которые на северо-западе и на востоке обрамляются (и вероятно, подстилаются) породами ДВКГ комплекса. При этом на востоке (Синотвожский участок), в широкой до 3-х км полосе, преобладают дуниты с полосами и линзами клинопироксенитов, реже габбро, а в северо-западной полосе (Кедровый участок) — клинопироксениты с крупными линзами дунитов. В обеих полосах в дунитах установлены рудные зоны, состоящие из сближенных кулисообразно расположенных рудных тел с нерезкими границами мощностью от 0,2 до 2–3 м, реже до 5 м. Мощность рудных зон на Синотвожском участке 10–80 м, протяженность 700–800 м *(рис. 16)*.

Руды вкрапленные, струйчато-вкрапленные, прожилково-вкрапленные. Содержание Cr_2O_3 от 4 до 15–18 %, в отдельных мелких линзах и шлирах от 13 до 39 %.

Состав рудообразующей хромовой шпинели Синотвожского участка (масс. %): Cr_2O_3 54–59, Al_2O_3 10–13, FeO 16–18, MgO 12–14, Mn 0,31–0,33, Ni 0,05–0,19, Co 0,5–0,09.

На Кедровом участке две небольшие рудные зоны: первая — на востоке с содержанием Cr_2O_3 5–8 %, вторая на западе участка, где в отдельных интервалах на мощность 1–3 м отмечаются содержания Cr_2O_3 в 20–30 % на фоне 12–13 %.

В Олыся-Мусюрском массиве среди гарцбургитов в западной узкой части массива (Сарыниельский блок) вскрыты два удаленных друг от друга подсечения хромовых руд с содержанием Cr_2O_3 38,0 % на мощность 1,6 м и 34,77 % на мощность 0,5 м. В восточной расширенной части массива (Нядокотинский блок) среди гарцбургитов расчистками и канавами вскрыты 4 рудных сечения мощностью 1,5–1,8 м с содержанием Cr_2O_3 от 23 до 43 %. Протяженность рудных интервалов около 20 м.

В целом, Олыся-Мусюрский массив практически нехромитоносен в гарцбургитовой части разреза. В дунитах Синотвожского блока проявления хромовых руд аналогичны проявлениям в дунитах ДВКГ комплекса Лаптапайского блока Войкаро-Сыньинского массива и из-за низких содержаний Cr_2O_3 в рудах практического значения не имеют.

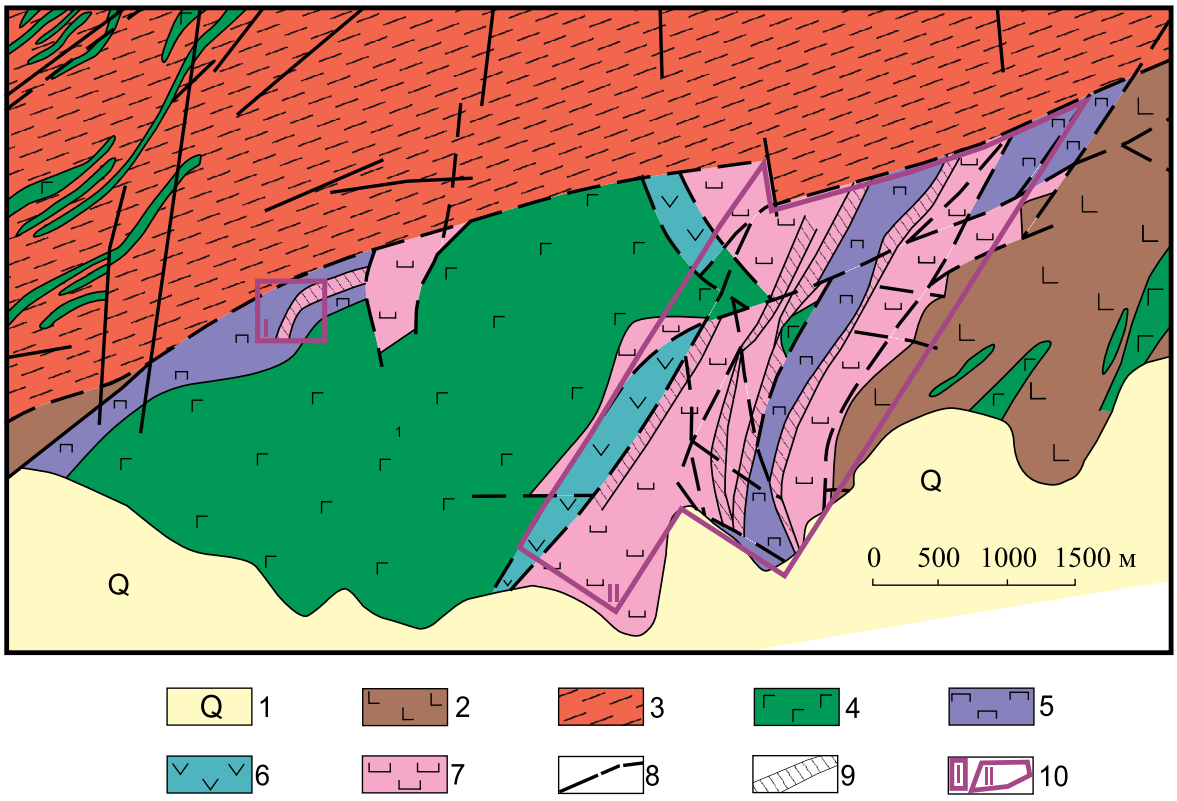


Рис. 16. Схематическая геологическая карта Синотвожского блока Олыся-Мусюрского массива (Подгорних В.В., 2010 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — средний-верхний девон, нахорская свита: базальты, андезиты, риолиты, туфы, туфопесчаники, сланцы, известняки; **3** — нижний рифей, неркаюский комплекс: плагиогнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы. Нижнепалеозойский офиолитовый комплекс Олыся-Мусюрского массива 4–7: **4** — габбронориты, оливиновое габбро, амфиболиты; **5** — гарцбургиты; **6** — клинопироксениты; **7** — дуниты; **8** — тектонические нарушения; **9** — зоны убоговкрапленного хромового оруденения; **10** — участки рудопроявлений: **I** — Кедровый, **II** — Синотвожский

2.3. Средне-Южноуральская хромитоносная провинция

В структуре Среднего и Южного Урала хромитоносные массивы располагаются в Центрально-Уральском поднятии, в зоне Главного Уральского разлома и в Урало-Тобольском антиклинории. В провинции установлены все известные типы месторождений хромовых руд. Наибольшее распространение имеют месторождения и рудопроявления, связанные с альпинотипными массивами, небольшое — связанные с стратиформными, незначительное — россыпные и связанные с корами выветривания месторождения. Последние два типа кратко охарактеризованы в общем разделе.

Средний и Южный Урал обладают высочайшей насыщенностью базит-ультрабазитовыми массивами офиолитовой формации и, соответственно, громадным количеством приуроченных к ним проявлений хромовых руд, однако, промышленные месторождения относительно редки. Уникальные в мировом масштабе месторождения расположены в Кемпирсайском массиве в Казахстане. Мелкие месторождения с глиноземистыми рудами распространены на массивах Свердловской и Челябинской областей. Также мелкие, но с высокохромистыми рудами, распространены в Республике Башкортостан и Оренбургской области. Во всех областях Урала встречаются многочисленные проявления и мелкие месторождения с высокохромистыми бедными рудами в дунитах ДВКГ комплекса. Краткая справочная информация по большинству месторождений и рудопроявлений хромовых руд Урала приводится в «Реестре хромитопроявлений в альпинотипных ультрабазитах Урала» [18].

На севере Среднего Урала в Пермском крае, в зоне крупных разломов Центрально-Уральского поднятия расположена группа тектонических блоков Сарановского расслоенного массива с Сарановской группой месторождений стратиформного типа. Вдоль них располагаются разрабатываемые валунчатые россыпи. Мелкие россыпи хромовых руд установлены на Верблюжьегорском, Наследницком и Татищевском массивах в Челябинской области. Месторождения коры выветривания, представленные железными рудами с примесью хрома, известны в Свердловской и Оренбургской областях.

Южнее, в Башкирии, в аллохтонных блоках перидотитов, надвинутых на породы Центрально-Уральского поднятия расположены мелкие месторождения в Кракинской группе альпинотипных массивов, на юге — на выступы кристаллического фундамента вдоль Главного Уральского разлома надвинуты массивы Кемпирсайский, Хабарнинский и Халиловский со специфическими для каждого массива месторождениями хромовых руд.

В зоне ГУР расположены все массивы Полярного и Приполярного Урала, на Южном Урале — все массивы Башкирии (за исключением Кракинских), в Челябинской области — такие крупные, как Таловский, Уфалейский, в Свердловской области — Верх-Нейвинский, Восточно-Тагильский.

В Восточно-Уральской мегазоне размещение альпинотипных массивов подчиняется границам крупных и мелких гранито-гнейсовых блоков. В результате породы и руды массивов часто сильно тектонизированы и метаморфизованы. В составе массивов этой зоны преобладают породы гарцбургитового комплекса с многочисленными мелкими месторождениями глинозёмистых руд. Исключение составляют Ключевской и Алапаевский массивы. В первом, в большом объёме проявлены дуниты ДВКГ комплекса с крупными ресурсами бедных высокохромистых руд. Во втором, кроме многочисленных месторождений в гарцбургитах, в южной части массива в близкраевых дунитах расположено

Курмановское месторождение, а на севере, в дунитах ДВКГ СВК — рудопроявления Баканов Ключ и Малокаменское с высокохромистыми рудами. На юге мегазоны, в Аккаргинском массиве, высокохромистое оруденение проявлено в дунит-гарцбургитовом комплексе.

В Зауральской мегазоне редкие выходы гипербазитов, в основном перекрытые мезо-кайнозойским чехлом, не позволяют сделать каких-либо выводов об их структурном положении.

Сарановские стратиформные месторождения Пермского края

Сарановские месторождения хромовых руд расположены в Горнозаводском районе Пермского края и связаны с Сарановским массивом, входящим в Сарановский пояс хромитоносных гипербазитов, расположенных на западном склоне Среднего Урала в пределах Кваркушско-Каменогорского мегантиклинория Центрально-Уральского поднятия, сложенного вулканогенно-осадочными толщами верхнего рифея.

«Сарановский пояс» впервые был выделен Ю.Д. Смирновым в 1950–1955 гг. как самостоятельная группа интрузий габбро-перидотит-дунитовой формации. К поясу были отнесены Сарановские, Тесовский, Воронковский, Клыктанский и Ашкинский массивы, сложенные магнетит-лизардитовыми, антигоритовыми серпентинитами по гипербазитам состава от дунитов до гарцбургитов, а также апогаббровыми породами.

В геоструктурном отношении массивы гипербазитов Сарановского пояса приурочены к зонам Сарановского и Бисерско-Клыктанского разломов. Изучение гипербазитов Сарановского пояса началось после открытия в 30-х годах XIX столетия серпентинитов и хромитовых руд Южного Сарановского массива, описанного К. Цереннером в 1851 г. и изучавшегося С.И. Конткевичем в 1880 г. и А.А. Краснопольским в 1889 г. В 1889 г. начинается добыча хромитовых руд на Сарановском месторождении, несколько ранее в южной его части (Бисерский рудник близ ст.Лаки) была начата добыча уваровита. В конце XIX века старателями открыты расположенные южнее Тесовский и Воронковский массивы, хромовые руды которых были приняты за железные.

Систематическое изучение Главного Сарановского месторождения началось с 1925 г. [70]. С 1935 г. Главное Сарановское месторождение эксплуатируется подземным способом.

Разведка Южно-Сарановского месторождения и Промежуточного участка проведена В.К. Сергеевым [144], а северного фланга Главного месторождения — В.А. Зуевым. Им же составлена подробная карта месторождения, на которой отражены результаты всех ранее проведенных работ [73]. Петрографическое и минералогическое изучение пород Сарановского комплекса проводил О.К. Иванов [7].

Сарановский массив имеет субмеридиональное простирание, протяженность — 4,6 км, состоит из серии крутопадающих блоков, разделенных системой субмеридиональных крутопадающих сбросо-сдвигов с амплитудой перемещения в первые сотни метров. Тектонические блоки, в свою очередь, разбиты мелкими разрывами с дайками долеритов на небольшие блоки-линзы с амплитудой перемещения от первых до десятков метров. В составе крупных блоков с севера на юг выделяются: северный — размером 1300 × 300 м с Главным Сарановским месторождением, южный — 1800×50–150 м с Южно-Сарановским месторождением (с рудопроявлениями на поверхности Малый Пестерь, Любушкино, Большой Пестерь и Бисерский Рудник) и Промежуточный размером 1500×50–150 м. На Промежуточном участке, в северной его части, где он соединяется с северным блоком, расположены рудопроявления Кедр, Асбест и Малая Выработка *(рис. 17)*.

Сарановский массив относится к стратиформным массивам Бушвельдского типа. Его разрез с запада на восток состоит из расслоенной серии гипербазитов с горизонтами хромититов и грубо расслоенной серии габброидов.

В массиве широко проявлен дайковый комплекс, в составе которого выделяются две группы, различающиеся составом, условиями залегания и возрастом. Первую составляют многочисленные маломощные (0,2–26,0 м) дайки нацело измененных диабазов, диабазовых порфиритов, пикритов и родингитов по диабазам. Дайки в целом под острым углом пересекают все разновидности расслоенного комплекса и вместе с ними интенсивно тектонизированы. Вторая группа представлена субмеридиональными дайками габбро-диабазов мощностью 20–100 м, пересекающими все породы массива и вмещающие сланцы протерозоя.

Разрез расслоенной серии Сарановского массива, наиболее полно изученный в северном блоке (Главное Сарановское месторождение), подразделяется на ряд петрографических зон-горизонтов. Западная дунитовая зона образует линзовидное крутопадающее на восток тело протяженностью 850 м при максимальной мощности 175 м. Зона сложена массивными аподунитовыми серпентинитами. Расположенная восточнее ритмически расслоенная гипербазитовая хромитоносная зона имеет протяженность 2,5 км и мощность до 180 м. В строе-

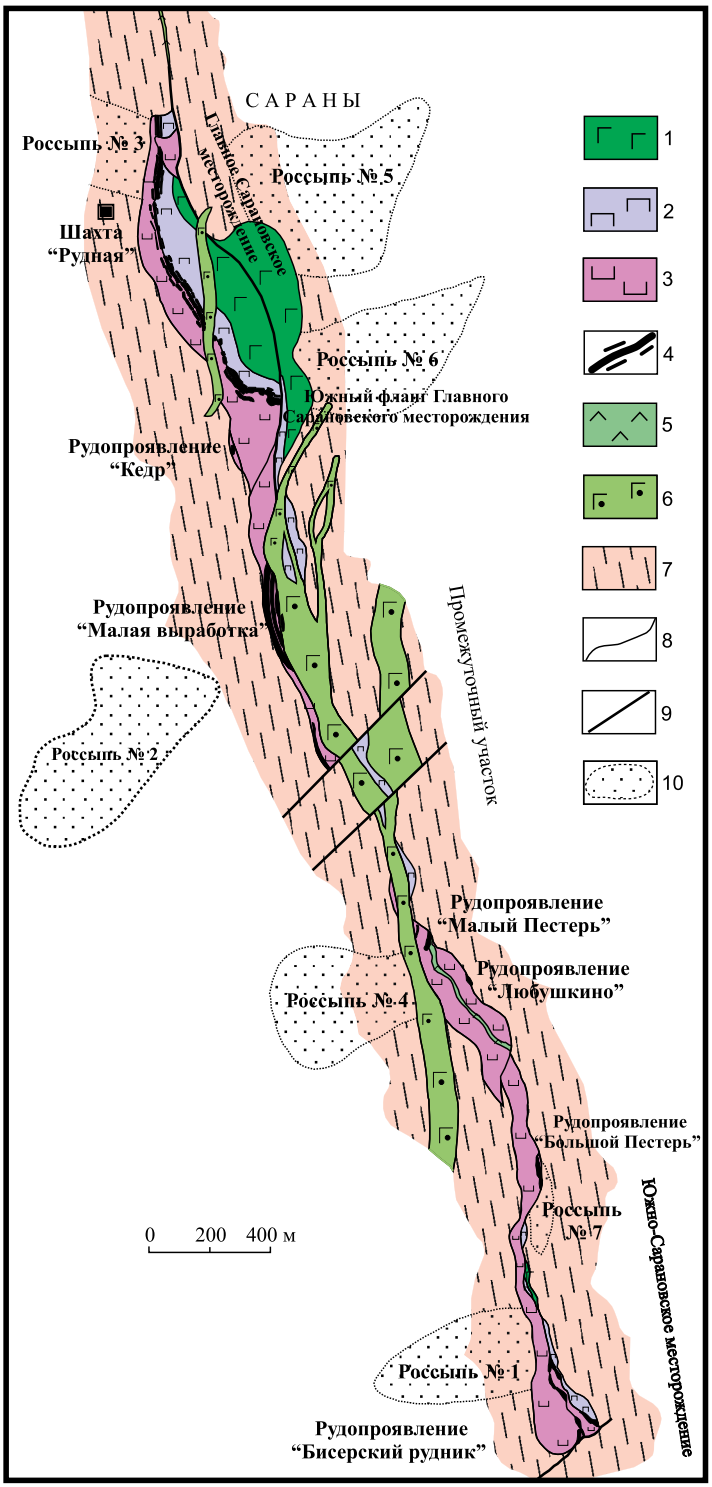


Рис. 17. Схематическая геологическая карта Сарановского массива (по материалам Зуева В.А., 1986 г.):

Сарановский комплекс: **1** — габброиды; **2** — серпентиниты (надрудные) по пироксеновым дунитам и гарцбургитам; **3** — серпентиниты (подрудные) по дунитам, хромит- и пироксенсодержащим дунитам; **4** — горизонты хромититов; **5** — вендские дайки долеритов; **6** — раннедевонские габбро-долериты и долериты; **7** — верхний рифей: сланцы углисто-слюдисто-кварцевые, альбит-слюдисто-кварцевые, алевролиты, основные эффузивы; **8** — геологические границы; **9** — разрывные нарушения; **10** — площади россыпей валунчатых хромовых руд и их номера

нии зоны принимают участие переслаивающиеся между собой гипербазиты мощностью от 2–3 см до нескольких метров, состоящие из аподунитовых, апогарцбургитовых серпентинитов и их пегматоидных разностей.

По преобладающему развитию пород О.К. Иванов [7] снизу вверх в разрезе хромитоносной зоны (с запада на восток) выделяет следующие горизонты: хромитоносных дунитов мощностью от 10 до 60 м; бронзитсодержащих и бронзитовых дунитов мощностью 14–40 м; продуктивный (промышленный) хромитоносный горизонт мощностью от 15–25 м на поверхности и до 40–50 м на глубине; дунит-гарцбургитовый — от 25–40 м до 50–60 м; верхних дунитов — 2–15 м и верхний дунит-гарцбургитовый горизонт мощностью 1–2 м.

В разрезе расслоенной серии насчитывается более 25 хромититовых пластов мощностью от 2 см до 12–20 м. Самыми мощными и выдержанными являются три промышленных пласта изменчивой мощности: Западный, Центральный и Восточный. Большая часть Западного пласта мощностью от 3,0–5,8 м до 10 м сложена порфировидными овоидными пироксеновыми хромититами, которые к подошве и кровле переходят в оливин-пироксеновые хромититы и оливин-пироксен-хромитовые породы. Содержание Cr_2O_3 в них — от 8–10 до 33–39 %. Мощность гипербазитов между Западным и Центральным телами изменяется от 2-х до 22 м, чаще составляя первые метры. Центральное тело мощностью 10–13 м сложено порфировидными пироксеновыми хромититами с содержанием Cr_2O_3 от 37 до 41 %.

Гипербазитыты между Центральным и Восточным рудными телами, мощностью около 2 м, сложены бронзитовыми дунитами и гарцбургитами с тонкими (15–30 см) прослоями хромититов. Восточное рудное тело, мощностью 1,2–4,0 м до 6,0 м, сложено порфировидными и полиэдрическими хромититами с содержанием Cr_2O_3 30–33 %. Выше Восточного рудного тела в перидотитах мощностью около 15 м располагаются 9 тонких пропластков хромититов мощностью, в основном, от 2–4 см до 35 см, два из них имеют мощность 0,5–3,0 м.

Перидотитовый разрез массива по восточному краю контактирует с анортозит-габбровым комплексом. Блок этих пород размером 920×230 м круто погружается на восток и прослежен на глубину более 600 м. На контакте с перидотитами в основании габброидов залегает горизонт анортозитов мощностью 60–100 м.

Южно-Сарановский блок Сарановского массива (Южно-Сарановское месторождение) имеет вытянутую в субмеридиональном направлении лентообразную форму с раздувами в северной и южной частях. Так же, как и в северном блоке массива, в его разрезе выделены 3 горизонта перидотитов и вышележащие габброиды. Дунитовый горизонт прослежен по всему блоку, его мощность более 150 м. Горизонт сложен серпентинитами по дунитам, переходящими к востоку в хромсодержащие дуниты с содержанием хромшпинели 5–25 %. Мощность последних около 30 м. Продуктивный горизонт имеет протяженность 1100 м и по падению — 520 м. С запада на восток в его разрезе: Западное рудное тело мощностью 5,5–16,0 м, слой пироксеновых и хромитсодержащих дунитов 3,5–15,0 м, слой пегматитоидных пироксенсодержащих и пироксеновых дунитов мощностью 2–20 м; Центральное рудное тело 7,2–12,8 м, слой пироксеновых дунитов 5,5–17,5 м; Восточное рудное тело мощностью 0,6–5,0 м. Полный разрез наблюдается только в южной части месторождения.

Западное рудное тело сложено оливиновыми хромититами, переходящими в полосчатые оливин-хромитовые и хромит-оливиновые породы, переслаивающиеся с хромитсодержащими дунитами. Центральное рудное тело сложено пироксеновыми хромититами. Восточное состоит из переслаивания тонкополосчатых

оливиновых хромититов и оливин-пироксеновых хромититов и хромсодержащих гипербазитов мощностью 1,0–1,5 м. Дунит-гарцбургитовый горизонт имеет мощность 70–120 м, вышележащий горизонт габброидов — более 50 м. В результате метаморфизма они превращены в альбит-хлорит-эпидот-мусковитовые и карбонат-амфибол-альбит-хлоритовые породы.

Центральная полосовидная часть массива (Промежуточный участок) занята крутопадающей дайкой габбро-диабазов. Участки перидотитов в виде тонких полос и линз сохраняются в западном и восточном экзоконтактах дайки, иногда в виде линз внутри нее. По западному краю дайки сохранились реликты разреза нижних дунитов и продуктивного горизонта, по восточному — пироксенсодержащие дуниты и гарцбургиты. На севере Промежуточного участка к западным перидотитам приурочены рудопроявления (с севера на юг) Кедр, Асбест, Малая Выработка.

Рудные пласты Сарановских месторождений имеют пластообразную форму, обладают значительной выдержанностью как по простиранию, так и по падению. Резкие вариации мощности или расстояний между пластами обусловлены пострудной тектоникой. По падению крупные пласты прослежены на 500–700 м.

Среди хромититовых рудных пластов, содержащих более 75 % хромшпинели, по минеральному составу выделяются оливиновые, оливин-пироксеновые, пироксеновые и мономинеральные хромититы. Наиболее распространены хлоритизированные пироксеновые хромититы. Среди массивных однородных хромититов различаются мелкозернистые и порфировидные, среди неоднородных — овоидные и овоидно-полосчатые. Руда состоит на 60–95 % из хромшпинелида и силикатных минералов. Среди последних наиболее распространены серпентины, хлориты, карбонаты; в качестве акцессориев присутствуют сульфиды, магнетит, рутил, уваровит, титанит.

Хромшпинелид (субферриалюмохромит) наблюдается в виде мелкой (0,2–0,4 мм) и крупной (1–4 мм), разновидностей, образующих порфировидную текстуру. Состав рудного хромшпинелида изменяется в следующих границах (масс. %): Cr_2O_3 38,70–46,76, Al_2O_3 14,0–19,25, FeO 11,83, Fe_2O_3 5,01–19,52, MgO 5,86–14,11, TiO_2 0,36–1,18, MnO 0,14–0,86, V_2O_5 0,004–0,22, NiO 0,21–0,28, CoO 0,012–0,10. Среднее содержание Cr_2O_3 в погашенных и оставшихся запасах 37,5–38,5 %. При добыче оно снижается до 31–34 %.

Суммарный ресурсный потенциал Сарановских месторождений, с учетом средней добычи с 1935 по 2015 гг. около 200 тыс. т в год и остатка из разведанных к 2015 г. запасов в количестве более 10 млн т (вместе с забалансовыми), можно оценить в более чем 26 млн т. Вокруг Сарановских месторождений развита группа элювиально-делювиальных валунчатых россыпей, которые имеют самостоятельное промышленное значение. Их суммарные запасы на дату утверждения составляли около 200 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 38,74 %.

Хромовые руды Сарановских месторождений содержат повышенные концентрации ЭПГ. Установлена сопряженность повышенных содержаний ЭПГ с вкрапленностью сульфидов. Суммарное содержание ЭПГ для Западного рудного тела — 0,4 г/т, для Центрального — 0,5 г/т, для Восточного — 0,3 г/т. Руды специализированы на Os, Ru, Ir с повышенным содержанием Pt и крайне низким Pd и Rh [6]. Как и на других месторождениях Урала, платиноиды при добыче не извлекаются.

Альпинотипные месторождения и рудопроявления Среднего и Южного Урала

В альпинотипных массивах Среднего и Южного Урала в пределах территории РФ, несмотря на громадное количество гипербазитовых массивов различного размера,

в том числе и крупных, и большое количество проявлений хромовых руд, крупных месторождений не установлено. Уникальные по размеру и качеству руд месторождения Кемпирсайского массива располагаются на территории Казахстана. Мелкие месторождения активно разрабатывались в довоенный период до открытия Кемпирсайских месторождений, руды которых полностью удовлетворяли потребности промышленности Советского Союза с конца 30-х годов. Интерес к мелким месторождениям снова возник в 90-е годы, в связи с дефицитом импорта хромовых руд из-за рубежа.

На территории Среднего и Южного Урала, в основном, присутствуют месторождения, связанные с гарцбургитовым и ДВКГ СВК, в незначительном количестве развиты мелкие месторождения в дунитах дунит-гарцбургитового СВК. Хромитоносность альпинотипных массивов Урала рассмотрена последовательно с севера на юг.

Восточно-Тагильский массив

Восточно-Тагильский массив располагается в Свердловской области (Кушвинский, Нижне-Тагильский и Невьянский районы), вытянут на 110 км в меридиональном направлении при ширине 4,5 км на севере и 8,5 км на юге. Площадь массива 700 км^2.

Открытые в XIX — начале XX века месторождения хромовых руд эксплуатировались до 1926 года. Всего за время разработки Кутузовского 1 месторождения, а также Сионского 1, Сионского 2, Сионского 3, Шиловского, Петровского и Демидовского рудопроявлений добыто 7348 т хромовых руд. После 1931 года в пределах средней части Восточно-Тагильского массива поисково-разведочные работы на хромовые руды не проводились.

В связи с дефицитом хромовых руд в 1990–2000 гг. в средней части Восточно-Тагильского массива были проведены поиски на хромиты [151], в результате которых выявлены новые проявления хромовых руд и перспективные участки (Дедюхинское, Минераисточинская гравиметровая аномалия, Западно-Петровское, Ясьвиногорское). В 1999–2001 гг. на ранее выявленных объектах хромовых руд (Кутузовском, Сионском, Петровском, Дедюхинском участках) ОАО «Уралцветметразведка» проводило бурение с целью оценки масштабов оруденения и возможности их промышленного освоения.

Восточно-Тагильский массив представляет собой узкую пластину гипербазитов в зоне Главного Уральского разлома, надвинутую, вместе с перекрывающими габбро, на нижнепротерозойские метаморфизованные отложения *(рис. 18)*. Перидотиты, небольшие блоки клинопироксенитов и габбро составляют нижнюю часть офиолитового разреза. С вмещающими породами массив имеет тектонические границы с развитием в области контакта зон рассланцевания, брекчирования, оталькования, карбонатизации и лиственитизации. По геофизическим данным массив имеет пластообразную форму с падением на запад. С запада он обрамлен габбро и диоритами, кварцевыми диоритами, плагиогранитами раннего силура, с востока контактирует с нижнепротерозойской метаморфизованной толщей и раннекаменноугольными гранитоидами. В составе нижнепротерозойской толщи — кварцитопесчаники, кварциты, амфибол-полевошпатовые кристаллические сланцы, амфиболиты, гранитогнейсы и бластомилонитовые сланцы.

Габбро в западном обрамлении представлены амфиболовыми и пироксен-амфиболовыми разностями. Кроме габбро здесь развиты раннесилурийские плагиограниты, диориты и кварцевые диориты. Раннекаменноугольные гранитоиды развиты преимущественно в восточной части описываемой территории.

Восточно-Тагильский массив по особенностям геологического строения, условно без резкой границы, подразделятся на два блока — Западный и Восточный.

Западная часть массива шириной 1–2 км сложена серпентинизированными дунитами с участками сложной перемежаемости дунитов с гарцбургитами, с преобладанием гарцбургитов в районе Кутузовских месторождений. В восточной части шириной от 0,7 до 3 км преобладают серпентинизированные гарцбургиты.

Месторождения и рудопроявления располагаются в западной части массива на участках перемежаемости дунитов и гарцбургитов (Сионские рудопроявления) или на участке преобладания гарцбургитов (Кутузовские и Петровское рудопроявления). Рудные тела линзообразной, гнездообразной или трубообразной формы, размером от 4×2 м до 38×2–20 м и протяженностью на глубину при крутом падении от единиц м до 50–70 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах 30–45 %. Изменчивый состав вмещающих пород обусловливает изменения и в составе рудного хромшпинелида: на Кутузовском рудопроявлении — глиноземистый с содержанием Cr_2O_3 39–40 %, Al_2O_3 25–27 %; на Сионских — повышенной глиноземистости — Cr_2O_3 49–50 %, Al_2O_3 15–19 %; на Петровском — высокохромистый — Cr_2O_3 58–62 %, Al_2O_3 9–13 %. Юго-восточный блок массива шириной до 8 км и протяженностью 40 км сложен серпентинизированными гарцбургитами с локальными лерцолитами. Многочисленные рудопроявления массива рассредоточены по его площади. Каждое содержит одно рудное тело жильной или гнездообразной формы. Размеры наиболее крупных тел –10–30×1–3 м, по падению прослежены до 20–50 м. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 30 до 50 %. Ресурсы наиболее крупных рудопроявлений от 100 до 800 т.

Алапаевский массив

Алапаевский массив расположен в 15 км к востоку от г. Алапаевск на восточном склоне Среднего Урала. В орографическом отношении район массива представляет собой наклонённую на северо-восток равнину с абсолютными отметками до 240 м.

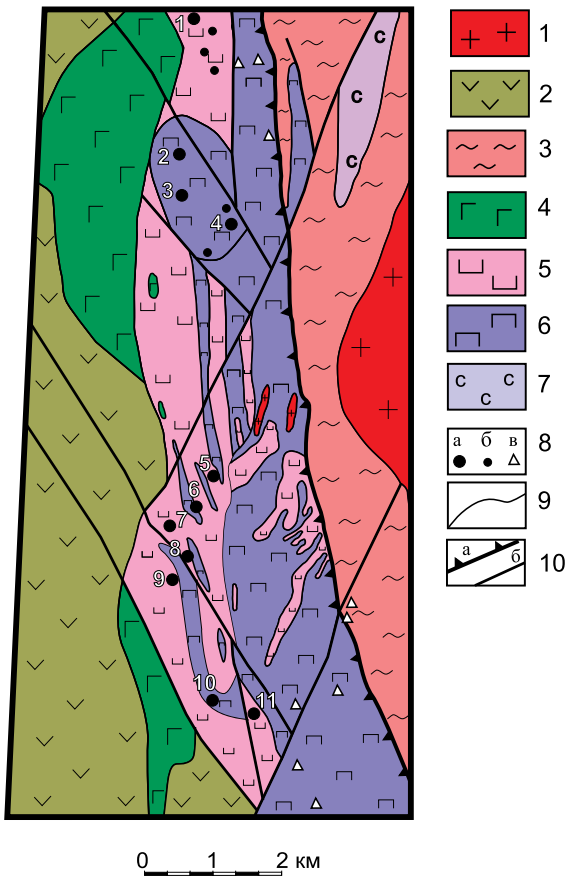


Рис. 18. Схематическая геологическая карта средней части Восточно-Тагильского массива (по материалам Сорокина Ю.П., 2000 г., Григорьева А.Г., 2001 г.):

1 — ранний карбон, западно-верхнеисетский комплекс: диориты, плагиограниты, тоналиты; **2** — силурийская система, нижний отдел, красноуральская свита: базальты, долериты, андезиты, риолиты, туфы, туфопесчаники; **3** — нижнепротерозойский метаморфический комплекс: плагиогнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы. Ордовикский офиолитовый комплекс Восточно-Тагильского массива: **4** — габбро, габбродиориты; **5** — дуниты; **6** — гарцбургиты; **7** — серпентиниты апоперидотитовые нерасчлененные; **8** — а) месторождения, б) рудопроявления, в) делювий хромовых руд; **9** — геологические границы; **10** —. тектонические нарушения: а) надвиги, б) прочие

Рудопроявления Восточно-Тагильского массива: **1** — Дедюхинское; **2** — Швецовское; **3** — Кутузовское 2-е; **4** — Кутузовское 1-е; **5** — Центральное; **6** — Минералоисточинское; **7** — Сионское 3-е; **8** — Сионское 2-е; **9** — Сионское 1-е; **10** — Западно-Петровское; **11** — Петровское

Первые сведения о находках и добыче хромитов относятся к началу XIX в. С конца XIX века были открыты и интенсивно разрабатывались до 1929 г. более 80 мелких месторождений и рудопроявлений глиноземистых среднехромистых руд. Было добыто около 70 тыс. т. Систематические поиски и разведка хромитовых месторождений начались в 1928 г. и с небольшими перерывами продолжались до 1941 г. За этот отрезок времени частично были разведаны наиболее крупные среди известных сейчас месторождений: Вершина р. Алапаихи, 1-е, 2-е и 3-е Поденные, 2-е Норское, Большая Круглышка и др., которые отрабатывались до 1940 г. Обобщённые результаты всех проведенных до 1937 года исследований по хромитоносности Алапаевского массива нашли отражение в опубликованной в 1940 г. работе П. М. Татаринова и Г. М. Красновского «Алапаевская интрузия ультраосновных пород на Урале и её месторождения хромистого железняка» [31]. В 1940 г, работы на Алапаевских месторождениях хромита возобновились трестом «Уралчерметразведка» и продолжались до 1944 г.

С 1947 г. по 1972 г. геологическое изучение массива с проведением поисково-разведочных работ на асбест, никелевые и хромитовые руды и др. полезные ископаемые осуществлялось Асбестово-Нейвинской геолого-разведочной партией. В результате геолого-съёмочных и поисковых работ на различные виды минерального сырья в период 1947–66 гг. были выявлены 43 новых хромитопроявления, расположенных, в основном, в центральной и северной частях массива. Однако значительная часть из них не подвергалась геологическому изучению и промышленной оценке. Результаты проведенных поисково-разведочных работ на хромиты в период 1967–72 гг. по Алапаевскому массиву изложены Т. А. Марковым [113].

Массив в виде субмеридиональной полосы вытянут на 42 км при ширине 7,5 – 12,0 км *(рис. 19)*. Площадь массива около 500 км^2, форма — пологозалегающее пластообразное тело, мощность от 500–1000 до 1500–2000 м. Залегает в центральной части синклинальной структуры среди вулканогенно-осадочных образований среднего-верхнего девона. Контакты массива с вмещающими породами тектонические, с широкой полосой тальк-карбонатных пород в зальбандах. Тальк-карбонатные породы широко развиты вдоль тектонических нарушений внутри массива, что, возможно, указывает на относительно небольшую его мощность.

Центральная и южные части массива сложены сильно серпентинизированными гарцбургитами с содержанием энстатита более 10 %. В виде небольших участков среди гарцбургитов развиты дуниты и энстатитовые дуниты.

В северной части массива широко проявлен дунит-верлит(лерцолит)-габбровый комплекс. Габбро и габбронориты слагают северную часть массива. С юга они окаймляются участками верлитов, нерасчленённых верлитов и лерцолитов, а в юго-западной части — обширным полем (2х4 км) краевых дунитов. Юго-восточнее описанного комплекса среди гарцбургитов расположен крупный линзовидный блок, сложенный в основном нерасчленёнными верлитами и лерцолитами. В его северном окончании развиты дуниты.

Месторождения и рудопроявления на площади массива образуют две области сгущения: в северной части, по южному обрамлению габброидов, а также в центре, где также можно выделить северную и южную группы. На севере массива крупные проявления с бедными высокохромистыми рудами развиты в дунитах ДВКГ комплекса (рудопроявления Баканов ключ, Мало-Каменское и др.), а среди гарцбургитов с глиноземистыми рудами месторождения Вершина Алапаихи, III-й Поденный рудник, Ипатьевское, Аиб, Поденное I-е. В центральной части массива самыми крупными объектами являются месторождение Курмановское и рудопроявление Вкрапленное. Оба

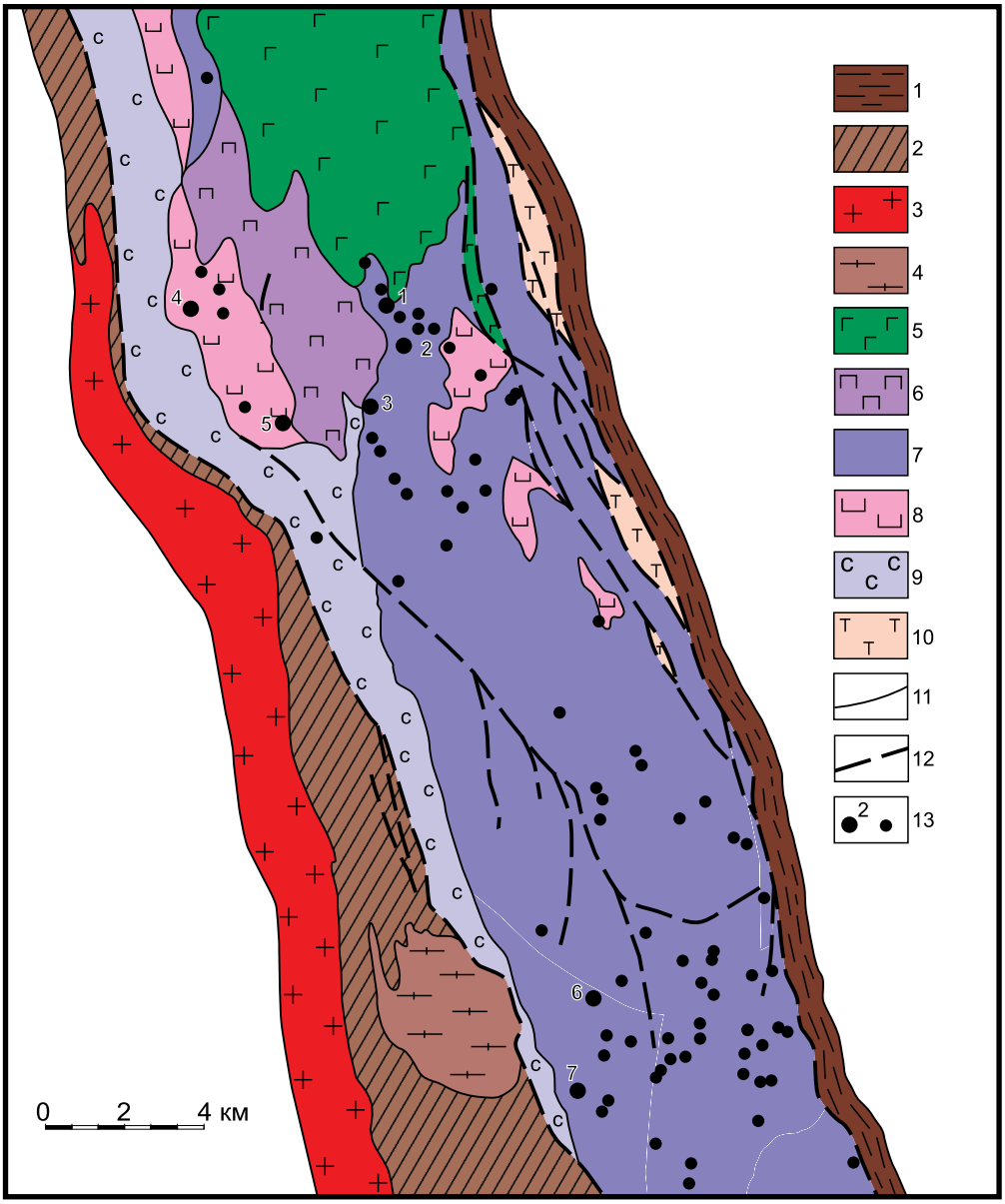


Рис. 19. Схематическая геологическая карта Алапаевского массива (по материалам Маркова Т.А. 1972 г.):

1 — верхний девон, кадинская свита: алевролиты, песчаники, углеродисто-кремнистые сланцы, туфы андезито-базальтов; **2** — нижний-средний девон, терригенно-вулканогенная толща: базальты, андезиты, алевролиты, сланцы, углеродисто-кремнистые, известняки; **3** — позднепермский, адуйский комплекс: граниты двуслюдяные, биотитовые; **4** — ранний карбон, каменский комплекс: гранодиориты, тоналиты. Устейский офиолитовый комплекс: **5** — габбро; **6** — дуниты, верлиты, пироксениты нерасчлененные; **7** — гарцбургиты; **8** — дуниты; **9** — серпентиниты; **10** — тальк-карбонатные породы; **11** — геологические границы; **12** — тектонические нарушения; **13** — месторождения и рудопроявления хромовых руд и их номера на рисунке: **1** — Вершина Алапаихи, **2** — Поденное III-е, **3** — Лесное (Элен), **4** — Баканов Ключ, **5** — Малокаменское, **6** — Курмановское, **7** — Вкрапленное

объекта очень близки по морфологии рудных тел и составу руд к проявлениям хромовых руд в дунитах ДВКГ комплекса. Рудопроявления хромитов среди гарцбургитов как северной, так и центральной частей массива, как правило, содержат одно рудное тело длиной первые десятки метров и мощностью от 0,4 до 1,5–2,5 м, изредка 6 м, часто разбитое на блоки со смещением в первые метры-десятки метров. В 30-е годы XX века они отрабатывались мелкими карьерами и шахтами до глубины 5–7 м, реже до 50 м. Глубокие горизонты большинства рудопроявлений не изучены. Руды глиноземистые

огнеупорного типа, содержания Cr_2O_3 в рудах — от 20 до 43 %. Ниже приведено описание наиболее крупных и характерных для Алапаевского массива месторождений.

Месторождение Вершина р. Алапаихи

Месторождение расположено в 10 км от ст. Ясашная. Крупная линза сплошных и густовкрапленных руд протяженностью 300 м по простиранию и более 120 м по падению, мощностью от 4–6 до 12–13 м, разбита на блоки. Вмещающие породы — серпентинизированные гарцбургиты. Простирание рудной зоны северо-восточное, падение 60–85° на северо-запад. Руды глиноземистые. Состав руд (масс %): Cr_2O_3 37,47, Al_2O_3 24,93, FeO' 15,38, SiO_2 2,10, Cr_2O_3/FeO' 2,55.

Запасы месторождения были оценены в 120 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 37,47 %. Для открытой разработки утверждены забалансовые запасы в 97 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 34,82 %. Месторождение, в основном, отработано, на начало 2018 г. на нем учитывалось 39 тыс. т забалансовых запасов.

Месторождение III-й Поденный рудник

Месторождение находится в 9,5 км на юго-восток от ст. Ясашная в сложной тектонической обстановке среди серпентинизированных гарцбургитов. В субширотной полосе шириной 40 м и протяженностью 600 м расположены 9 тектонических блоков на значительном расстоянии друг от друга. Рудные тела ветвящиеся жилообразные, длиной от нескольких до 100 м по простиранию и 120 м по падению, с падением на север 70–85°. Контакты рудных тел резкие, местами с дунитовой оторочкой. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 22,27 до 38,46 %. Состав рудного хромшпинелида (масс %): Cr_2O_3 39,52, Al_2O_3 24,40, Fe_2O_3 6,45, FeO 12,07, MgO 15,26. С 1929 по 1942 г. добыча на месторождении составила 100 тыс. т. Утвержденные в 1949 г запасы по кат. C_1+C_2 составили 178,9 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 36,12 % и соотношением Cr_2O_3 /FeO' 2,3. Месторождение отработано, на начало 2018 г. на нем учитывалось 26 тыс. т забалансовых запасов.

Месторождение Курмановское

Месторождение расположено в 25 км от г. Алапаевска и в 1,5 км от пос. Асбестовский, в средней части Алапаевского массива, ближе к его западному контакту. Месторождение изучалось и оценивалось с подсчетом запасов ОАО «Средне-Уральская ГРЭ» в 2000–2003 гг. [49].

Площадь месторождения сложена толщей серпентинизированных дунитов мощностью 170–240 м среди апоперидотитовых серпентинитов. В толще дунитов расположены мелкие и протяженные линзо-пластообразные тела апоперидотитовых серпентинитов мощностью 5–10 м. Рудные тела, в виде коротких, реже протяженных линз, залегают среди дунитов. Они образуют рудную зону мощностью 50–100 м из кулисообразно расположенных рудных тел протяженностью около 500 м. Залегание толщи дунитов, прослоев перидотитов в них и рудных тел согласное, простирание 300–320° и падение 50–60° на северо-восток. Среди серпентинитов рудной зоны отмечаются жилообразные или пластообразные тела серпентинитов со значительным количеством графита. Рудная зона прослежена на глубину более 100 м. Мощность рудных тел — от 2-х до 5–6 м. Центральное рудное тело 1 прослежено на 550 м при мощности 2–6 м. В пределах рудной зоны его сопровождают 23 рудных тела протяженностью 25–125 м. Внутреннее строение сложное. Они состоят из мелких линз и прослоев бедно-средне- и густовкрапленных руд. Размер зерен хромшпинели в густовкрапленных до 5–6 мм и до 0,2 мм в убоговкрапленных. Текстура линзовидно-полосчатая. Состав рудного

хромшпинелида (масс %): Cr_2O_3 51,58–54,63, Al_2O_3 11,74–13,76, Fe_2O_3 0,40–5,40, FeO 13,07–16,19, MgO 12,80–14,63, TiO_2 0,20–0,45. Содержание Cr_2O_3 в рудах (при бортовом содержании 5 %) изменяется от 5,9 до 23,5 %, в утвержденных запасах кат. C_1 13,8 %, кат. C_2 14,69 %. Запасы месторождения по кат. C_1+C_2 до глубины 100 м оценены в 271 тыс. т с средним содержанием Cr_2O_3 14,23 %, забалансовые запасы подсчитаны в количестве 234 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 11,36 %. В результате технологических промышленных испытаний руд месторождения получен концентрат с содержанием Cr_2O_3 49,14 % при извлечении 79,82 %. Утвержденные запасы отработаны карьером глубиной 50 м в 2006–2013 гг.

В 2018 г. протоколом Уралнедра утверждены оцененные на юго-восточном фланге месторождения запасы для открытой разработки по рудным телам 24 и 25 в количестве 72,19 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 15,93 %.

Рудопроявление Вкрапленное

В 1,2 км южнее от Курмановского месторождения расположено слабо изученное рудопроявление Вкрапленное, аналогичное по строению месторождению Курмановское с близким 280–290° простиранием рудных тел. В дунитах рудопроявления — 3 рудных тела длиной по простиранию до 150 м, по падению до 100 м и мощностью 1,0–5,5 м. Структура руд редко-средневкрапленная, содержание Cr_2O_3 в рудах 20,88–28,99 %. Состав рудной хромшпинели близкий к таковому Курмановского месторождения.

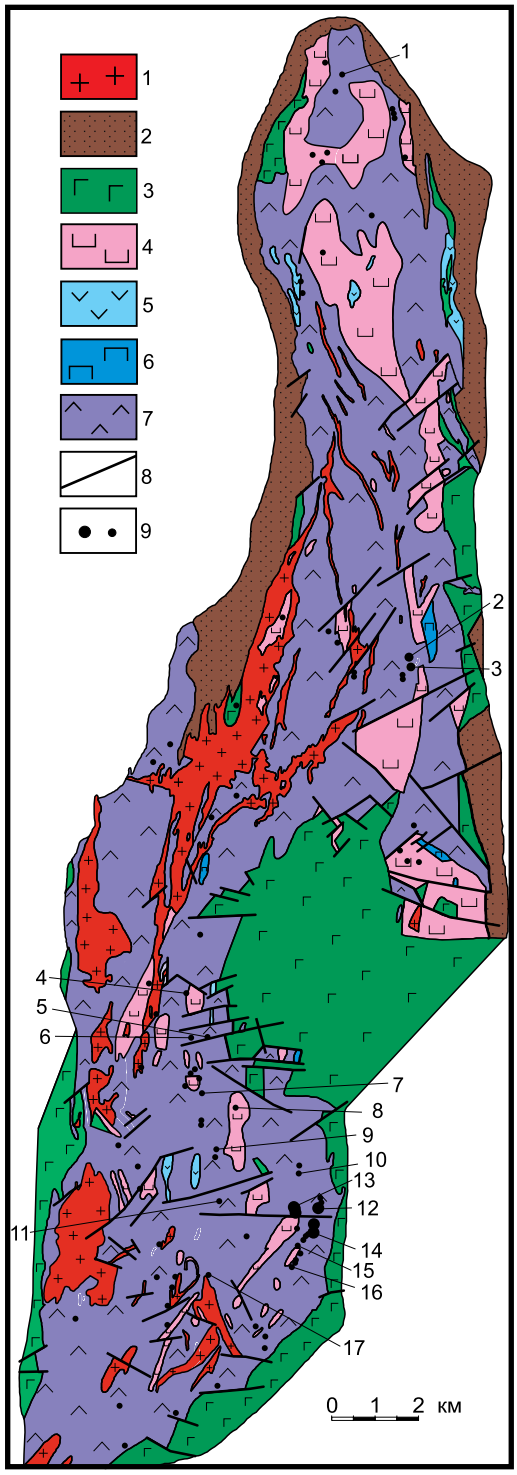
Рудопроявления Баканов Ключ и Малокаменское

На севере Алапаевского массива в краевых дунитах ДВКГ комплекса на протяжении 2,5 км установлена серия разномасштабных проявлений хромовых руд, из которых наиболее крупными являются Баканов Ключ и Малокаменское. Более крупное — Баканов Ключ расположено в 4,5 км к юго-западу от ст. Ясашная. В серпентинизированных дунитах с повышенной вкрапленностью хромшпинелида установлены 3 рудных тела длиной по простиранию и падению до 300 м и мощностью 1–4 м. Руды убого-редко-средневкрапленные. Содержание Cr_2O_3 в рудах Малокаменского рудопроявления от 8,30 до 33,69 %, в среднем 13 % [113].

Первомайский массив

Первомайский массив расположен на восточном склоне Среднего Урала на территории Режевского и Невьянского районов, в административном подчинении г. Верхняя Пышма и Березовский Свердловской области.

Месторождения и проявления хромовых руд в пределах Первомайского массива известны с середины XIX века, до 1917 года они разрабатывались старательскими карьерами глубиной от 2 до 6 м. По оценке А.Н. Ласькова в 1936 г., суммарная добыча хромитов на месторождениях Первомайского массива за 1860–1931 гг. составила около 60 тыс. т. С 1931 по 1941 гг. на месторождениях и рудопроявлениях (преимущественно в южной части массива) добыто 15 735 т хромитов. Разведочные работы 1940–41 гг. проводились на Качкинской группе месторождений [105]. Обобщение материалов геологоразведочных работ и подсчет запасов по месторождениям Качка 1, 2, 4, Серафимовское и Теребентьевское был выполнен В.П. Виноградовой [47]. Суммарные запасы составили 120,77 тыс. т. В 1958 г. все запасы были сняты с Госбаланса в связи с их небольшим количеством по каждому из месторождений и низким качеством руд. В 1999–2000 гг. ОАО «Уралцветметразведка» проводила ревизионные геологоразведочные работы на Качкинской группе месторождений [39], по результатам которых



выполнен подсчет запасов. Они составили по категории C_1+C_2 115,7 тыс. т (по состоянию на 01.03.2001). В 1998–2002 гг. поисковые работы на хромиты на массиве вела В.М. Мамина [111]. Проведенные в 2009 г. ОАО «УГСЭ» поисковые работы на Ивановском рудопроявлении показали возможность выявления на площади массива месторождений с ресурсами в десятки тысяч т в районе ранее известных рудопроявлений [119].

Первомайский массив имеет удлиненно-овальную в плане форму, вытянут в меридиональном направлении на 36 км при ширине от 4 до 8 км. Общая площадь массива около 210 км^2. Контакты с вмещающими осадочными, вулканогенно-осадочными породами девона тектонические, вдоль них развиты узкие (20–50 м) зоны рассланцевания и милонитизации *(рис. 20)*.

Массив сложен породами первомайского дунит-гарцбургитового и пышминского габбрового интрузивных комплексов раннего-среднего ордовика. Основная площадь массива сложена апогарцбургитовыми серпентинитами. Габброиды развиты по периферии массива. Их состав сопоставляется с габброидами офиолитовых комплексов. Пространственная и структурная связь габброидов с ультрабазитами свидетельствует о принадлежности указанных пород к единой офиолитовой ассоциации. В массиве часты дайки габбро, микрогаббро, габбродолеритов, долеритов, превращенные в родингиты. В восточной половине массива достаточно широко развиты крупные и мелкие реликтовые поля и участки дунитов, верлитов и клинопироксенитов ДВКГ комплекса. Массив прорван интрузиями гранитоидов предположительно раннекаменноугольного возраста, образующими штокообразные и дайкообразные

Рис. 20. Схематическая геологическая карта Первомайского массива (по материалам Маминой В.М., 2002 г.):

1 — каменноугольные гранитоиды; **2** — девонская система, средний отдел, осадочно-вулканогенные отложения; ранне-средне-ордовикский офиолитовый комплекс Первомайского массива: **3** — габбро; **4** — серпентиниты аподунитовые; **5** — верлиты серпентизированные; **6** — клинопироксениты серпентинизированные; **7** — серпентиниты апогарцбургитовые; **8** — тектонические нарушения; **9** — месторождения и рудопроявления хромовых руд (номера и названия по Реестру Перевозчикова Б.В. и др., 2000 г.): **1** — Зяблая Елань (1-е, 2-е, 3-е), **2** — Новое Дело, **3** — Ивановское, **4** — Серафимовское, **5** — Петуховское 2-е, **6** — Петуховское 1-е, **7** — Чадовская группа, **8** — Теребейниковское, **9** — Лупповское, **10** — Грошевское 1-е, **11** — Боровское, **12** — Качкинское 1-е (выходы 1 и 2), **13** — Качкинское 4-е (выходы 1, 2, 3), **14** — Качкинское 2-е; **15** — Качкинское 3-е (выходы 1, 2, 3); 16 — Качкинское 3-е (выходы 4, 5, 6); 17 — Карасьевское 5-е

тела субмеридионального простирания, в основном, тяготеющие к западной и южной частям массива.

По хромитоносности массив подразделяется на три части — северную, центральную и южную. В северной части расположены 14 рудопроявлений, в центральной — также 14; наибольшее число объектов — 44, в том числе Качкинская группа месторождений, находятся в южной гарцбургитовой части массива. В северной части массива преобладают рудопроявления в дунитах и пироксеновых дунитах с высокохромистым составом руд. На остальной площади массвива преобладают рудопроявления с глиноземистыми рудами.

Качкинская группа месторождений находится в южной части массива, в восточной эндоконтактовой зоне, в пределах гарцбургитового СВК. Эта группа в Госбалансе учитывается как одно месторождение с запасами категории C_1 95 тыс. т и C_2 7 тыс. т.

Месторождение состоит из нескольких рудных тел линзовидной формы), длина по простиранию 3–55 м, мощность 0,5–15 м, глубина выклинивания 5–59 м. Контакты с вмещающими породами обычно резкие. Руды сплошные, представлены среднехромистыми высокоглиноземистыми разностями с содержаниями Cr_2O_3 31–41 % (среднее — 34,8 %); Al_2O_3 21–23 %. Вкрапленные руды слагают зальбанды рудных тел и имеют подчиненное значение. Промышленный тип руд — огнеупорный.

Прочие мелкие месторождения и проявления либо отработаны, либо не имеют балансовых запасов. Все они включены в каталог «Месторождения и рудопроявления хромитов Первомайского массива» [111], где систематизированы и описаны по результатам обследовательских и поисковых работ. В «Реестре хромитопроявлений» Б.В. Перевозчикова [18] большинство рудопроявлений массива характеризуются как с неясными перспективами или как неперспективные.

Ключевской массив

Массив расположен на восточном склоне Среднего Урала в Сысертском районе Свердловской области в 48 км к юго-востоку от г. Екатеринбурга. Его поверхность представляет собой слабо всхолмлённую равнину с общим наклоном на восток с абсолютными отметками 210–260 м.

Первые упоминания о наличии хромовых руд в районе Ключевского массива относятся к 1842 году. Добыча хромитов началась в 1865 г. и велась с перерывами до 1916 г. За этот период на мелких месторождениях было добыто около 24 тыс. т богатых руд. Позже (1926–1935 гг.) проводилось геологическое изучение как хромитовых месторождений, так и Ключевского массива в целом, особенно его южной части. В этот же период добыча хромовых руд осуществлялась трестом «Союзхромит». К 1941 году все основные месторождения руд были отработаны. Всего за этот период было добыто 135 тыс.т вкрапленных руд [57].

В 1934–1938 гг. К.Н. Прохоровой и С.С. Горлановым проведена геологическая съёмка центральной и южной частей массива в масштабе 1:10 000. Было выявлено более 130 мелких месторождений и рудопроявлений хромита. Наиболее крупные месторождения южной части массива были разведаны до глубины 70 м с подсечением руд на глубине 150 м. Общие запасы с содержанием более 12–15 % были оценены в количестве 657 тыс. т [57].

В 1964–1969 гг. поисковые работы на массиве проводились Сысертской геолого-поисковой партией [138]. Месторождения южной части массива были изучены густой сетью канав и скважинами глубиной 250–300 м. В результате работ были подсчитаны запасы с содержанием Cr_2O_3 более 5 % в количестве 32,6 млн т по категории C_2.

Поиски хромитов в северной части осуществлялись горными выработками и единичными скважинами.

В результате поисковых работ 1981–1984 гг. было уточнено геологическое строение массива и характеристики оруденения, новых объектов не было выявлено.

В плане массив имеет каплевидную форму, с расширением к югу *(рис. 21)*. В меридиональном направлении его длина 23 км, ширина от 0,4 км на севере до 7,2 км на юге, площадь около 80 км^2. Контакты массива с вмещающими лландоверийскими вулканогенными, вулканогенно-осадочными и средне-верхнеордовикскими осадочными образованиями повсеместно тектонические. Форма массива и широкое развитие тальк-карбонатных пород в восточном эндоконтакте указывают на то, что он надвинут на породы восточного обрамления. По геофизическим данным восточный контакт массива падает на запад, южный — на север под углом около 70°. Мощность массива на севере оценивается в 700–800 м, на юге превышает 5 км. В строении массива выделяются три комплекса пород: небольшие участки дунит-гарцбургитового состава в северной и северо-восточной частях массива, гарцбургитовый — в его центральной части и дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый — в южной и юго-западной частях. Тела габброидов слагают краевые северную и западную части массива. Степень серпентинизации пород массива не опускается ниже 70 %.

Породы ДВКГ комплекса слагают обширное поле на юге и юго-востоке массива. На юге в его составе преобладают краевые дуниты. Их мощность достигает 1,2–1,5 км, а площадь распространения составляет 6,0 кв. км. На западе они сменяются верлитами, пироксенитами и габбро. Верлиты приурочены к контактам дунитов и пироксенитов, реже встречаются в виде обособлений среди пироксенитов и дунитов.

В пределах Ключевского массива известно более 130 рудопроявлений и месторождений хромовых руд, из них 30 — в северной и центральной частях и более 100 в южной. Последние связаны с дунитами ДВКГ комплекса, где они, по сближенности на отдельных участках, объединены в месторождения или рудоносные участки.

На мелких рудопроявлениях северо-восточной части массива в дунитах дунит-гарцбургитового СВК преобладают руды с высокохромистой низкоглинозёмистой шпинелью (Пьяноборские I и II, Погорельские I и II). В центральной части массива среди гарцбургитов развиты преимущественно рудопроявления с глинозёмистыми рудами (Чуровские II и III, Мочище, Коровья Яма, Волегово). Содержание Cr_2O_3 в рудах этих проявлений колеблется от 33 % до 45 %. Вероятно, к этой же полосе относятся рудопроявления (Попово-Польское, Урал-Курганское, Серый Крон), где за счёт метаморфизма содержание Cr_2O_3 в рудах повышается до 50 %. Для рудопроявлений в гарцбургитах гарцбургитового СВК характерны одиночные, небольшие по размерам, крутопадающие рудные тела линзо-жилообразной и штокообразной формы, резкие контакты с вмещающими породами. Доминируют густовкрапленные, сплошные глинозёмистые руды. Длина по простиранию большинства рудных тел не превышает 15–25 м, мощность 1,5–2,0 м.

В дунитах ДВКГ комплекса по содержанию Cr_2O_3 выше 5 % выделены рудоносные зоны и участки с содержаниями Cr_2O_3 от 6,76 до 9,7 %, среди них два крупных (Ревдинский и Первомайский) и серия более мелких участков. Общая полоса рудоносных дунитов, оконтуривающих в плане поле верлитов-пироксенитов, имеет протяжённость около 6 км и ширину от 400 м на западе до 1,5 км на востоке. В центре она прерывается неизученной площадью под пос. Двуреченским. Простирание рудоносных зон и рудных тел внутри них согласно простиранию дунитов, падение в широтной полосе — на север под углом 70–75°. Для всех участков характерно преобладание

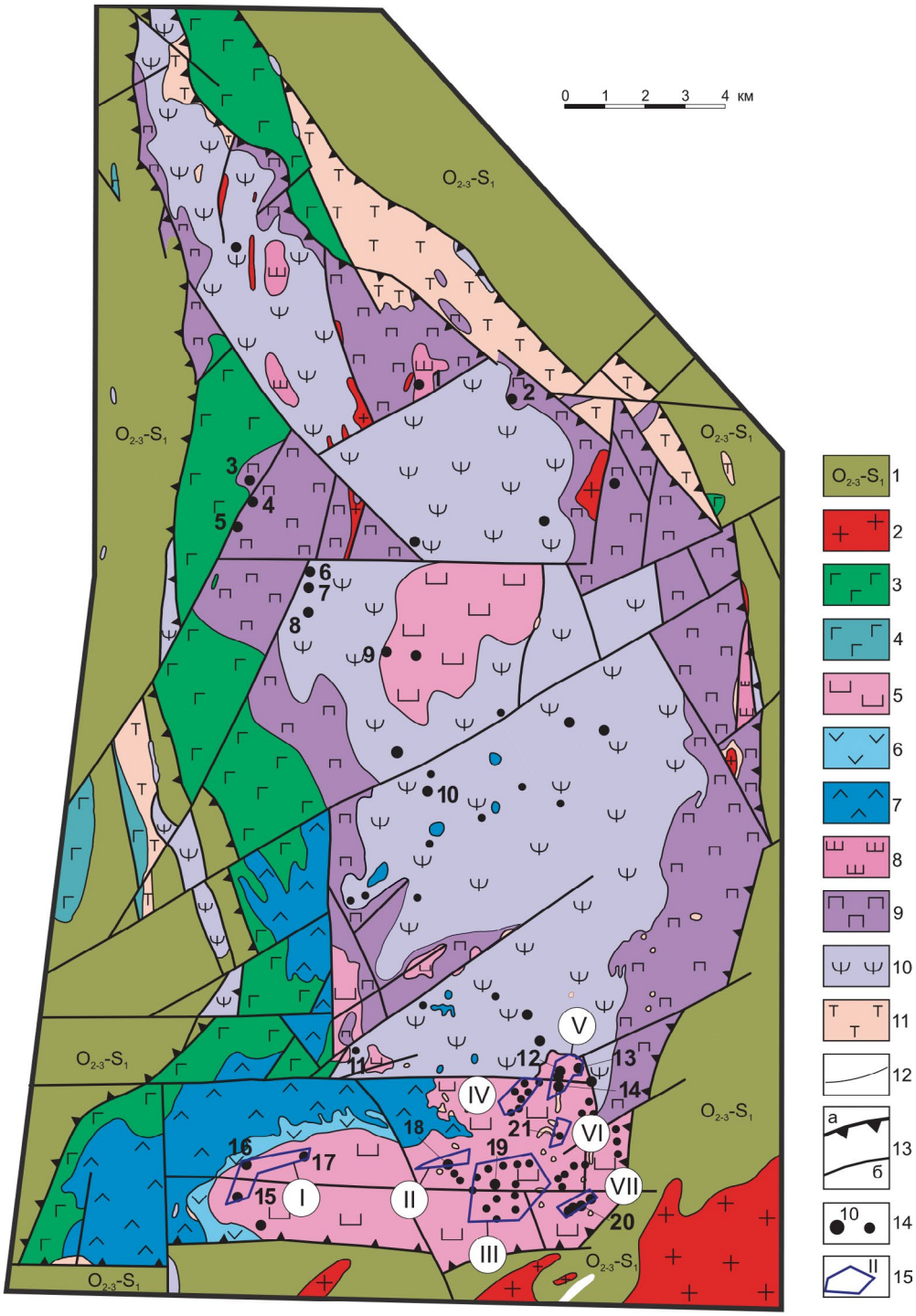


Рис. 21. Схематическая геологическая карта Ключевского массива (по материалам Пономарева И.С., 1970 г.):

1 — ордовикская система, средний и верхний отделы, силурийская система, нижний отдел. Метаморфизованные вулканогенные и туфогенно-осадочные отложения; **2** — каменноугольные гранитоиды. Раннесилурийский офиолитовый комплекс Ключевского массива: **3** — габбро, дайки долеритов. Дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс: **4** — габбро; **5** — дуниты серпентинизированные; **6** — верлиты; **7** — клинопироксениты. Дунит-гарцбургитовый и гарцбургитовый комплексы нерасчлененные: **8** — дуниты серпентинизированные (дунит-гарцбургитового комплекса); **9** — гарцбургиты серпентинизированные; **10** — серпентиниты апоперидотитовые; **11** — тальк-карбонатные породы; **12** — геологические границы; **13** — тектонические нарушения: а — надвиги, б — прочие разрывные нарушения; **14** — месторождения, рудопроявления и их номера; **15** — участки месторождений и рудопроявлений в дунитах ДВКГ комплекса. Месторождения и рудопроявления Ключевского массива: **1** — Пьяноборское 2-е; **2** — Пьяноборское 1-е; **3** — Серый Крон; 4 — Урал-Курганское; **5** — Попово-Польское; **6** — Чуровское 2-е; 7 — Чуровское 3-е; **8** — Мочище; **9** — Покосное 2-е; 10 — Коровья Яма; **11** — Поскотинское; **12** — Козловское 1-е; **13** — Козловское 2-е; **14** — Самохваловское; **15** — Федосеевское; **16** — Беспаловское; **17** — Светлогорское; **18** — Ревдинское; **19** — Первомайское; **20** — Барсучье; **21** — Заячий. Участки месторождений и рудопроявлений: **I** — Светлогорский; **II** — Ревдинский; **III** — Первомайский; **IV** — Участок 52; **V** — Козловско-Самохваловский; **VI** — Заячий; **VII** — Барсучий

бедных руд полосчатой и линзовидной текстуры, шлиры и мелкие тела густовкрапленных руд составляют незначительную часть.

На Ревдинском участке протяженность рудной зоны составляет 600 м, мощность от 40 до 130 м. Изучена она до глубины 250–300 м, на глубину не оконтурена. В пределах зоны выделены 12 крупных и серия мелких рудных тел длиной 40–200 м и мощностью от 0,5 до 2–85 м. Оцененные ресурсы составляют 14,3 млн т с содержанием Cr_2O_3 6,06 % до глубины 300 м [130].

На Первомайском участке выделены 6 рудоносных зон длиной от 20 до 200 м с промежутками пустых пород мощностью 30–70 м. Ресурсы подсчитаны до глубины 300 м в количестве около 15 млн т с содержанием Cr_2O_3 9,33 %. Текстура бедных руд полосчатая, линзовидно-полосчатая. Шлиры и мелкие тела густовкрапленных руд составляют незначительную часть рудоносных зон, и при отсутствии необходимого сгущения выработок их размеры остались невыясненными. Другие участки (Барсучий, Заячий, Участок 52, Козловско-Самохваловский) характеризуются меньшими размерами, их ресурсы оцениваются в 150–800 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 от 9,0 % до 9,47 %. Состав рудной хромшпинели месторождений краевых дунитов характеризуется высокой хромистостью (содержание Cr_2O_3 51,41–60,52 %), низкой глинозёмистостью (содержание Al_2O_3 8,38–12,26 %).

Оценивая общую хромитоносность Ключевского массива, можно отметить небольшие размеры рудопроявлений в породах среди гарцбургитов. С учетом недоизученности их масштаб максимально можно оценить в первые десятки тыс. т. Крупные проявления в дунитах ДВКГ комплекса содержат большие объемы хромистых, но не промышленных по содержанию хрома руд.

Верхне-Тагильский массив

Массив находится в Верхне-Тагильском районе Свердловской области, в 65 км к северо-востоку от г. Екатеринбурга. В структурном плане он на западе по зоне ГУР, вместе с вмещающими вулканитами силура, контактирует с осадочными отложениями девона (*рис.22*).

Месторождения хромитов массива разрабатывались с перерывами с 1884 по 1932 г. Изучение массива проводилось в основном в первой половине XX века одновременно с поисковыми, разведочными и эксплуатационными работами на хромиты. В 1929–1931 гг. была проведена геологическая съемка м-ба 1:10 000, в 1935–1936 гг. — геологическое изучение в м-бе 1:10 000. Работы были сосредоточены в пределах известных месторождений и рудных полей. В 1964–66 гг. Н.Н. Кубашиным [98] были проведены поисковые геолого-геофизические работы на хромиты в южной части массива.

Массив представляет собой пластообразное тело мощностью около 1 км субмеридионального простирания. Гипербазиты слагают тело длиной 8 км при ширине до 3 км, общей площадью 24 км^2 *(рис. 22)*. По геофизическим данным падение массива в северной части западное под углом 60°, южная часть залегает горизонтально. Вмещающими породами являются вулканогенные образования силура. С востока массив граничит с субмеридиональной интрузией гранитоидов позднего ордовика-раннего силура. Контакты повсеместно тектонические. Возраст массива условно принимается как поздненеордовикско-раненнесилурийский.

Массив сложен породами нижней части офиолитового разреза, в его строении отмечается определенная зональность: южная и средняя части массива сложены породами ДВКГ комплекса с уменьшением количества дунитов и увеличением к северу объема верлитов, пироксенитов, габбро. Северная часть сложена габбро, габбро-норитами

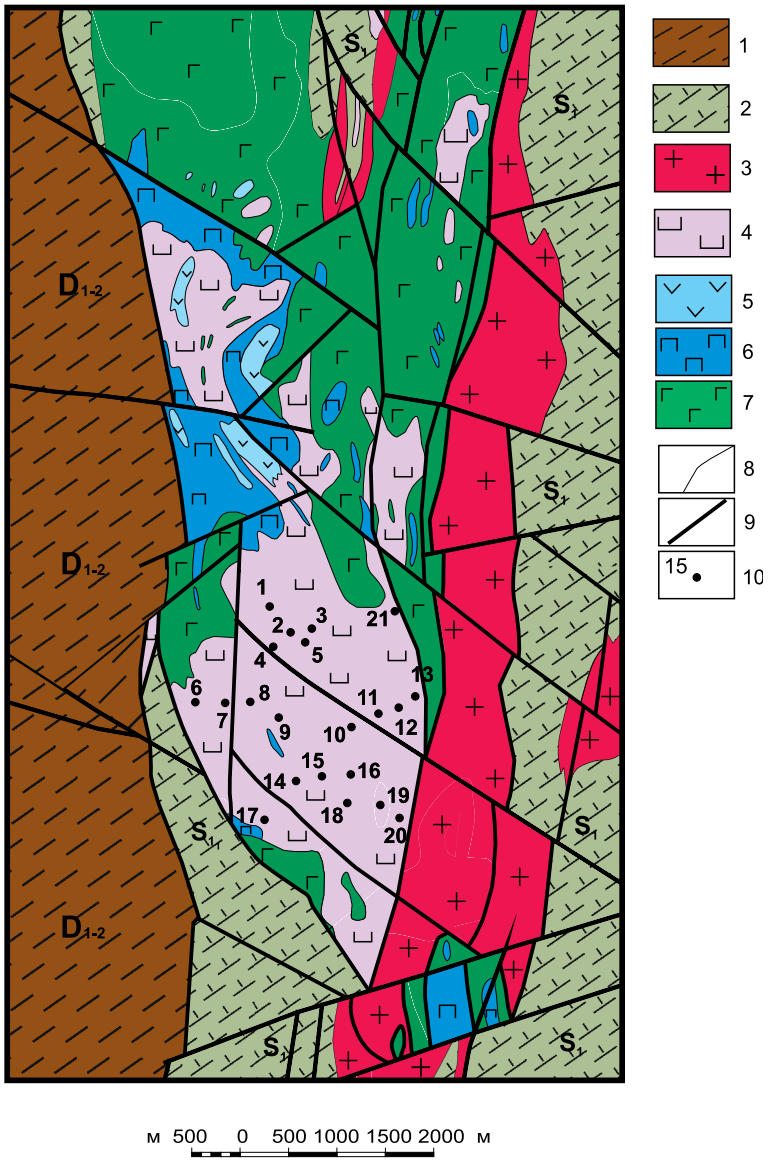


Рис. 22. Схематическая геологическая карта Верхне-Тагильского массива (по материалам Зенкова И.И., 1979 г.):

Девонская система, нижний и средний отделы: **1** — туфогенно-осадочные и карбонатные отложения. Силурийская система, нижний отдел: **2** — вулканиты основного и кислого состава. **3** — позднеордовикско-раннесилурийские граниты, гранодиориты. Позднеордовикско-раннесилурийский дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс: **4** — дуниты серпентинизированные; **5** — верлиты; **6** — пироксениты; **7** — габбро, габбронориты; **8** — геологические границы; **9** — разрывные нарушения. **10** — рудопроявления хромовых руд и их номера: **1** — Ерофеевское; **2** — Теплогорское IV; **3** — Емелины I и II; **4** — Теплогорские I, II, III; **5** — Самофеевское; **6** — Институтское; **7** — Моторинское; **8** — Николаевские I, II; **9** — Тюменские I, II; **10** — Хромитовые рудники II, III, IV; **11** — Чудновское; **12** — Оспенное I; **13** — Оспенные II, III; **14** — Анатольевское; **15** — Хромитовый рудник I; **16** — Малое Оспенное; **17** — Острогорские I, II; **18** — Студеновское III; **19** — Студеновское I; **20** — Кедровое

и полосчатыми габброидами с небольшими по площади телами пироксенитов. И.И.Зенков [69] отмечал в северной части в крупном теле полосчатых габбро большое количество мелких даек габбро-диабазов вплоть до развития зон «дайка в дайке».

На массиве известно более 20 мелких месторождений и рудопроявлений хромовых руд, сосредоточенных в южной части массива, сложенной дунитами и серпентинизированными дунитами ДВКГ комплекса. К относительно крупным хромитовым месторождениям относятся Чудновское, 1-й хромитовый рудник, Кедровое, Теплогорское , 1-е Студеновское, 3-е Оспенское, Самофеевское, 2-е Студеновское, Андриановское, 2, 3, 4 и 5-й хромитовые рудники, Николаевское, Южный склон г. Хромитовой. До 1932 на месторождениях было добыто около 20 тыс. т руды.

Месторождения представлены как отдельными рудными телами, так и их сериями с расстояниями между ними от 200 до 800 м. Эти серии прослеживаются по цепочкам карьеров начала 20-го века глубиной до 10–20 метров. Форма рудных тел — гнездовая, жильная, жилообразная, полосовидная, линзовидная, преобладают сложные жилы; средний размер: 10–12×0,5–1,0 м. Часто месторождение объединяет несколько рудных тел, длина которых колеблется от 3 до 150 м (преобладают 8–10 м). Наибольшую протяженность до 150 м по простиранию имеют рудные залежи

Николаевских рудопроявлений. В пределах Кедрового, Чудновского, 1-го Хромитового, 3-го Оспенного проявлений длина рудных тел колеблется от 10 до 60 м. На остальных рудопроявлениях длина рудных тел редко превышает 10 м.

Мощность отрабатывавшихся рудных тел — от 0,4 м до нескольких метров, иногда 8–12 м (1-е Студеновское — до 11,4 м, 1-й Хромитовый рудник — до 12 м, 2-е Острогорское — до 10 м). Глубина распространения оруденения до 40 м. Простирание рудных тел северо-восточное или субширотное, реже меридиональное. Руды представлены редко-средневкрапленными, редко-густовкрапленными, средне-густовкрапленными типами, реже сплошными. Текстура руд массивная, вкрапленная, полосчатая, шлировая. Содержание Cr_2O_3 в массивных рудах колеблется от 31,85 до 50,67 %, во вкрапленных — от 22 до 39,25 %. Редковкрапленные руды на Чудновском и Острогорском рудопроявлениях содержат Cr_2O_3 от 6,7 до 21,6 %. Рудообразующие хромшпинелиды: субферриалюмохромит, железистый субферриалюмохромит. Содержание Cr_2O_3 в рудных хромшпинелидах 51,5–59,5 %. Отношение Cr_2O_3/FeO' обычно выше 3,0. Концентраты из вкрапленных руд характеризуется содержанием Cr_2O_3 53,53–59,48 % и пригодны для использования в металлургии.

Необходимо отметить, что в начале 20 века в районе г. Хромовой и рудопроявлений Чудновское и Острогорское из россыпей проводилась старательская добыча осмистого иридия.

Поисковыми работами 1964–67 гг. в массиве были выявлены зоны редковкрапленных руд с содержанием Cr_2O_3 от 6,7 до 21,6 %. и оценены прогнозные ресурсы категории P_2 в количестве 2887,4 тыс. т [98]. Э.Г.Кусмаулем в 1985 г. прогнозные ресурсы вкрапленных руд при бортовом содержании Cr_2O_3 8 % до глубины 60 м были оценены по категории P_2 в количестве 0,4 млн т с содержанием Cr_2O_3 17 % [104]. Эти ресурсы рассредоточены по отдельным мелким месторождениям с ресурсами от единиц до первых десятков тысяч тонн.

Верх-Нейвинский массив

Верх-Нейвинский массив находится в Свердловской области (Кировоградский и Первоуральский районы), западнее пос. Верх-Нейвинский, в 70 км на северо-запад от г. Екатеринбурга.

Изучение массива, одновременно с поисковыми, разведочными и эксплуатационными работами на хромиты, проводилось, начиная с середины XIX века. Эксплуатация осуществлялась карьерами и частично неглубокими (до 25–30 м) шахтами. Исключениями являлись шахты Александровская глубиной 60 м и Шитовская — 90 м. Лишь к концу XX века были составлены геологические карты массива масштаба 1:200 000 [92] и 1:50 000 [69]. Поисковые работы проводились в начале 20-го века и были сосредоточены в пределах известных месторождений и рудных полей. В 1928–1935 гг. Н.М. Аксеновым проводились небольшие по объему геолого-поисковые работы на месторождениях Лешачьи Лога. Отмечается слабая разведанность массива, поисковые работы велись, в основном, с поверхности, большинство месторождений и рудопроявлений остались неизученными на глубину.

Массив располагается в 8 км к югу от Верхне-Тагильского массива, в зоне Главного Уральского разлома; вытянут с севера на юг на 25 км, при максимальной ширине 11 км имеет клинообразную в плане форму, сужаясь к югу. Площадь массива около 200 км^2, мощность — 4 км *(рис. 23)*. Контакты с вмещающими вулканогенно-осадочными образованиями ордовика, силура и нижнего девона тектонические с падением на восток под углами 50–80°. Возраст массива позднеордовикско-раннесилурийский.

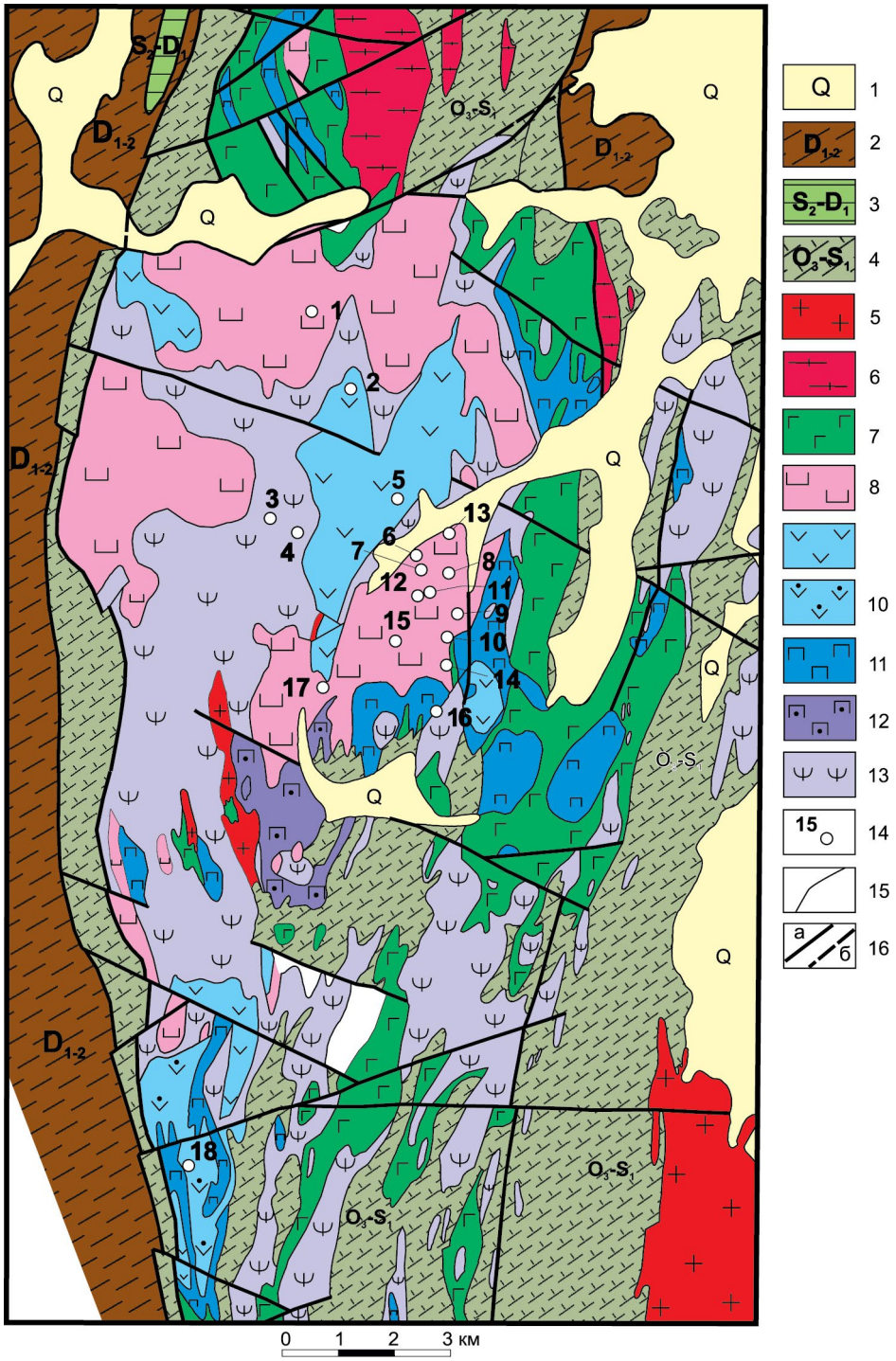


Рис. 23. Схематическая геологическая карта Верх-Нейвинского массива (по материалам Зенкова И.И., 1979 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — девонская система, нижний и средний отделы, туфогенно-осадочные и карбонатные отложения; **3** — силурийская система, верхний отдел-девонская система нижний отдел, вулканогенные отложения; **4** — ордовикская система, верхний отдел-силурийская система, нижний отдел, вулканиты основного состава, вулканогенно-осадочные отложения, углисто-кремнистые сланцы; **5** — каменноугольные граниты, гранодиориты; **6** — позднеордовикско-раннесилурийские граниты, гранодиориты. Позднеордовикско-раннесилурийский офиолитовый комплекс Верх-Нейвинского массива: **7** — габбро, габбронориты; **8** — дуниты серпентинизированные; **9** — верлиты; **10** — верлиты с горизонтами дунитов; **11** — пироксениты оливиновые и плагиоклазсодержащие; **12** — гарцбургиты; **13** — серпентиниты апоперидотитовые; **14** — месторождения и рудопроявления хромовых руд; **15** — геологические границы; **16** — разрывные нарушения: а — установленные, б — предполагаемые. Месторождения и рудопроявления Верх-Нейвинского массива (по Реестру Перевозчикова и др., 2000 г.): **1** — Каменское; **2** — Средне-Александровское; **3** — Чувановское 1-е; **4** — Чувановские 2, 3, 4; **5** — Шитовское; 6 — Абрамовское 2-е; **7** — Бобошинское; **8** — Абрамовское 1-е; 9 — Верхне-Александровское; **10** — Калиничевские 1,2; 11 — Степановское 1-е; **12** — Степановское 2-е; **13** — Нижне-Александровское; **14** — Натальинское 1-е; **15** — Вороновское; **16** — Полузаводское; **17** — Соленый рудник № 1; **18** — Шаромское

Две трети площади массива сложены породами ДВКГ комплекса — серпентинизированными дунитами, слагающими крупные поля в центральной и восточной частях массива, верлитами и пироксенитами, сосредоточенными в центральной, южной и восточной частях, а также серпентинитами. В центре массива закартировано небольшое поле серпентинизированных гарцбургитов. По восточной периферии массива и на севере в виде прерывистой каймы шириной 0,5–2 км развиты габброиды. Так же как в Верхне-Тагильском массиве, в его зальбандах между габброидами и базальтами расположены линзы и полосы верхнеордовикских-нижнесилурийских гранитов-гранодиоритов.

В пределах Верх-Нейвинского массива в дунитах ДВКГ комплекса известны 63 месторождения и рудопроявления хромовых руд, большинство из которых (более 30) отработаны с 1855 до 1932 гг., было добыто 110 тыс. т. Отрабатывались линзы, участки и шлиры богатых руд среди залежей бедных и убогих руд.

Для рудных объектов массива характерны жилообразная, коротколинзовидная, гнездовая, штокообразная, столбообразная, сложные с пережимами мощности по падению формы рудных тел. Длина по простиранию — от 6 до 80 м, длина по падениию от 13 до 72 м; мощность от 0,5 до 4,0 м, Азимут простирания — от 10 до 350°, азимут падения — от 45 до 280°, угол падения — 45–90°. Контакты рудных тел как постепенные, так и резкие, участками тектонические.

На массиве выделены три группы месторождений и рудопроявлений (рудные поля): Лешачьи Лога на востоке, Жужинско-Шаромская на юго-западе массива и Красногорско-Афонинская на севере.

Самая крупная группа из 20 месторождений находится в урочище Лешачьи Лога, в крупном теле дунитов на контакте с пироксенитами. Рудоносная зона длиной не менее 3000 и шириной 120 м. Рудные тела разорваны сбросо-сдвигами на мелкие жилы и гнезда. Глубина распространения оруденения — до 40–70 м, простирание — меридиональное, углы падения на восток 78°, длина рудных тел от 11 до 85 м, мощность — 0,7–3,5 м. Руды массивные и вкрапленные. Содержание Cr_2O_3 в сплошных рудах 36,5 — 47,2 %, отношение Cr_2O_3/FeO' 2,9. Во вкрапленных рудах содержание Cr_2O_3 9,0–36,9 %, они относились к бедным и не отрабатывались. Рудообразующие хромшпинелиды — алюмохромит, субферриалюхромит.

Наиболее интересными являются по оценке Э.Г. Кусмауля [104] месторождения: Нижне-Александровское, Иконниковское I, Верхне-Александровское, Старое Верхне-Александровское и Калиничевское I с массивными и вкрапленными высокохромистыми рудами.

Нижне-Александровское месторождение — крупнейшее на массиве, с запасами в невыработанной части по кат. $A+B+C_2$ 26 тыс.т. С 1870 по 1935 гг. отрабатывались 2 рудных тела верхних горизонтов. Два слепых рудных тела были открыты в 1935–36 гг. Из 14 скважин, пробуренных до глубины 80 м, хромовые руды встречены в 10 скважинах. Месторождение отрабатывалось до уровня грунтовых вод 4 карьерами общей длиной по простиранию рудных тел до 140 м, глубиной 2–20 м, шириной 12 м, и шахтами глубиной до 39 м. Рудные тела нарушены тектоническими разрывами, вследствие чего их простирание и падение изменчиво. Форма рудных тел линзообразная, жилообразная, длина по простиранию 21–130 м, по падению — 17–48 м, мощность верхних рудных тел 1,5–3,5 м, слепых — 0,6–1,7 м. Руды сплошные и вкрапленные. Содержание компонентов в рудах (масс. %): Cr_2O_3 34,84–47,18, Al_2O_3 7,68–14,24, FeO 12,85–15,16, SiO_2 5,53–14,53, CaO 0,22–0,46, Cr_2O_3 /FeO' — 3,0.

Месторождение Верхне-Александровское представлено 2-мя участками — собственно Верхне-Александровским и к западу от него Старым Верхне-Александровским.

На Верхне-Александровском — несколько линзовидных залежей, на Старом Верхне-Александровском — одна залежь, разбитая разрывными нарушениями на ряд блоков. Мощность рудных тел до 3 м. Руды сплошные, реже вкрапленные. Содержание Cr_2O_3 в сплошных рудах 55,37 %. Верхне-Александровское месторождение разрабатывалось 4-мя карьерами и 2-мя шахтами глубиной до 30 м. Месторождение недоизучено на глубину.

Жужинско-Шаромская группа рудопроявлений находится в юго-западной части массива. Рудопроявления расположены в теле дунитов и в маломощных телах дунитов среди верлитов. Рудоносная зона прослежена на 5000 м, мощность рудных тел 1–3 м. Руды массивные и вкрапленные. Содержание Cr_2O_3 в массивной руде 49–53,6 %, FeO 19,82–29,2 %, Cr_2O_3/ FeO' 2,1.

Красногорско-Афонинская группа расположена в северной части массива в крупном теле дунитов, длина рудоносной зоны 10 000 м, мощность рудных тел 1–20 м. Руды вкрапленные с содержанием Cr_2O_3 20–25 %.

В 2008–2012 гг. ООО «ОборонГеоГрупп» провело поисково-оценочные работы на рудопроявлениях Жужинско-Шаромской группы (месторождения 219 и 219а), где ранее шурфами и мелкими карьерами были отработаны шлиры и линзы богатых руд.

Месторождение 219 расположено в субмеридиональном блоке дунитов, ограниченном с запада и востока мощными телами пироксенитов. Месторождение состоит из трех рудных тел, сопровождаемых многочисленными маломощными (до 50 см) прожилками и шлирами хромита. Рудная зона имеет протяженность 90 м при ширине 30 м. Мощность рудных тел — от 0,5 до 14 м. Протоколом № 150 ТКЗ Уралнедра от 05.02.2010 г. на месторождении 219 были утверждены запасы по категории C_1+C_2 в количестве 270 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 16,9 %. На начало 2019 г. на месторождении сохранялось 266 тыс. т запасов.

Месторождение 219а, расположенное в 70 м к западу от месторождения 219, было оценено в 2011–2012 гг. На месторождении — 4 пластообразных рудных тела субмеридионального простирания с падением на восток 70° в рудной зоне протяженностью 40 м, мощностью 20 м, протяженностью по падению 20–30 м. Длина рудных тел 16–35 м, по падению 20–40 м, мощностью от 1–2 до 4 м; содержание Cr_2O_3 в рудах от 10 до 33,7 %, в среднем 15,2 %. Протоколом ТКЗ Уралнедра № 477 от 30.11.2016 г. на месторождении утверждены запасы в количестве 7,4 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 15,2 %.

Уфалейский и Каркодинский массивы

Уфалейский и Каркодинский массивы расположены в Челябинской области, в зоне Главного Уральского разлома, и, судя по сближенности и идентичности геологического строения и рудоносности, представляют собой тектонические блоки единого массива *(рис. 24)*.

Первые сведения о геологическом строении и хромитоносности массива были получены в начале 19-ого века. С 1888 года по 1941 год на массиве осуществлялась промышленная добыча хромовых руд. В общем балансе добычи хромитов на Урале она составляла 20–25 %. В 1936–38 гг. В.С. Красулиным [97] составлены геологические карты Уфалейского и Каркодинского ультраосновных массивов масштаба 1:50 000, дана перспективная оценка месторождений и проявлений хромитов, подсчитаны прогнозные запасы. В довоенный период были проведены разведочные работы на Песчанских и Каркодинских месторождениях хромита, в результате чего разведано Северо-Песчанское месторождение, с запасами в количестве 46 539 т кат. A_2+B+C_1. В 50-е годы они были переведены в разряд непромышленных. В 80-х гг. изучение массива

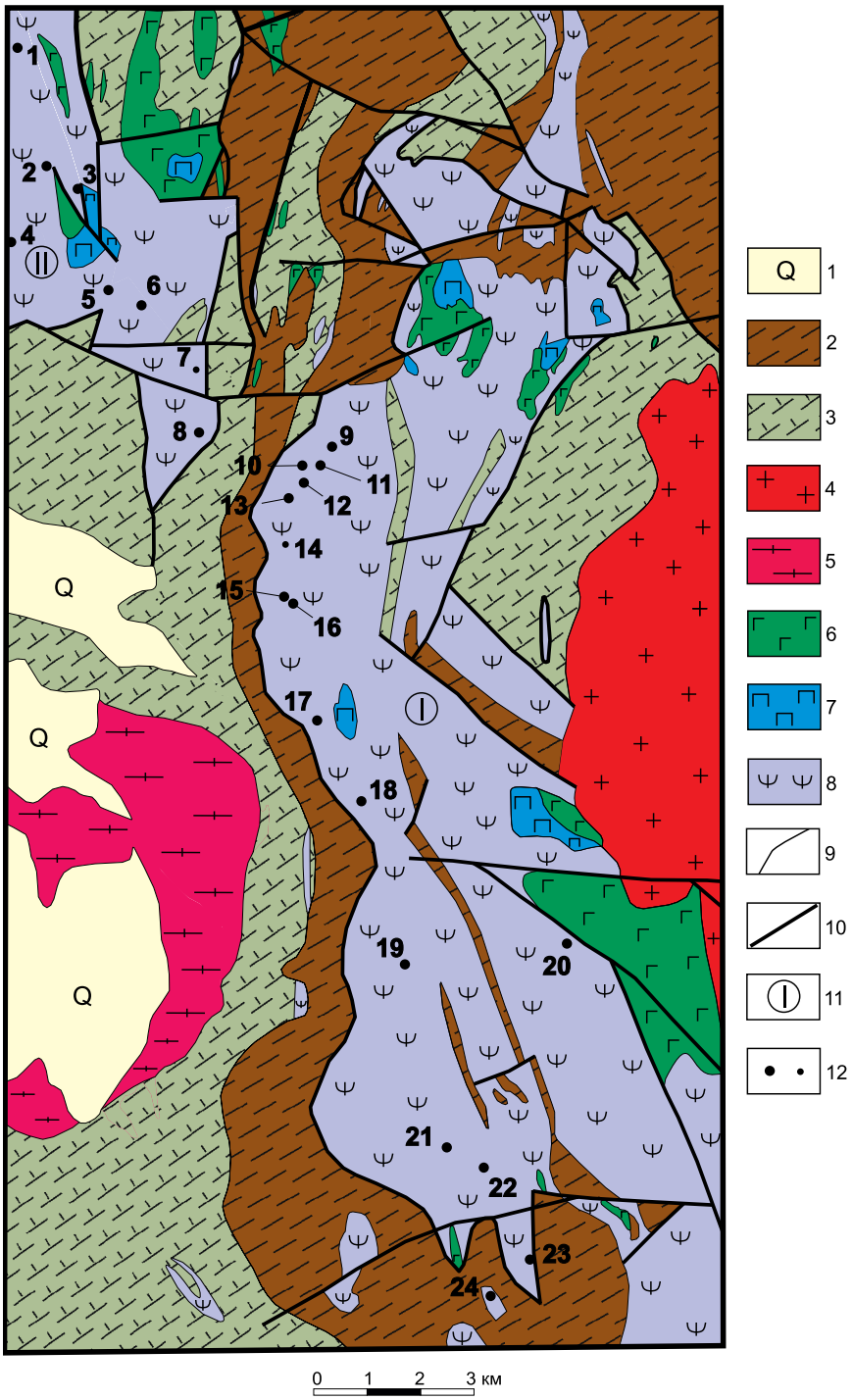


Рис. 24. Схематическая геологическая карта Уфалейского и Каркодинского массивов (по материалам Панферова В.В., 1989, Копанева В.Ф., 1999 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — девонские вулканогенно-теригенно-карбонатные отложения; **3** — ордовикские вулканогенно-осадочные отложения; **4** — каменноугольные граниты, гранодиориты, плагиограниты; **5** — девонские гранодиориты, диориты. Ранне-среднеордовикский офиолитовый комплекс: **6** — габбро; **7** — верлиты, пироксениты; **8** — серпентиниты, преимущественно апогарцбургитовые; **9** — геологические границы; **10** — тектонические нарушения; **11** — ультрабазитовые массивы: **I** — Уфалейский, **II** — Каркодинский; **12** — месторождения и рудопроявления хромовых руд Каркодинского массива: **1** — Каркодинское 8-е; **2** — Каркодинское 6-е; **3** — Каркодинское 5-е; 4 — Каркодинское 4-е; **5** — Каркодинское 9-е; **6** — Каркодинское 7-е; **7** — Каркодинское 2-е; **8** — Каркодинское 1-е. Уфалейского массива: **9** — Северное; **10** — Северо-Западное; **11** — Северо-Песчанское; **12** — Средне-Песчанское; **13** — Южно-Песчанское; **14** — Случайное; **15** — Западно-Родионовское; **16** — Восточно-Родионовское; **17** — Буслаева Гора; **18** — Николаева Гора; **19** — Уфалейское (58 квартал); **20** — Уфалейское (59 квартал); **21** — Волчьегорское; **22** — Туркинское; **23** — Чернореченское; **24** — Уфалейское (106 квартал)

проводилось в рамках ГДП-50 [129]. В 1990-х годах в связи с острой нехваткой хромового сырья, ЧЭМК организует в Уфалейском районе работы по ревизии, оценке, разведке и разработке приповерхностных месторождений и проявлений хромитов, в результате которых проведена разведка и разработка Северо-Песчанского месторождения (с 1996 года добыто 13 992 т). На Южно-Песчанском месторождении были выявлены и в последующем отработаны новые залежи с оперативно подсчитанными запасами 31,5 тыс. тонн, подготовлено к эксплуатации и отработано Северо-Западное месторождение с запасами категории C_1 53,6 тыс. т (добыто 64,8 тыс. т) [65]. В 1998–2001 гг. разведано 2-ое Северо-Западное месторождение.

В ходе поисково-оценочных работ в 1998–2004 гг. [71] в пределах Уфалейского и Каркодинского ультраосновных массивов были выявлены новые залежи хромовых руд на флангах и нижних горизонтах ранее известных проявлений и месторождений Буслаева гора, Восточно- и Западно-Родионовские, Случайное, 1-ое Северное, 1-ое и 2-ое Каркодинские.

В Госбалансе РФ по состоянию на 01.01.2010 г. на Уфалейском массиве были учтены запасы по месторождениям: 2-е Северо-Западное, Буслаева гора, Волчьегорское, Восточно-Родионовское и Западно-Родионовское. Суммарные запасы по этим месторождениям составляли по категории C_1 41 тыс. т, C_2 22 тыс. т, забалансовые — 2 тыс. т при содержании Cr_2O_3 от 24,38 до 35,34 %. На Каркодинском массиве были учтены запасы по Каркодинскому 1-му по категориям C_1+C_2 в количестве 5 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 35,13 %.

Уфалейский массив вытянут в субмеридиональном направлении более чем на 30 км при максимальной ширине 3–5 км. Общая площадь массива более 130 км^2. Каркодинский массив вытянут в северо-северо-западном направлении на 7 км, его площадь — 25 км^2.

Уфалейский массив представляет собой серию тектонических блоков линзообразной формы мощностью от 0,2 до 1,8 км, надвинутых на силурийско-девонские отложения [60]. Контакты массива тектонические с падением на восток. Западный контакт представляет собой надвиг и погружается под углом 45–50°, восточный — под углом 70–80°. Внутри Уфалейского массива выделяются узкие протяженные тектонические блоки пород силура и девона.

В составе пород Уфалейского массива преобладают сильно серпентинизированные гарцбургиты. В западной рудоносной его части развиты мелкие линзовидные тела аподунитовых серпентинитов и серпентинизированных дунитов. В верхних частях разреза присутствуют блоки пироксенит-габбрового состава, свидетельствующие о незначительном эрозионном срезе массива.

Известные месторождения и проявления хромитов Уфалейского массива пространственно тяготеют к западному эндоконтакту массива. Протяженность рудоносной полосы, ширина которой оценивается в 200–300 м, составляет более 15 км. В пределах локальных участков этой зоны количество рудных тел, их размеры, морфология сильно различаются на разных рудопроявлениях. Рудные тела располагаются как поодиночке, так и группами по 2–15 в контуре единой рудоносной зоны. На Родионовском участке выявлены 5 рудных тел, на месторождении Буслаева Гора — 12, на рудопроявлении Волчьегорское — 15. На рудопроявлениях Песчанской группы установлены наиболее крупные для Среднего и Южного Урала рудные тела (залежи): протяженностью 280 м на Средне-Песчанском, 150 м на Северо-Песчанском, 130 м на Северо-Западном при средней мощности 2,5–4,1 м. Большая часть рудных тел имеет более скромные размеры от — 5–16 м до 50–70 м по простиранию при мощности 1–3 м. Для крупных

рудных тел (залежей) характерна сложная форма с раздувами и пережимами, многочисленными апофизами и разветвлениями. Мелкие тела более простые по форме — линзы, жилы. Глубина выклинивания рудных тел — первые десятки метров.

Руды Уфалейского массива — от редковкрапленных до сплошных с преобладанием густовкрапленных. Содержания Cr_2O_3 в рудах по данным поисковых и добычных работ — от 17,6 % до 46,9 %, при средних значениях более 30 %. По данным отработки в группе Песчанских рудопроявлений средние содержания Cr_2O_3 превышают 37 %.

По составу рудных хромшпинелидов руды массива относятся к глиноземистым среднехромистым. Содержания Cr_2O_3 в шпинели — от 45 до 56 %, Al_2O_3 — 17–22 %. Запасы хромовых руд отдельных месторождений небольшие — от 24 тыс.т (Буслаева гора) до 56 тыс. т (месторождение Северо-Западное).

Нуралинский массив

Нуралинский массив находится в Учалинском районе Республики Башкирия, приурочен к зоне Главного Уральского разлома, к участку сочленения Уралтауского антиклинория и Магнитогорского мегасинклинория. Хромиты в пределах массива были известны с конца XIX века, в начале XX века (до 1937 года) месторождения интенсивно эксплуатировались. На глубину большинство месторождений не изучены. В 1980 году Е.А.Шумихиным [170] были оценены прогнозные ресурсы ряда месторождений и рудных зон со средними содержаниями Cr_2O_3 в руде 10–15 %. Общие ресурсы по его оценке составили 4,39 млн т, в том числе вкрапленных руд 4,3 млн т при средних содержаниях Cr_2O_3 10–15 %, в основном, сосредоточенных в Курманкульской зоне на севере массива и на Нуралинском месторождении в центральной части. Ресурсы остальных месторождений оценивались в первые тысячи т. В 2002 г. эти прогнозные ресурсы по степени надежности были отнесены А.И. Грешиловым к категории P_2, а по содержанию полезного компонента Cr_2O_3 5–15 %, в среднем около 12 % — к забалансовым [59].

В начале 2000-х годов часть месторождений была вовлечена в разработку частными компаниями, добыча составляла первые тысячи тонн.

Массив неоднократно становился объектом петрологических исследований, [26, 28]. Хромитоносность массива изучалась сотрудниками УНЦ РАН в рамках изучения петрологии и металлогении габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала [150].

Массив представляет собой в плане узкое вытянутое в меридиональном направлении тело длиной более 30 км при ширине 4–5 км в северной части и в несколько сот метров — в южной. Общая площадь массива 120 км^2. Широтным тектоническим нарушением и долиной реки Миасс массив разделен на два тела. В южном, более крупном, относительно слабо нарушенном, обнажен весь разрез массива, в северном полнее представлена нижняя часть разреза *(рис. 25)*.

В южном теле с запада ультраосновные породы по тектоническому нарушению ГУР, круто падающему на восток, граничат с докембрийскими толщами Уралтау, с юго-востока они контактируют с палеозойскими толщами девона и карбона.

В пределах массива различные по составу породы слагают субмеридиональные полосы, отражая зональную структуру разреза. Вдоль северо-западного контакта развиты плагиоклазовые лерцолиты с подчиненным количеством лерцолитов и гарцбургитов. Ширина зоны плагиоклазовых лерцолитов составляет 1,5–2,0 км. Восточнее обнажаются гарцбургиты, в которых при удалении от границы с плагиоклазовыми лерцолитами нарастает количество дунитов. Далее к востоку обнажаются чередующиеся дуниты, верлиты, клинопироксениты и вебстериты ДВКГ комплекса шириной 0,4–0,6 км. Еще

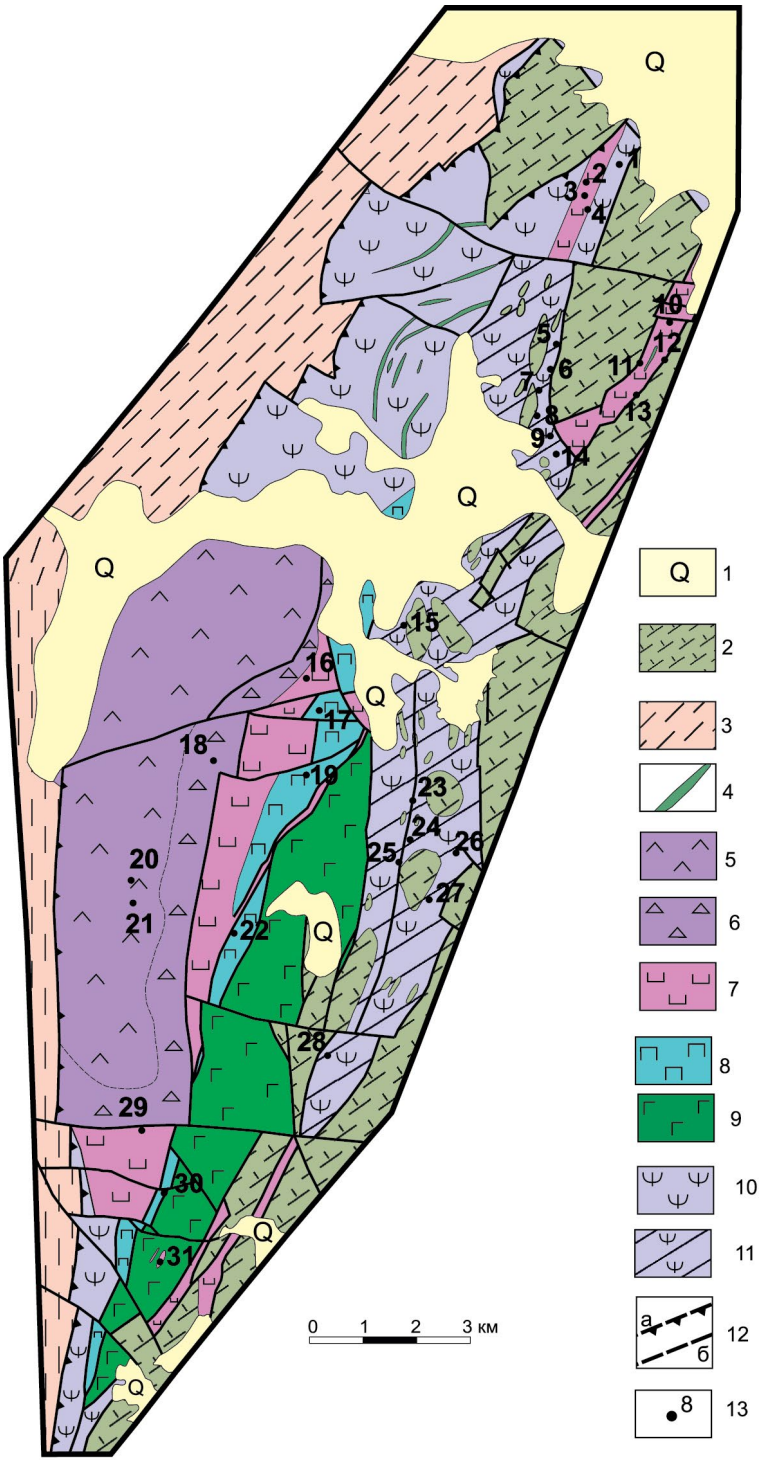


Рис. 25. Схематическая геологическая карта массива Нурали (по материалам Шумихина Е.А., 1980 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — среднепалеозойские вулканиты основного и среднего состава, глинисто-кремнистые сланцы, терригенно-карбонатные отложения, **3** — рифей-нижнепалеозойские кристаллические сланцы; **4** — каменноугольные дайки габбродиабазов, диабазов. Нижне-среднеордовикский офиолитовый комплекс: **5** — лерцолиты шпинелевые и плагиоклазовые, реже мелкие участки гарцбургитов, дунитов; **6** — гарцбургиты с телами дунитов; **7** — дуниты; **8** — дуниты, верлиты, клинопироксениты нерасчлененные; **9** — габбро амфиболовое, диориты; **10** — серпентиниты апоперидотитовые; **11** — зона меланжа; **12** — тектонические нарушения: а-надвиги, б-разрывные нарушения; **13** — рудопроявления и их номера: **1** — Мокрая Яма; **2** — Сияк-Тукан 1; **3** — Сияк-Тукан 2; **4** — Сияк-Тукан 3; **5** — Ольгинское; **6** — Рудопроявление № 5; **7** — Рудопроявление № 3; **8** — Рудопроявление № 2; **9** — Месторождение № 7; **10** — Курманкульское; **11** — Аттестинское; **12** — Бол. Курманкульское; **13** — Рудопроявление № 8; **14** — Петровский рудник; **15** — Шерамбайское; **16** — Нуралинское; **17** — Западно-Шерамбайское; **18** — Средне-Нуралинское; **19** — Восточно-Нуралинское 1; **20** — Средне-Нуралинское 2; **21** — Средне-Нуралинское 3; **22** — Восточно-Нуралинское; **23** — Восточно-Сарысаккульское 1; **24** — Сарысаккульское; **25** — Южно-Сарысаккульское; **26** — Восточно-Сарысаккульское 2; **27** — Уртыкташское; **28** — Симоч-Тогульское; **29** — Майское; **30** — Шартоминское; **31** — Сиратурское

восточнее они сменяются полосчатыми габброидами и зоной серпентинитового меланжа с блоками палеозойских пород.

Северное тело массива представляет собой маломощную деформированную пластину, ограниченную с запада пологим надвигом с юго-восточным падением, с востока — крутопадающими нарушениями. Пластина сложена рассланцованными серпентинитами с блоками палеозойских пород, количество которых увеличивается при приближении к восточному контакту. К восточному контакту массива приурочены линейно вытянутые в субмеридиональном направлении (согласным с общим простиранием массива) тела дунитов. Линейно-вытянутый тектонический блок дунитов закартирован среди вмещающих палеозойских пород к востоку от массива.

Все комплексы массива связаны постепенными переходами и слагают единый моноклинально построенный разрез, в котором плагиоклазовые лерцолиты, залегающие в нижней части разреза, отделены от пород полосчатого комплекса дунит-гарцбургитами. Максимальная мощность разреза массива составляет около 3,5 км.

В пределах Нуралинского массива, включая зону серпентинитового меланжа, известны 5 месторождений, 23 рудопроявления и множество точек минерализации. В северной части рудопроявления развиты в двух полосах дунитов — в западной среди гарцбургитов и в восточной — в блоке дунитов среди палеозойских пород. Наиболее крупным являлось месторождение Мокрая Яма западной полосы, из которого в начале XX века было добыто более 150 тыс. т хромитов с содержанием Cr_2O_3 до 47 %. Остальные рудопроявления обладают ресурсами от единиц до двадцати тыс. т.

В южной части массива рудопроявления приурочены к дунитам ДВКГ комплекса. На наиболее крупном Нуралинском рудопроявлении выделены пять рудных зон протяженностью до 700 м и мощностью 20–35 м. Простирание рудных зон северо-восточное 50–60°, падение северо-западное под углом 70–80°, ориентированы они согласно полосчатости вмещающих серпентинизированных дунитов. Внутри зон выявлены четыре рудных тела длиной до 130 м при мощности 2,5–12 м. Руды преимущественно редковкрапленные, содержание Cr_2O_3 варьирует от 5 до 30 %.

С перидотитовой частью массива связан ряд небольших рудопроявлений: Средне-Нуралинские I, II и др. Оруденение, как правило, локализовано в гарцбургитах среди плагиоклазовых лерцолитов. Рудные тела представлены шлирами и обособлениями неправильной формы, их размеры не превышают 5x4x6 м. Контакты рудных тел резкие, постоянно присутствует маломощная серпентинитовая оторочка. Содержание Cr_2O_3 в рудах — 40–48 %.

Кракинские массивы

Массивы Крака находятся в Республике Башкирия юго-западнее г. Белорецка, в районе рек Белая, Узян, Нижний Узян. В структурном плане они расположены в северном замыкании Зилаирского мегасинклинория и представлены четырьмя крупными телами. Контакты массивов тектонические, вмещающими породами являются вулканогенно-осадочные образования ордовика и силура, которые вместе с Кракинскими массивами надвинуты на отложения девона и карбона. С юго-запада на северо-восток последовательно расположены массивы: Южный Крака (450 км^2), Средний Крака (180 км^2), Северный Крака (270 км^2). К западу от Среднего Крака расположен небольшой Узянский Крака (45 км^2) *(рис. 26)*. Все массивы находятся на территории Башкирского государственного заповедника.

Изучение массивов началось с 20-х годов прошлого века. Наиболее детальная геологическая карта массивов была составлена А.В. Клочихиным [88] при проведении геологической съемки масштаба 1:50 000. Массивы неоднократно становились объектами тематических работ в разные годы [28].

Хромовые руды на массивах были выявлены в 30-х годах XX века С.Ф. Тиховидовым. В период с 1932 по 1937 годы здесь были открыты практически все известные месторождения и проявления хромитов. Одновременно с поисками проводились разведочные и эксплуатационные работы. Эксплуатировалось около сорока мелких месторождений. На 1937 г. запасы хромитов по категориям $A+B+C_1+C_2$ на массиве Северный Крака составляли 0,65 тыс. т, Средний Крака — 5,4 тыс. т, Южный Крака — 214,7 тыс. т, из них на месторождении им. Менжинского было разведано 196,8 тыс. т. В настоящее время запасы всех месторождений списаны с баланса.

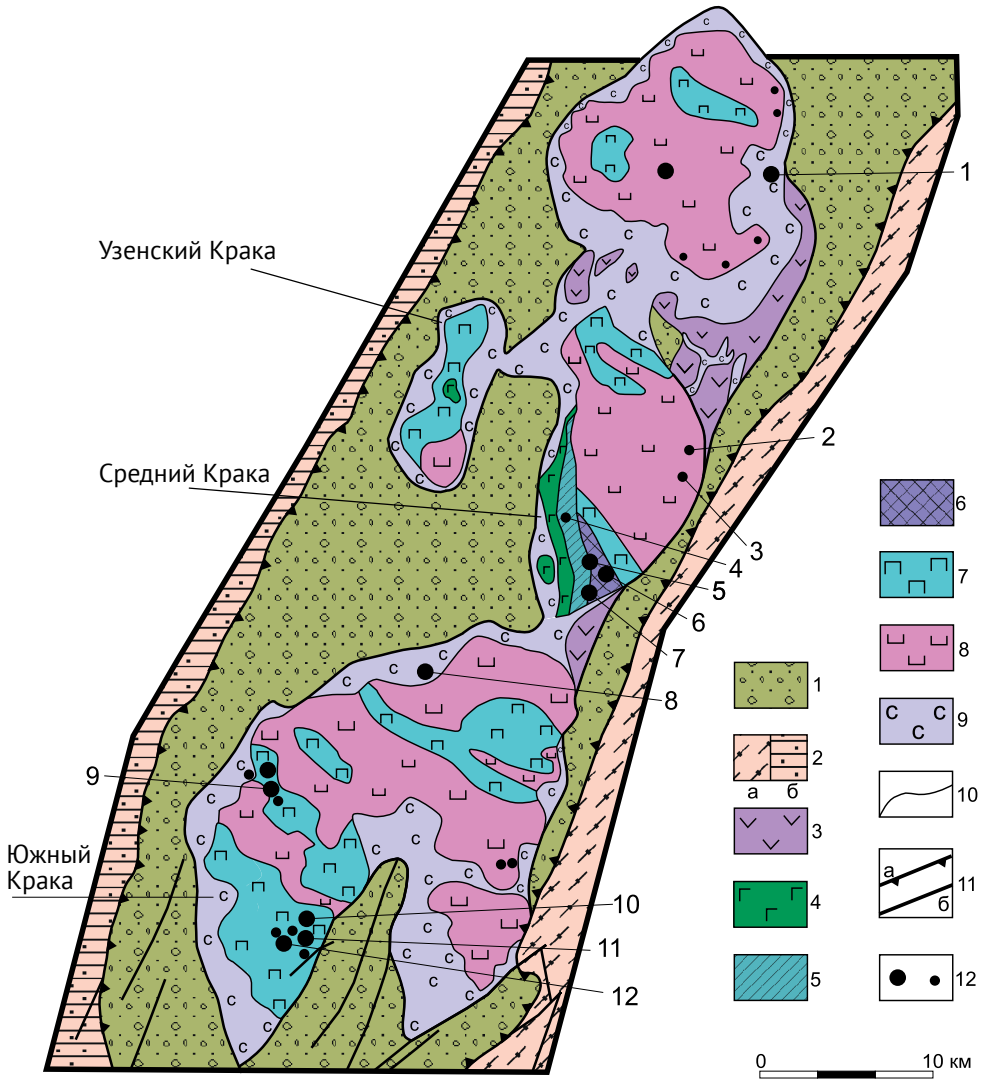


Рис. 26. Схематическая геологическая карта массивов Крака (по материалам Клочихина и др. 1969 г., Савельевой Г.Н.,1987 г.):

1 — силурийско-девонские стратифицированные песчано-сланцевые и карбонатные отложения; **2** — докембрийские метаморфизованные образования зоны Уралтау и Башкирского антиклинория. Офиолитовый комплекс верхнего ордовика-нижнего силура массивов Крака: **3** — базальты; **4** — габброиды; **5** — дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс нерасчлененный; **6** — гарцбургиты с содержанием дунитов ~50 % и краевые дуниты ДВКГ комплекса нерасчлененные; **7** — гарцбургиты с повышенным (10–30 %) содержанием дунитов; **8** — гарцбургиты и лерцолиты нерасчлененные; **9** — серпентиниты подошвы Кракинских массивов; **10** — геологические границы; **11** — тектонические нарушения: а-надвиги, б-разрывные нарушения; **12** — месторождения и рудопроявления хромовых руд. Массив Средний Крака: **1** — Шигаево 1-е; **2** — № 33; **3** — № 25; **4** — Ключевское; **5** — Левый Саксей; **6** — Шатран. Массив Южный Крака: **8** — Коминтерна; **9** — Большой Апшак 2; **10** — Большой Башарт; **11** — Им. Менжинского; **12** — Малый Башарт

В 1977–1979 гг. на известных проявлениях хромитов массива Средний Крака Е.А. Шумихиным [169] проведены поисково-разведочные работы, в результате которых была детально опоискована Саксей-Ключевская хромитоносная зона массива Средний Крака и оценена хромитоносность Апшак-Башартовской хромитоносной зоны на массиве Южный Крака.

Во всех массивах, за исключением массива Узянский Крака, отмечается преобладание слабо деплетированных перидотитов гарцбургитового состава в северных частях массивов и увеличение количества дунит-гарцбургитового состава — в южных и западных. Эта

тенденция проявляется все в больших масштабах от Северного Крака к Южному. В последнем, наряду с широким площадным развитием дунит-гарцбургитов, широко развиты эпигенетические жильные тела дунитов. Соответственно степени деплетирования и увеличения количества дунитов возрастает количество и масштабы проявлений хромитов.

Как и на многих альпинотипных массивах Урала, на массивах Крака довольно отчетливо проявлена закономерность, в расположении проявлений хромовых руд в краевых частях массивов.

В массиве Северный Крака в составе пород преобладают неистощенные гарцбургиты и лерцолиты и соответственно этому — незначительны масштабы рудопроявлений, расположенных в его восточной краевой части.

Особенностью строения массива Средний Крака является наличие пород ДВКГ комплекса в его юго-западной части. В строении массива с северо-востока на юго-запад наблюдается разрез нижней части офиолитового комплекса — от гарцбургитов с участками лерцолитов к дунит-гарцбургитам и далее к полосчатому комплексу и габброидам [28]. В дунитах полосчатого комплекса развито характерное для него редковкрапленное высокохромное оруденение со шлирами и мелкими линзами средних и богатых руд. Основные проявления хромовых руд в массиве Средний Крака располагаются в дунитах верхней части разреза гарцбургитов и в дунитах ДВКГ комплекса. В обоих случаях проявлены линзовидно-полосчатые тела бедных высокохромистых руд (рудопроявление Шатранское — содержание в рудах Cr_2O_3 5–11 %, Ключевское — 5,65–6,84 % и др.). В восточной краевой части массива среди гарцбургитов расположены редкие мелкие проявления глиноземистых руд с содержанием Cr_2O_3 29–45 %.

Массив Узянский Крака расположен западнее массива Средний Крака, сложен на 75 % породами однородного дунит-гарцбургитового комплекса, на 20–25 % — краевыми серпентинитами, в центральной части закартировано небольшое тело габбро. Дунит-гарцбургитовый комплекс представлен преимущественно гарцбургитами, дунит-гарцбургитами и, реже, дунитами. Специфической особенностью массива является присутствие среди пород дунит-гарцбургитового комплекса так называемых «рудных дунитов» с высоким содержанием золота и никеля [150]. Они представляют собой небольшие по размеру тела, содержащие хромшпинелид сложного состава, окаймлённый слюдистым агрегатом белого цвета.

Массив Южный Крака состоит из западной и восточных частей, разделенных в южной части крупным меридиональным «заливом» вмещающих пород. В западной части широко проявлен дунит-гарцбургитовый комплекс с мелкими, иногда протяженными линзовидными телами дунитов, в которых развиты также линзовидно-полосчатые залежи и рудные тела с высокохромистыми рудами.

Особенностью строения массива Южный Крака является развитие мелких и крупных тел дунитов в виде линз различного размера, вытянутых в основном в ЗСЗ направлении и расположенных в поле дунит-гарцбуритового СВК. С этими дунитами связаны мелкие месторождения Большой и Малый Башарт и достаточно крупное месторождение им. Менжинского.

На месторождении Бол. Башарт протяженность пологозалегающего среди гарцбургитов дунитового тела, составляет 250 м, мощность около 30 м, длина рудной залежи, объединяющей мелкие и одно протяженное рудное тело, равна 175 м. Мощность рудной залежи достигает 15 м. Мощность рудных жил, прожилков, слагающих рудные тела, составляет от 0,1–0,4 м до 1,0 м. Содержание в рудах Cr_2O_3 28–55 %. Ресурсы рудопроявления оценивались в 40–50 тыс. т, руды отработаны до глубины 20 м карьером и штольнями.

На месторождении им. Менжинского дунитовое тело мощностью 35–60 м прослежено по простиранию в северо-западном направлении на 1100 м. Месторождение представлено пятью лентовидными телами массивных и вкрапленных руд невыдержанной мощности (0,1–2,2 м), залегающими субпараллельно друг другу и контактам дунитового тела (среднее расстояние между рудными телами 2,1 м). Простирание рудной зоны 320°, падение на северо-восток 41–45°. Тектоническим нарушением месторождение разбито на два блока: юго-восточный и северо-западный (последний смещен на 60 м в северо-восточном направлении). На северо-западном участке 2 рудных тела длиной 23 и 150 м мощностью 0,3–1,5 м, на юго-восточном — 3 рудных тела: 1 (нижнее), 2 (среднее) и 3 (верхнее), длина тел соответственно 725, 365 и 661 м, мощность 0,3–2,2, 0,1–0,4 м и 0,2–0,5 м. Расстояние между телами от 1 до 8 м. По падению 1 (нижнее) прослежено на 185 м (до выклинивания не прослежено); среднее выклинивается на глубине 25–87 м, верхнее — на глубинах 22–42 м. Отдельными скважинами хромовое оруденение встречено на глубине 242 м. Во вмещающих породах между рудными телами встречаются шлиры, линзы и прожилки вкрапленных и сплошных руд, что позволяет выделить единую рудную полосу мощностью до 10 м и протяженностью до 1 км. Хромовые руды представлены преимущественно массивными и густовкрапленными высокохромистыми разновидностями с содержанием Cr_2O_3 28–49 %. Среднее содержание Cr_2O_3 в рудах 33,12 %. Состав рудного хромшпинелида (масс. %): Cr_2O_3 54,89, Al_2O_3 14,30, FeO' 16,33, MgO 14,47.

В центральных частях рудных тел обычно преобладают сплошные руды, вкрапленные пользуются большим распространением по их периферии. Хромшпинелиды представлены высокохромистой разновидностью с содержанием Cr_2O_3 55–62 %.

На месторождении в 1931 г. и 1935–36 гг. была проведена разведка, одновременно проводились эксплуатационные работы. Запасы месторождения составили около 200 тыс. т и были утверждены ГКЗ (протокол № 63 от 27.11.1938). В 1969 г. запасы сняты с учета из-за недостаточной изученности.

Успеновский массив

Успеновский массив расположен на восточном склоне Южного Урала в Варненском районе Челябинской области, в 280 км к югу от г. Челябинска и в 23 км к северо-западу от пос. Варна.

Хромовые руды в пределах массива известны с 30-х годов прошлого века [72], в 1933 — 1938 гг. на месторождениях были проведены поисково-оценочные работы и с 1938 года началась эксплуатация. Добыча хромовых руд производилась вручную карьерами, размеры которых достигали 5–22×3–10 м при глубине 2,5–4,5 м. Эксплуатационными работами месторождение Успеновское 2 было выработано, месторождения Успеновские 1 и 3 отработаны частично [93,52]. В 1940 г проводились ревизионные (месторождения Успеновское 1 и 3) и разведочные (рудопроявление Успеновское 4) работы [82], в результате которых подсчитаны запасы хромовых руд в количестве 2,2 тыс. т с низким содержанием Cr_2O_3. В 1965–1967 гг. [157] проведены поисковые работы, в результате которых выявлены рудопроявления Успеновские 5–8. Масштабы залежей невелики, содержание Cr_2O_3 в рудах колеблется от 10,64 до 46,18 %, после обогащения достигало 49,5 %. Подсчет запасов не проводился.

В 2001–2002 гг. в пределах массива, с целью создания местной сырьевой базы, ОАО «ЧЭМК» проведены поисковые и оценочные работы, выявившие 35 делювиально-элювиальных развалов хромитов и 4 коренных залежи, масштабы которых остались не выясненными. При разведке месторождения Успеновское 7 его запасы были

оценены в количестве 7577,8 т со средним содержанием Cr_2O_3 30,7 %. В 2002 г. месторождение разрабатывалось до глубины 13 м, добыто 5445,4 т хромовых руд со средним содержанием Cr_2O_3 30,46 %. Оставшиеся на глубине 13–23 м запасы хромовых руд по категории C_2 на 01.01.2006 г. составили 2132,4 т со средним содержанием 31,05 % Cr_2O_3 [74].

Всего за время эксплуатации месторождений Успеновского массива добыто около 6 тыс. т хромовых руд с содержаниями Cr_2O_3 29–38 %. Оставшиеся запасы на 1.01.2006 г. по категориям $B+C_1$ составляют на всех объектах 4,3 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 29–49,5 % (на Госбалансе не числятся) [74].

Массив площадью 70 км^2 вытянут в меридиональном направлении, имеет овальную в плане форму размером 14×6 км. Контакты тектонические, по геофизическим данным предполагается крутое падение западного и северного контактов под массив, крутое падение восточного контакта под вмещающие породы и пологое распространение ультрабазитов под вмещающие породы на юге, что подтверждается данными бурения. Вмещающими породами служат нижнекаменноугольные осадочные и метаморфические образования.

Сложен серпентинитами по гарцбургитам, в незначительном количестве — серпентинитами по дунитам, лерцолитами, верлитами и оливиновыми клинопироксенитами *(рис. 27)*. Характерны линзовидно-полосчатые текстуры, резких границ между разновидностями пород нет. Серпентиниты преимущественно антигоритовые, в подчиненном количестве присутствуют лизардитовые, лизардит-хризотиловые разности. В приконтактовых частях массива встречены полосы тальк-карбонатных пород мощностью до 10–12 м. В северной части массива находится небольшая интрузия габбро. Гипербазиты прорваны породами жильной серии (габбро, долериты, порфириты, кварцевые порфиры).

Возраст Успеновского массива определяется условно как ордовикский. Анализ материалов геологосъемочных работ позволяет отнести ассоциацию метаморфизованных ультрабазитов Успеновского массива к гарцбургитовому структурно-вещественному комплексу.

В настоящее время в пределах Успеновского массива известны 58 рудных объектов, в том числе 4 месторождения (Успеновские 1–3, 7), 8 рудопроявлений (Успеновские 5, 6, 8–12) и 46 пунктов минерализации (элювиально-делювиальные высыпки хромитов).

Залежи хромовых руд связаны с двумя петрографическими разностями серпентинитов — апогарцбургитовыми (Успеновские 1–3, 8) и аподунитовыми (Успеновские 5, 7, 9, 11). Все они пространственно тяготеют к краевым частям массива и имеют, преимущественно, линзообразную форму. Контакты рудных залежей резкие. Протяженность линз по простиранию колеблется от первых метров до 40–62 м (Успеновское 1), мощность — от 0,1–0,3 м до 3–5 м. На Успеновском I крутопадающие рудные тела линзовидной формы. Глубина выклинивания линзообразных залежей от 1 до 10 м. Месторождение Успеновское 7 представлено столбообразной залежью размером 8×13 м, выклинивающейся на глубине 23 м.

Руды преимущественно сплошные и густовкрапленные, средне- и редковкрапленные имеют подчиненное значение, в основном слагая краевые части залежей. Содержания Cr_2O_3 в рудах колеблются от 29 до 45 %, изредка достигая 49–57 % (Успеновские 5, 9, 11). Помимо коренных залежей на массиве известна небольшая залежь валунчатых руд (Успеновское 4).

Оценка прогнозных ресурсов хромовых руд Успеновского массива проведена А.Г. Иванушкиным в 2006 г. Прогнозные ресурсы в количестве 50 тыс. т по категории P_3

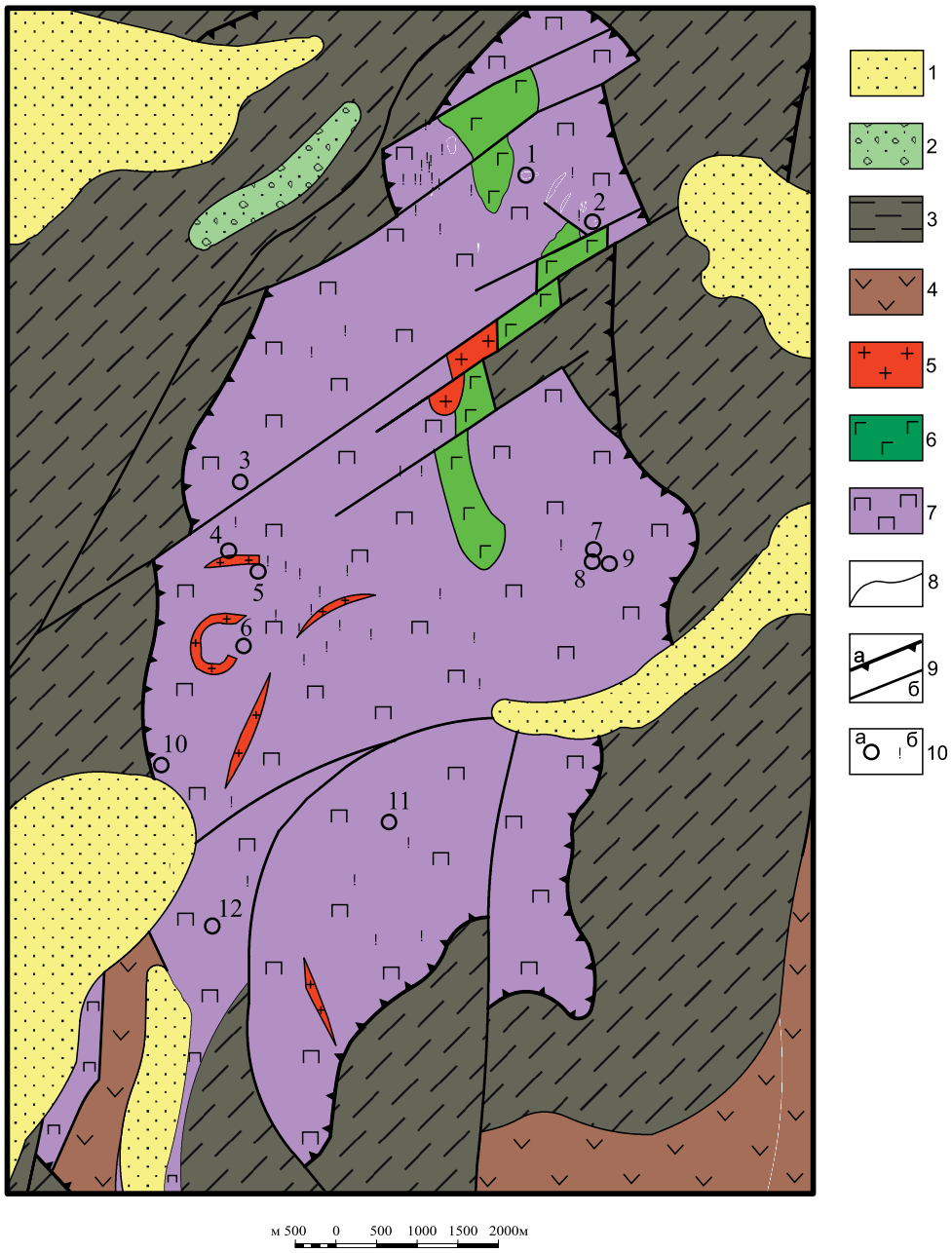


Рис. 27. Схематическая геологическая карта Успеновского массива (по материалам Тевелева А.В., 2001 г., Иванушкина А.Г., 2006 г.):

1 – неогеновые осадочные отложения; **2** – меловые осадочные отложения; **3** – каменноугольные осадочные и метаморфогенные образования; **4** – девон-каменноугольные вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения; **5** – среднетриасовые граносиениты. Ордовикский офиолитовый комплекс: **6** – габбро; габбро-диориты; **7** – серпентиниты, в основном, апогацбургитовые, в районе рудопроявлений хромитов – аподунитовые; **8** – геологические границы; **9** – тектонические нарушения: а-надвиги, б-прочие разрывные нарушения; **10** – а) месторождения и рудопроявления хромовых руд, б) точки минерализации (в т. ч. делювиальные): **1** – Успеновское 9-е; **2** – Успеновское 10-е; **3** – Успеновское 8-е; **4** – Успеновское 6-е; **5** – Успеновское 7-е; **6** – Успеновское 5-е; **7** – Успеновское 1-е; **8** – Успеновское 2-е; 9 – Успеновское 4-е; **10** – Успеновское 3-е; **11** – Успеновское 11-е; **12** – Успеновское 12-е

оценены до глубины 30 м. По его мнению, перспективы выявления залежей хромовых руд с запасами 5–10 тыс. т на массиве отсутствуют [74].

Татищевский массив

Татищевский массив расположен в Челябинской области на границе Чесменского и Карталинского районов, в 25–30 км к юго-западу от г. Варна. Площадь массива около 120 км^2. В структурном отношении в виде крупных тектонических пластин массив надвинут на Джабыкский гранито-гнейсовый купол.

Первые находки хромовых руд на массиве были установлены в 1929 г., тогда же были выявлены мелкие рудные залежи (Татищевские 1, 2 и 6) и начата их пробная отработка. С 1930 по 1940 гг. на массиве проводились поисковые и поисково-оценочные работы, в результате которых были обнаружены первые относительно крупные месторождения глиноземистых хромовых руд — Татищевские 3, 4 и 5. Одновременно с поисками проводилась разведка и эксплуатация выявленных месторождений и рудопроявлений. Запасы наиболее крупных составляли 2–15 тыс. т, мелких — первые десятки-сотни т. Месторождения отрабатывались карьерами глубиной 6–13,5 м. Суммарная добыча хромовой руды за все годы действия рудников по Татищевскому массиву составила 18202 т.

К настоящему времени вся площадь Татищевского массива и прилегающих территорий покрыта геологическими съёмками масштабов 1:200000 и 1: 50000 [41, 129; 153], а также поисковыми работами на хромиты [72, 57; 65, 93; 165; 52; 82, 74].

В 2000–2002 гг. ГУП «Южуралгеологоразведка» в пределах Татищевского массива провела поисковые и оценочные работы на хромовые руды, в результате которых были выявлены 26 новых залежей и 35 пунктов минерализации хромовых руд. Оценочные работы были проведены на месторождениях Слава, Андреевское, Анатольевское, общие разведанные запасы которых составили 119,95 тыс. т при среднем содержании Cr_2O_3 31,14 %; ресурсы категории P_1 — 4,1 тыс. т (Андреевское месторождение) со средним содержанием 35,68 % Cr_2O_3. По мелким месторождениям (Татищевские 13, 18, 19 и 24) запасы хромовых руд по категории C_2 составили 338,2 т со средним содержанием 29,94 % Cr_2O_3, по оцененным рудопроявлениям (Татищевские 26, 32 и 33) по категории C_2 281,5 т со средним содержанием 29,64 % Cr_2O_3 [69].

Массив состоит из серии тектонических пластин сильно серпентинизированных гарцбургитов общего северо-восточного простирания среди вулканогенно-осадочных отложений нижнего-среднего ордовика. В восточной рудоносной полосе массива достаточно широко развиты дайки и мелкие тела (до 60×100 м) габброидов, к участкам которых тяготеют месторождения и проявления хромовых руд *(рис. 28)*.

Большая часть массива сложена апогарцбургитовыми антигоритовыми серпентинитами. Аподунитовые серпентиниты слагают среди них линзы и шлиры мощностью от долей метра до 10–20 м (район Татищевского 3-го месторождения). В подавляющем большинстве случаев их мощность и протяжённость не установлена. Габброиды в пределах массива распространены локально, преимущественно в южной части восточного блока, где они слагают небольшие тела размером до 60×100 м. Вблизи изредка отмечались зоны и тела сильно серпентинизированных оливиновых клинопироксенитов.

В пределах Татищевского массива известны 41 месторождение и рудопроявление. Рудные объекты распределены по площади массива неравномерно, образуя в большинстве случаев группы сближенных рудных тел, разобщенных между собой значительными пространствами пород, не несущих оруденения. Наиболее крупные объекты (Слава, Андреевское, Татищевское 3, Анатольевское и др.) расположены хорошо изученной

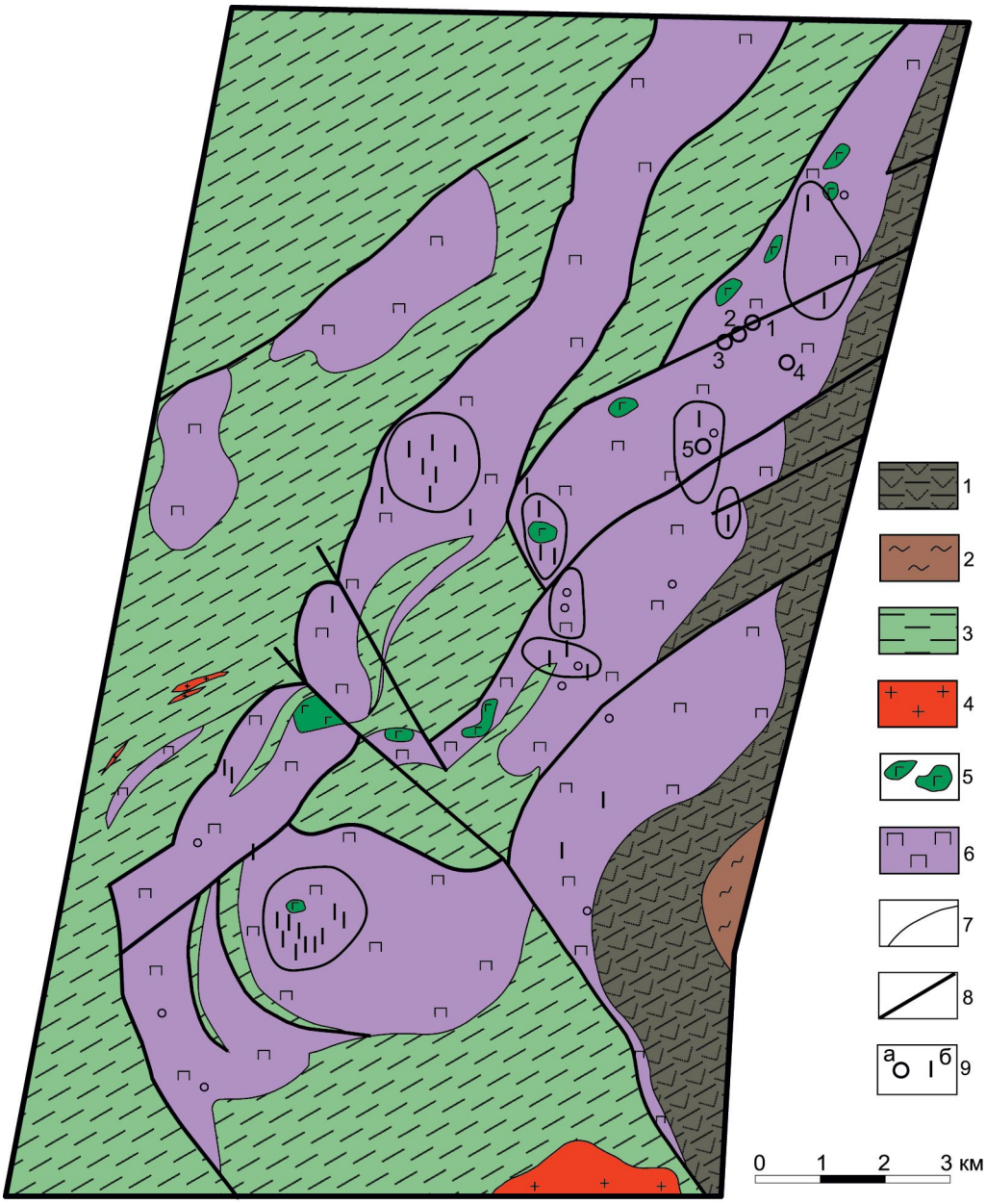


Рис. 28. Схематическая геологическая карта Татищевского массива (по материалам Иванушкина А.Г., 2006 г.): **1** — каменноугольные метаморфические, осадочные и вулканогенно-осадочные отложения; **2** — девонские метаморфические, осадочные и вулканогенно-осадочные отложения; **3** — ордовикские вулканогенные и осадочные отложения; **4** — каменноугольные гранитоиды. Ордовикский офиолитовый комплекс: **5** — участки и поля мелких габброидных тел; **6** — серпентиниты преимущественно апогарцбургитовые, крайне редко — аподунитовые и апопироксенитовые; **7** — геологические границы; **8** — разрывные нарушения; **9** — месторождения (а) и рудопроявления (б) хромовых руд: **1** — Андреевское; **2** — Татищевское 5-е; **3** — Анатольевское; **4** — Слава; **5** — Татищевское 3-е

северо-восточной части массива, где образуют северную группу месторождений. Здесь сосредоточены основные запасы разведанных хромовых руд. Южная, менее изученная группа, расположена в районе горы Тумачка. В нее входят отработанные месторождения Наталкинское, Татищевские 10, 11, 13, 15 и ряд рудопроявлений. Еще менее изучена западная часть массива, где расположены рудопроявления Татищевские 26, 27, 40 и ряд пунктов минерализации.

В большинстве случаев рудные скопления представлены в разной мере уплощёнными и удлинёнными линзами и гнёздами хромитов с резкими контактами

с вмещающими породами. Реже встречаются столбообразные, трубообразные залежи и шлиры весьма прихотливой формой.

Линейные размеры рудных залежей варьируют в широких пределах. Длина рудных тел по простиранию колеблется от 1–2 м до 175 м, мощность — от 0,5 до 10,0 м, глубина выклинивания 16–45 м. Наиболее развиты крутопадающие (до вертикальных) линзовидные залежи с углами падений 70–85°, реже встречаются пологозалегающие или наклонные залежи с углами падения 30–60°. На рудопроявлениях Татищевские 26 и 27 установлены руды с содержаниями Cr_2O_3 55,32 и 56,84 %, но они остались неизученными. В составе руд преобладают средне-густовкрапленные разности, убоговкрапленные слагают краевые части рудных тел. Содержание Cr_2O_3 в рудах изменяется от 15 до 42–48 % при характерных средних значениях 25–32 %, Cr_2O_3/FeO' 2–3. В зонах смятия встречаются брекчиевидные и порошковатые руды.

Анализ состава рудообразующих хромшпинелидов показал, что руды относятся к магнезиальному глиноземистому типу. С 2007 г. на Госбалансе числилось три месторождения: Андреевское с 26 тыс. т (Cr_2O_3 33,86 %), Слава с 10 тыс. т (Cr_2O_3 39,53 %), Татищевское 3-е с 5 тыс. т (Cr_2O_3 37,31 %).

Перспективными участками для проведения поисковых работ являются районы уже известных месторождений Татищевское 3, Слава и к северо-востоку от них — район Татищевского 39; центр восточной полосы гипербазитов, широтная полоса в южном блоке массива при северо-восточной ориентировке рудоносных зон и центральная часть западной полосы перидотитов в районе проявлений Татищевских 10, 40.

Верблюжьегорский массив

Верблюжьегорский массив расположен на Южном Урале в Карталинском районе Челябинской области, в 4,5 км западнее города Карталы.

В структурном отношении расположен вдоль крупного разрывного (надвигового) нарушения, ограничивающего с востока Джабык-Карагайский антиклинорий Восточно-Уральского поднятия. Верблюжьегорский массив имеет серповидную в плане форму, выпуклую на восток. Протяженность массива около 20 км, ширина 1,5–2 км на севере, 5–6 км на юге. Площадь около 50 км^2. Вмещающими являются метасланцы верхнего протерозоя, метаморфические и осадочные породы нижнего ордовика (западный экзоконтакт) и кремнисто-слюдистые сланцы, песчаники нижнего карбона (восточный экзоконтакт). В северной части, по данным П.Н. Курбежекова [102, 103], серпентиниты прорываются пермскими гранитоидами, под их воздействием происходит окремнение, отталькование серпентинитов. По геофизическим данным массив представляет собой надвинутую на запад пластину мощностью около 1,5 км. Контакты массива с вмещающими породами тектонические *(рис. 29)*.

В тридцатые годы массив был хорошо изучен маршрутами, горными работами и скважинами. В этот период на массиве выявлены, оценены и разведаны по промышленным категориям 33 коренных месторождения, две россыпи и более десятка неоцененных проявлений [128, 45, 83]. Особенностью массива является то, что основная масса (95 %) разведанных запасов сосредоточена на площади 2,5 км^2 в юго-восточной части массива в пределах так называемого Главного рудного поля. Многие месторождения Главного рудного поля выработаны карьерами и шахтами до 100 м. В 1930–40-е годы было добыто 358,8 тыс. т руды. Часть разведанных запасов не отработана.

В 2008–2011 гг. и 2013–2015 гг. ОАО «УГСЭ» провело поисково-оценочные работы на глубоких горизонтах юго-восточного фланга месторождения 10А и на глубоких горизонтах месторождения 17–18 [119, 142]. Прогнозные ресурсы по категории P_1 были

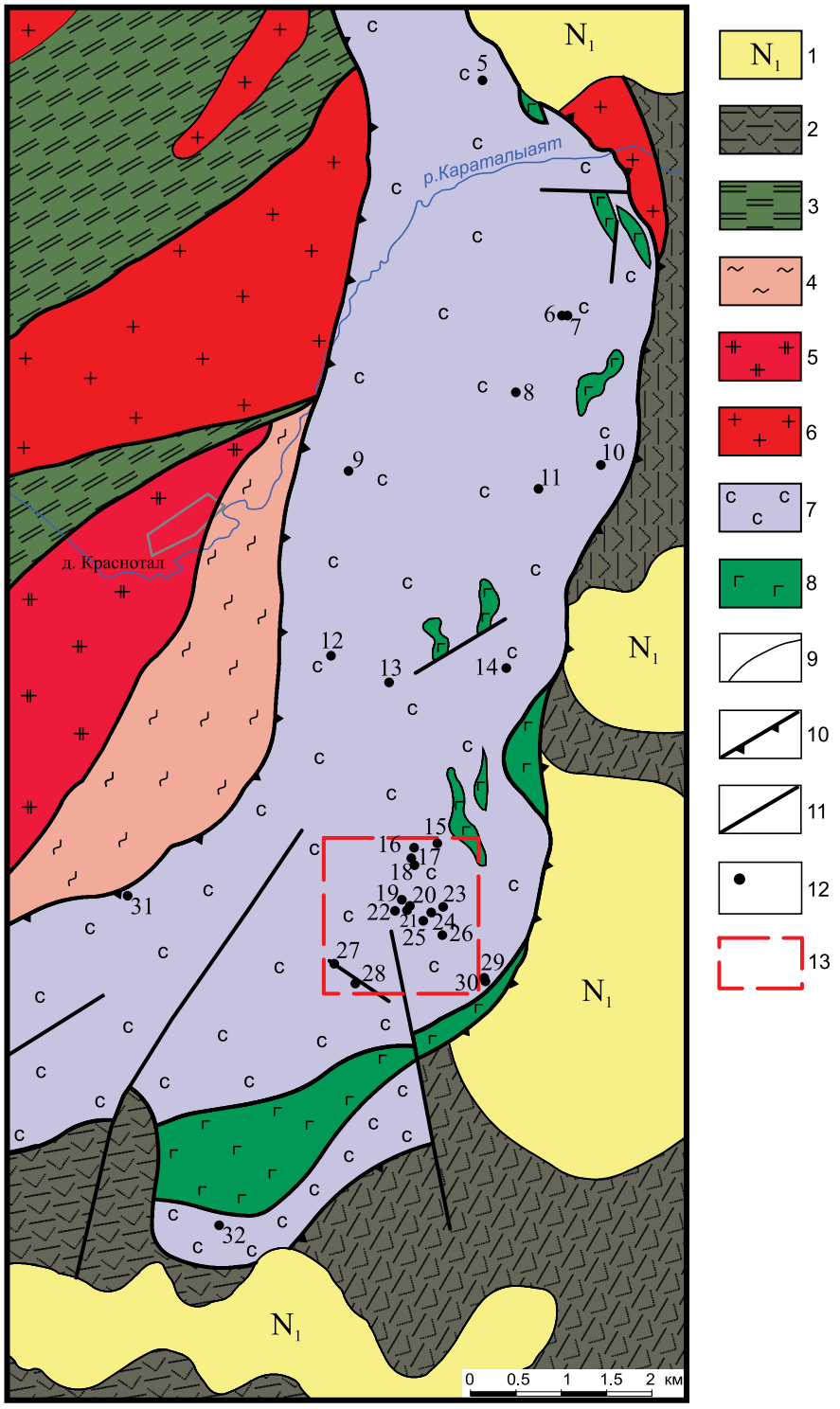


Рис. 29. Схематическая геологическая карта Верблюжьегорского массива (по Тевелеву А.В., 2004 г., Жилину И.В., 1993 г.):

1 – неогеновые осадочные отложения; **2** – каменноугольные осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные отложения; **3** – ордовикские осадочные и метаморфические породы; **4** – рифейские метаморфические образования; **5** – пермские граниты, граносиениты; **6** – каменноугольные граниты, гранодиориты, габбро. Ордовикский офиолитовый комплекс: **7** – серпентиниты апогарцбургитовые; **8** – габбро, долериты, амфиболиты; **9** – геологические границы; **10** – зоны надвигов; **11** – разрывные нарушения; **12** – рудопроявления хромовых руд и их номера, **13** – контур Главного рудного поля.

1 – Верблюжьегорское 23; **2** – без названия; **3** – Верблюжьегорское 24; **4** – Верблюжьегорское 25; **5** – Верблюжьегорское 26; **6** – Верблюжьегорское 1; **7** – Верблюжьегорское 2; **8** – Верблюжьегорское 3; **9** – без названия, **10** – Верблюжьегорское 5; **11** – Верблюжьегорское 6; **12** – без названия; **13** – Верблюжьегорское 22; **14** – Верблюжьегорское 27; **31** – Верблюжьегорское 14; **32** – Верблюжьегорское 15.

Главное рудное поле: **15** – Верблюжьегорское 19; **16** – Верблюжьегорское 7–8; **17** – Верблюжьегорское 9а; **18** – Верблюжьегорское 9; **19** – Верблюжьегорское 12; **20** – Верблюжьегорское 30а; **21** – Верблюжьегорское 30; **22** – Верблюжьегорское 11; **23** – Верблюжьегорское 10а; **24** – Верблюжьегорское 10; **25** – Верблюжьегорское 20–21; **26** – Верблюжьегорское 29; **27** – Верблюжьегорское 16; **28** – Верблюжьегорское 17–18; **29** – Верблюжьегорское 13; **30** – Верблюжьегорское 28

оценены на месторождении 10А на глубинах 120–275 м в количестве 430 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 33,9 %, на месторождении 17–18 — 420 тыс. т с содержанием 34,5 %.

Массив сложен антигоритовыми серпентинитами преимущественно апогарцбургитовыми, аподунитовые разновидности встречаются значительно реже. Характерной особенностью пород массива является сильная тектоническая нарушенность, повсеместное развитие нескольких систем тектонических нарушений разного ранга. Большая часть массива покрыта площадной корой выветривания мощностью до 40 м. В 1961 и 1997 годах здесь проводились поисковые работы на никель, давшие отрицательный результат.

К восточному и южному эндоконтакту тяготеют тела габброидов. В массиве достаточно часто встречаются дайки долеритов. В Главном рудном поле — это два дайковых субпараллельных тела с элементами залегания: азимут простирания 10°, угол падения 70°.

Рудные объекты распределены на массиве неравномерно. Наиболее крупные концентрации хромитов, в основном выработанные, были сосредоточены в пределах Главного рудного поля, расположенного в юго-восточной эндоконтактовой части массива. В центральной части Главного рудного поля закартирована субмеридиональная дайка аподолеритовых амфиболитов. Выявленные вдоль нее изолированные или сближенные рудные тела в период разведки и эксплуатации именовались месторождениями. Они образуют здесь два главных сгущения — на севере месторождения 7, 8, 9, 9а, 19; в центральной части рудного поля — месторождения 10, 10а, 11, 12, 20, 21, 13, 28, 29, 30, 30а. Рудные концентрации меньшего масштаба, расположенные на юге (16 и 17, 18) получили название Объединенного месторождения. В пределах Главного рудного поля можно выделить две морфологические группы месторождений (рудных тел). Большая часть месторождений представлена субмеридиональными крутопадающими жилообразными телами. В плане они протягиваются в виде двух субпараллельных цепочек рудных тел, разделенных крупной дайкой микроамфиболитов. К востоку от дайки расположены тела (с севера на юг): 11, 12, 9, 7–8, 19, к западу — крупное рудное тело № 30. Вторая группа месторождений — пологозалегающие линзовидные тела (10, 10а, 17–18, 13–28) широтного простирания и восточного-юго-восточного падения. Для всех рудных тел массива характерна чрезвычайно интенсивная пострудная тектоника, иногда со значительными амплитудами перемещений. В результате рудные тела разбиты на ряд растащенных и изолированных блоков, нередко обозначенных как отдельные месторождения.

Длина рудных тел 10–245 м, мощность от 1 до 16 м. По падению они прослежены от первых метров до 60–70 м, реже до 270 м. Их выходы на поверхность местами сопровождались россыпями валунчатых руд. Контакты рудных тел с вмещающими породами резкие, нередко окаймляются метасоматитами, сложенными хлоритом, тальком, вермикулитом, серпентином. Преобладают массивные (Cr_2O_3 42–50 %) и густовкрапленные текстуры руд (Cr_2O_3 39–42 %), встречаются также редковкрапленные. Размеры месторождений можно оценить по количеству отработанных запасов: от небольших в 18–144 т до 1200 т (месторождение 29) и до крупных в 104 тыс. т (месторождение 30, 30а).

Первичные руды встречаются примерно в 30 % случаев. Хромовые руды практически повсеместно подвержены вторичным изменениям, причем развиваются процессы метаморфизма в две стадии. Начинается процесс, как обычно, по границам зерен и по трещинам, постепенно разрастаясь и преобразуя зерно полностью в “войлок”. Такие полностью метаморфизованные руды чаще всего отмечаются по границам рудных тел. На второй стадии (регрессивный метаморфизм) хромшпинелид начинает замещаться магнетитом. В таблице приведен осредненный состав первичных и измененных хромшпинелидов *(табл. 5)*.

Таблица 5

Средний состав рудных хромшпинелидов Верблюжьегорского массива

Рудные хромшпинелиды	Содержание компонентов, % %									
	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	NiO	CoO	V_2O_3	ZnO
Первичные	0,14	20,40	48,60	14,15	0,24	15,13	0,16	0,05	0,25	0,08
Метаморфизованные	0,16	8,47	56,43	21,01	0,44	11,24	0,13	0,07	0,23	0,13
Сильно метаморфизованные (Хроммагнетиты)	0,10	0,52	47,51	42,45	1,39	4,71	0,28	0,13	0,09	0,34

В средней и северной частях массива (за пределами Главного рудного поля) расположены 10 рудопроявлений с одним-двумя небольшими рудными телами. Самым крупным является рудопроявление 26 с двумя рудными телами протяженностью по простиранию 100 м, по падению до 25 м и мощностью до 8,5 м. Отработанные запасы до глубины 5 м были оценены в 5,3 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 41,8 %. Состав руд и рудной хромшпинели аналогичен рудам Главного рудного поля массива.

При относительно небольших размерах, по общему объему ресурсов глиноземистых хромовых руд около 1,5 млн т (отработанных и оцененных по кат. P_1) Верблюжьегорский массив является одним из наиболее крупных на Урале.

Варшавский массив

Массив расположен на юге Челябинской области, в юго-западной части Карталинского района, в 330 км к югу от г. Челябинска, в 4 км южнее д. Варшавка. По извилистой тектонической зоне общего северо-восточного направления массив контактирует с гранитами Джабык-Карагайского антиклинория. Площадь массива около 10 км^2.

Первые геологоразведочные работы на хромовые руды были проведены на массиве в начале 30-х годов прошлого столетия. Строение массива изучалось в процессе съемочных работ масштабов 1:200 000 — 1:500 000 [41; 42; 154]. Переоценка запасов хромовых руд месторождений массива с учётом современных требований выполнена в 1999–2006 гг. по 42 месторождениям по категориям C_1 и C_2 [74]. Суммарные запасы хромовых руд составили 87,54 тыс. т, прогнозные ресурсы по категории P_1 по месторождениям и рудопроявлениям массива — 33,92 тыс. т. В 1996–2000 гг. на месторождениях массива добыто 70,2 тыс. т хромовых руд.

Варшавский массив имеет форму, близкую к треугольной. Протяженность его в широтном направлении превышает 13 км при средней ширине 5 км *(рис. 30)*. По геофизическим данным его вертикальная мощность достигает 2 км. С востока и юга гипербазиты граничат с вулканогенно-осадочными породами нижнего карбона. С запада примыкают осадочные породы нижнего ордовика. С севера массив граничит с каменноугольными гранитоидами. В строении Варшавского массива преобладают антигоритовые серпентиниты высокой степени метаморфизма, что затрудняет определение состава первичных пород. В северной части массива развиты интенсивно рассланцованные серпентиниты, в центральной — зоны крупноглыбового меланжа. В южной части Варшавского массива отмечаются выходы габброидов, в восточной — небольшие тела габбро и пироксенитов в серпентинитовом меланже. Еще одно тело габброидов расположено в юго-западной части массива.

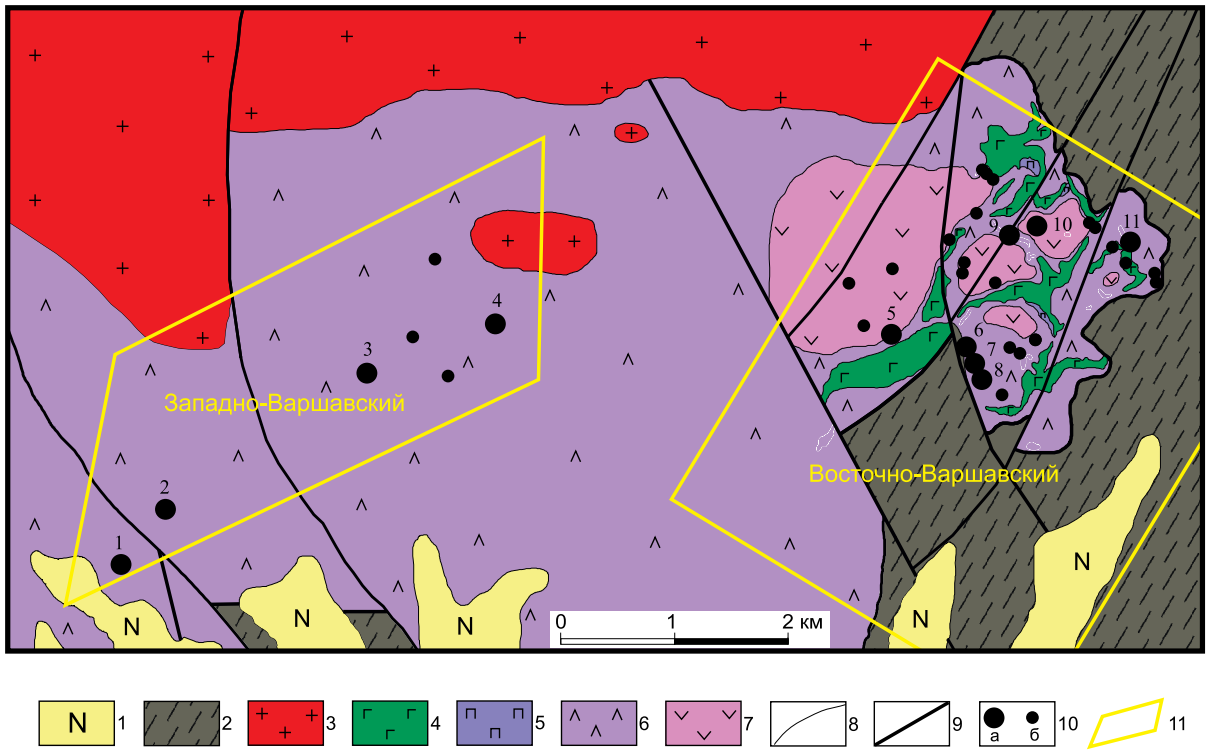


Рис. 30. Схематическая геологическая карта северной части Варшавского массива (по материалам Иванушкина А.Г., 2006 г., Тевелева А.В., 2018 г.):

1 — неогеновые осадочные отложения; **2** — каменноугольные углистые сланцы, кремнисто-графитистые сланцы с прослоями песчаников и известняков; **3** — каменноугольные гранитоиды. Ордовикский офиолитовый комплекс: **4** — габбро; **5** — пироксениты; **6** — апогарцбургитовые серпентиниты; **7** — аподунитовые серпентиниты; **8** — геологические границы; **9** — разрывные нарушения; **10** — месторождения и рудопроявления хромовых руд; **11** — участки детальных работ и их название. Относительно крупные месторождения и их номера: **1** — Раиса; **2** — Евдокия (россыпное); **3** — Бахчиева Гора; **4** — Варшавское 22; **5** — Варшавское 32; **6** — Варшавское 11; **7** — Варшавское 12; **8** — Варшавское 13; **9** — Варшавское 7; **10** — Варшавское 8; **11** — Варшавское 30 (Павел)

Состав серпентинитов Варшавского массива близок к составу серпентинитов остальных массивов Татищевско-Верблюжегорского пояса, а габбро относятся к низкотитанистым, высокоглиноземистым разностям с равным содержанием окисного и закисного железа, близким к габбро офиолитовых комплексов.

На Варшавском массиве известны 78 проявлений и месторождений хромовых руд, группирующихся в 2 узла — Западный и Восточный. В пределах массива, преимущественно в восточной части, на площади 2,0×1,5 км расположено большинство рудопроявлений хромовых руд, представленных неправильными и жилообразными телами СЗ простирания с крутым или пологим падением к ЮЗ. В рудных телах часты раздувы, пережимы, разветвления, часть тел имеет изометричную форму. Вдоль тел интенсивно проявлены оталькование, хлоритизация, карбонатизация. Руды сплошные. Протяжённость рудных тел от 10 до 100 м, мощность до 6–7 м, по падению они прослежены до 60–70 м.

В 1928–1931 гг. из открытых горных выработок и шахт добыто 25 тыс. т хромовых руд с содержанием Cr_2O_3 40–43 %, На 1.03.1935 г. запасы составляли 75,8 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 от 38 до 40 %. Наиболее изучена восточная часть массива. Здесь массив более обнажен, что позволило выявить почти все месторождения и рудопроявления хромовых руд ещё на ранних стадиях изучения хромитоносности массива в 1928–1931 гг. Менее благоприятна для поисков западная часть Варшавского массива, где большая его часть задернована или перекрыта неогеновыми отложениями. Запасы отдельных

месторождений — от десятков т до сотен тонн, запасы самого крупного Варшавского 11 составляли 29 680 т с содержанием Cr_2O_3 30,28 %. Руды преимущественно глиноземистые, состав рудной хромшпинели (масс. %): Cr_2O_3 43,99–45,16, Al_2O_3 20,21–25,60, FeO'15,30–25,24, MgO 6,55–13,30, TiO_2 0,28–0,43. Месторождения и рудопроявления Варшавского массива являются типичными представителями хромового оруденения гарцбургитового СВК, а восточное рудное поле может рассматриваться как одно месторождение с рассредоточенными рудными телами на площади 3 км^2.

На массиве установлены проявления валунчатых руд. Месторождение Варшавское 2 (Евдокия) образовалось за счет разрушения месторождения «Раиса» и представляет собой подковообразную в плане залежь площадью 82 000 м^2, длиной 550–570 м, шириной 60–150 м, мощностью продуктивного слоя 0,5–3 м, в среднем 1,2 м, перекрытую рыхлыми отложениями, не содержащими обломков руд. Обломки хромитов в россыпи полуокатанные и неокатанные, размером 0,5–20–40 см. Содержание Cr_2O_3 в обломках 32–46 %, в среднем 39,45 %. Россыпь частично выработана. Два более мелких проявления (Варшавское 12 и Варшавское 31) располагаются в районе месторождения Варшавское 11. Первое (Варшавское 12) площадью 60×25 м, выработано в 1998 г.

Халиловский массив

Массив находится на восточном склоне Центрально-Уральского хребта в пределах Гайского района Оренбургской области. В тектоническом плане он расположен в южной части Вознесенско-Присакмарской зоны вдоль Главного Уральского разлома на участке сочленения Центрально-Уральского поднятия с Магнитогорским прогибом.

Халиловский массив, в связи с наличием в нем месторождений хромитов, природно-легированных железных руд, силикатного и сульфидного никеля, кобальта и магнезитов, являлся объектом пристального внимания и изучения, начиная с 19 века.

Массив занимает площадь около 240 км^2, протягиваясь в меридиональном направлении на 36 км между Главным Уральским разломом на западе, по которому он контактирует с кристаллическими сланцами рифея, и Ново-Киевским надвигом на востоке. Максимальная ширина массива — 16 км. Вмещающими породами являются вулканогенно-осадочные образования верхнего силура-нижнего девона. С учетом опущенных по периметру и в центральной части массива блоков, перекрытых силурийско-девонскими базальтоидами офиолитовой ассоциации, площадь составляет не менее 375 км^2. Вблизи восточного контакта массива расположены крупные блоки пород перидотит-пироксенит-габброноритового комплекса, которые В.Т.Тищенко [156] отнесены к среднему девону, хотя, возможно, они могут входить в состав офиолитового комплекса. Большая часть массива перекрыта платформенным чехлом палеозойско-кайнозойских отложений, обнажаясь лишь по долинам р.р. Губерля и Усайка.

С 1927 по 1939 гг. в пределах массива были выявлены все известные в настоящее время залежи хромитов. Одновременно с поисками проводились разведочные и эксплуатационные работы. За этот период было выявлено 120 рудных тел хромитов, большинство из которых сконцентрировано вблизи с. Халилово. Все известные мелкие месторождения хромитов были выработаны ещё в довоенные годы мелкими карьерами и шахтами глубиной до 100 м, в основном, до уровня грунтовых вод. Всего было добыто порядка 70 тыс. т хромовых руд. За все последующие годы ни одного, даже мелкого, месторождения хромитов не было обнаружено.

Наиболее полными материалами по месторождениям и проявлениям хромитов являются материалы К.К. Станкевича [152]. Подробная геологическая карта массива масштаба 1:50 000 была составлена в 1983 году В.Т. Тищенко [156] по результатам

проведения глубинного геологического картирования. В 1992–2001 гг. на массиве были проведены геофизические и геологоразведочные работы масштаба 1:10 000 с целью поиска хромитовых руд в южной и центральной частях, включавшие высокоточную гравиразведку, электроразведку, профильную гравиразведку, бурение; из-за нерегулярного и недостаточного финансирования работ задание было выполнено не в полном объеме. В отчете, составленном лишь в 2005 году, приведены только планы магнитного и гравитационного полей, геоэлектрических параметров 1:10 000 и 1:25000 масштабов без геологической интерпретации. В рамках этих работ И.А.Малаховым были проведены тематические исследования по геолого-структурному и минералого-петрографическому изучению пород и руд Халиловского массива [110].

Обобщая сведения по отдельным частям тектонически раздробленного Халиловского массива, в его строении можно наметить следующие закономерности. Центральную часть массива слагают мантийные перидотиты. В восточной краевой части развиты габбро-перидотитовый и габбро-диорит-плагиогранитовый комплексы. К верхней части офиолитового разреза можно отнести оливиновые базальты, амфиболиты и глинисто-кремнистые сланцы верхнего силура и нижнего девона. Этот комплекс развит во всех краевых частях перидотитового ядра, но более широко — в его восточной периферии.

Рудоносная площадь массива представлена дунит-гарцбургитовым комплексом, расположенным в южной части массива *(рис. 31)*. Площадь распространения пород дунит-гарцбургитового комплекса составляет около 11 км^2, в том числе рудоносная часть занимает около 9 км^2. На этой площади довольно равномерно развиты крутопадающие линзо-жилообразные тела дунитов мощностью от сантиметров до десятков метров и протяженностью от единиц до первых сотен метров. Именно к этим дунитам, но не ко всем, приурочены многочисленные проявления хромитов.

В каждом дунитовом теле насчитывается от одного до нескольких обычно небольших рудных тел длиной от 15 до 50 м, изредка их длина достигает 100–150 м. Мощность рудных тел изменяется от 1–2 м до 5 м. По падению рудные тела прослежены до глубины 20–90 м.

Этот тип структурной обстановки близок, как это отмечает А.И.Малахов, к структурам рудопроявлений массива Южный Крака. Для данного типа рудных объектов характерны мелкие рудные тела с высокохромистыми рудами жилообразной, столбообразной, линзовидной формы. Линзы часто с раздувами и пережимами мощности.

На месторождении (рудопроявлении) — обычно одно рудное тело, реже серия мелких кулисообразных тел. Запасы отдельных рудных тел — от единиц до первых десятков тысяч тонн. Хромитовые тела имеют весьма разнообразные и изменчивые формы. Выделяются следующие морфологические типы: линзовидные, чечевицеобразные жилы, тонкие пластообразные, столбообразные, шлирообразные скопления. Текстуры руд разнообразны — преобладают сплошные, плотного или порошкообразного сложения, густовкрапленные мелкозернистые, реже среднезернистые руды. Содержание Cr_2O_3 в рудах изменяется от 40 % до 50–60 %, в хромшпинелиде — от 55 % до 61 %, при содержании Al_2O_3 от 8,47 % до 13,19 % и FeO' на уровне 13–16 %. Восточнее полосы пород дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса среди гарцбургитов установлены единичные рудные тела с содержанием Cr_2O_3 в рудах около 40 %, в рудном хромшпинелиде 40–43 % при содержании Al_2O_3 18,5–19,7 %, FeO′ 15–16 %.

Хабарнинский массив

Территория массива площадью около 400 км^2 административно входит в Гайский район Оренбургской области. Массив расположен в 30 км западнее г. Орска и разделён

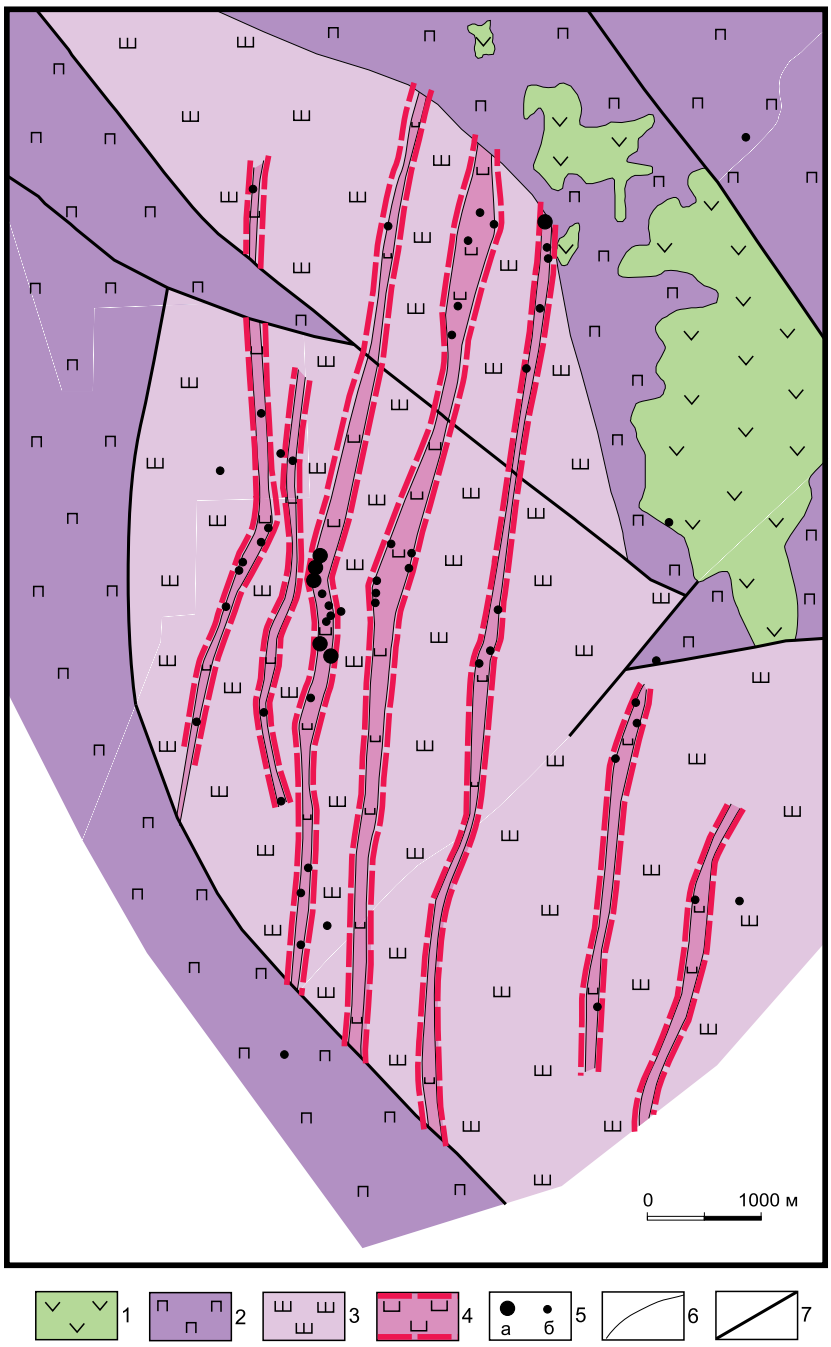


Рис. 31. Геологический план центральной части Халиловского массива (со снятыми четвертичными отложениями) (по материалам Станкевича К.К.,1934 г., Тищенко В.К., 1983 г., Малахова А.Е., 2002 г.):

1 — оливиновые базальты, амфиболиты, кремнисто-глинистые сланцы верхнего силура–нижнего девона. Офиолитовый комплекс позднего силура-раннего девона: **2** — гарцбургитовый СВК — апогарцбургитовые серпентиниты, реже дуниты; **3** — дунит-гарцбургитовый СВК — апогарцбургитовые и аподунитовые серпентиниты нерасчлененные; **4** — рудоносные зоны с крутопадающими пластовыми, линзообразными и штокообразными телами аподунитовых серпентинитов; **5** — месторождения и рудопроявления хромовых руд; **6** — геологические границы; **7** — тектонические нарушения

рекой Урал на две неравные части: большая северная, около 70 % массива, находится в России, меньшая южная принадлежит Казахстану.

Впервые месторождения хромовых руд в пределах Хабарнинского массива выявлены в 1921–1923 гг. В 1923–1926 гг. Оренбургский Губсиликат проводил добычу хромовых руд, но в связи с их низким качеством добыча была прекращена.

В 1928–31 гг. в районе проводились поисковые и разведочные работы. В этот период

открыты 8 месторождений (2, 3, 4, 5/II, 6, 7, 8, 9). Выявленные месторождения в 1930–31 гг. разведывались горными выработками до глубины 5–10 метров Средне-Волжским отделением института прикладной минералогии. Материалы этих работ не сохранились. Одновременно в 1929–31 гг. неглубокими поверхностными выработками, велась добыча руд на месторождениях 1, 2, 3, 4, 6 и 9. Полностью были отработаны месторождения 3 и 4, месторождения 1 и 2 — на большую их часть. Добыча до глубины 25–30 м проводилась на месторождении 5/I, вначале карьерами, затем подземными выработками. За этот период было добыто по неполным данным 15 450 т хромовой руды с содержанием Cr_2O_3 36–41 %. В 1936 году поисково-разведочные работы, в основном на месторождении 5/II, проводились Волжским Геологическим трестом [152].

В 1964–67 гг. в северо-восточной части Хабарнинского массива проводились поисково-съемочные работы партией № 37 Свердловского горного института под руководством А.С. Варлакова. В результате этих работ была составлена геологическая карта масштаба 1:25 000 Оренбургской части Хабарнинского массива и карта полезных ископаемых и прогноза того же масштаба [44].

В 1967–71 гг. Губерлинской партией ОГУ выполнены поисково-ревизионные работы на Хабарнинском массиве. Авторами приводятся сведения по стратиграфии вмещающих пород, выделяются ассоциации и комплексы пород, слагающих массив, описываются их структурное положение, форма, внутренняя тектоника и генезис массива.

В 1979–83 гг. проведено глубинное геологическое картирование Халиловского рудного района масштаба 1:50 000, охватившее и Хабарнинский массив. Детализировано структурно-формационное районирование площади и дана прогнозная оценка на комплекс полезных ископаемых [156].

В 1996–2000 гг. по заказу ОАО «НОСТА», на основе разведочных работ 1936 г., проведена геолого-экономическая переоценка месторождения хромитов «Хабарнинское 5/II» [118]. В пределах проектного контура карьера до горизонта +310 м были подсчитаны запасы руды в количестве 87 тыс.т при среднем содержании 32,11 % Cr_2O_3. Запасы учтены в Государственном балансе как забалансовые в связи с нерентабельностью разработки. В 2008–2011 и 2012–2014 гг. на массиве ФГУП «ВИМС» и ОАО «УГСЭ» проводились поисковые и поисково-оценочные работы по результатам которых были оценены прогнозные ресурсы по категории P_1 месторождений 5/II и 5/I [119].

На рудопроявлении 5/I прогнозные ресурсы хромовых руд по категории P_1 оценены в количестве 0,15 млн т со средним содержанием Cr_2O_3 22,2 %, на месторождении 5/II — 1,1 млн т со средним содержанием Cr_2O_3 16,44 %.

Хабарнинский массив залегает непосредственно к западу от Главного Уральского разлома, примыкая к нему восточным крылом, и слагает верхнюю тектоническую пластину Сакмарской аллохтонной зоны.

Центральную большую часть массива слагают сильно истощённые гарцбургиты и апогарцбургитовые серпентиниты. Дуниты среди них встречаются в подчинённом количестве, образуя шлиры, полосы и пятна размером 10–20 м, редко больше. Западную и восточную краевые части массива слагают габбро и габбронориты, между ними и гарцбургитами развита узкая на западе и уникальная по размерам (около 50 км^2) на востоке полоса пород дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса. Весь этот комплекс пород массива залегает среди вулканогенно-осадочных отложений ордовика *(рис. 32)*.

Состав пород массива и вмещающих отложений ордовика позволяют рассматривать их в качестве единого офиолитового комплекса, нижние части которого слагают гарцбургиты и породы ДВКГ комплекса, а верхние — габброиды западного (горы

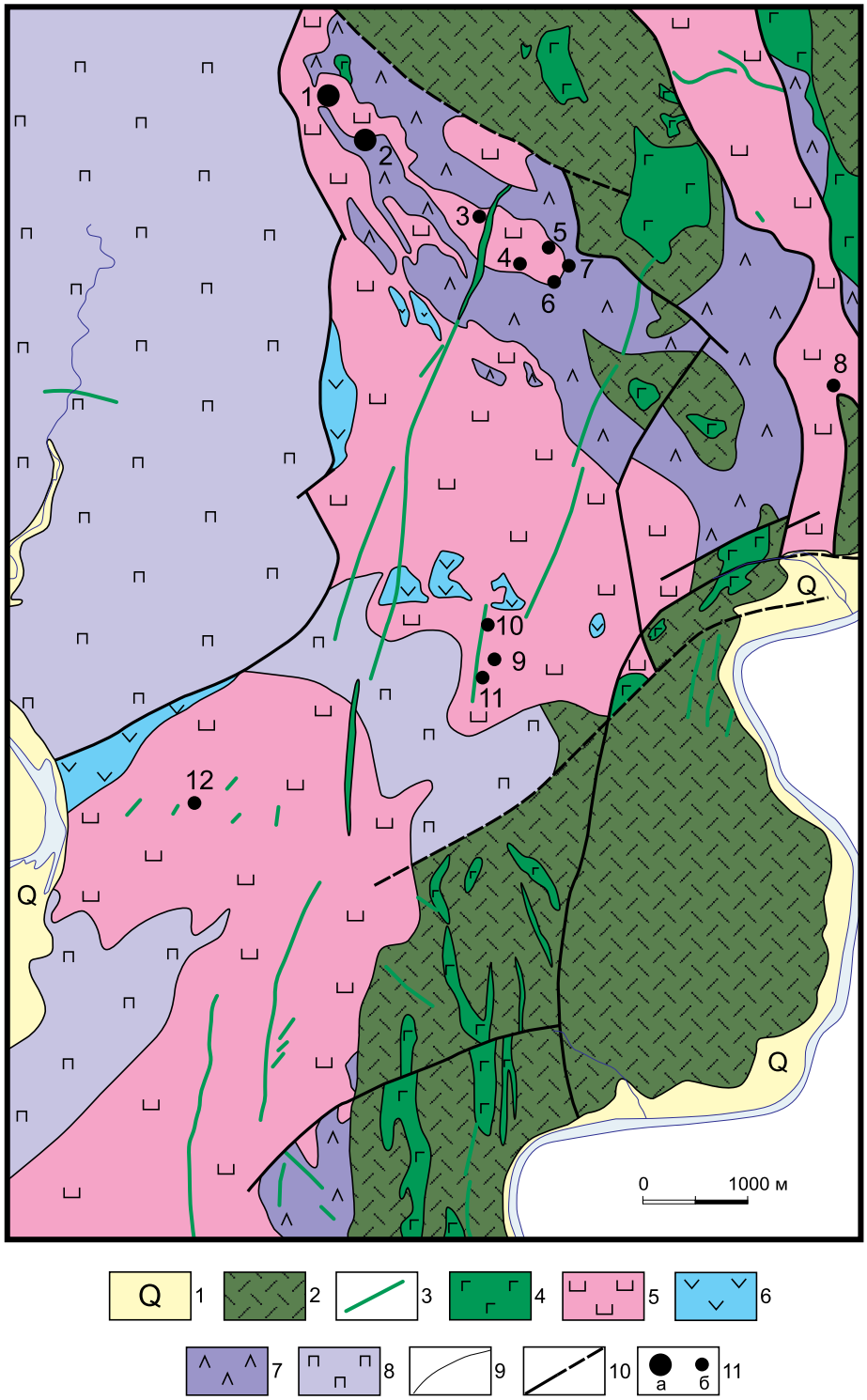


Рис. 32. Схематическая геологическая карта восточной части Хабарнинского массива (по материалам Костарева А.Г., 1970 г.):

1 – четвертичные отложения: Офиолитовый комплекс нижнего – среднего ордовика: **2** – метаморфизованные вулканиты основного состава и осадочные образования; **3** – дайки габбро, габбродиабазов; **4** – габбро, габбронориты, габброамфиболиты; **5** – серпентиниты аподунитовые; **6** – верлиты серпентинизированные; **7** – клинопироксениты и верлиты нерасчлененные; **8** – преобладающие апогарцбургитовые серпентиниты с телами и жилами серпентинизированных дунитов; **9** – геологические границы; **10** – тектонические нарушения; **11** – месторождения (а) и рудопроявления (б) хромовых руд и их номера: **1** – 5/II; **2** – 5/I; № № 3, 4, 5, **6** – участок Северный; **7**, **8** – участок Дачный; **9**, **10**, **11** – участок Новоплакунский; **12** – участок Горюновский

Кирпичной) и восточного края массива (горы Баночной и более южной полосы габбро), а также вулканогенно-осадочные отложения ордовика. Аналогичный ДВКГ комплекс, в виде небольших полос, развит между гарцбургитами и габбро в районе г. Кирпичной по западному краю массива. В северо-восточной части массив нарушен левосторонним сдвигом зоны Главного Уральского разлома. В результате от основного тела Хабарнинского массива разломом отчленён Аккермановский фрагмент с аналогичным ДВКГ комплексом пород. При формировании аллохтонной структуры массива ДВКГ комплекс, залегающий в нормальном офиолитовом разрезе на перидотитах (гарцбургитах), оказался под гарцбургитами [23]. Скважины, пробуренные по восточному краю гарцбургитов, последовательно вошли в ДВКГ комплекс пород, а затем в габбро-нориты [2]. Простирание пород ДВКГ комплекса и хромового оруденения в массиве северо-западное, падение на ЮЗ под углами 30–55°. Образование перевернутого на востоке массива офиолитового разреза связано с надвиганием его на протерозойские породы Эбетинского выступа, при этом гарцбургиты центральной части массива были надвинуты на породы ДВКГ комплекса.

Всё известное на Хабарнинском массиве хромовое оруденение располагается в дунитах восточной полосы развития пород ДВКГ комплекса, где образует несколько участков сгущения рудопрявлений и месторождений. Относительно крупные месторождения и серия рудопроявлений располагаются среди мощных полос переслаивания дунитов, верлитов и клинопироксенитов в северо-восточной части массива (месторождения 5/II и 5/I, рудопроявления 6,7, 8, 9, 10). В центральной части в краевых дунитах рудопроявления образуют Новоплакунскую и Горюновскую группы, на востоке единичные проявления установлены в крайней восточной полосе дунитов (участок Дачный).

Хромовое оруденение массива по морфологии рудных залежей, рудных тел и составу руд аналогично другим массивам Урала: Ключевскому, Алапаевскому, Верх-Нейвинскому, Войкаро-Сыньинскому, в которых широко развиты дуниты ДВКГ комплекса. Отличием является наличие здесь более крупных для данной структурной обстановки месторождений, но и они относятся к мелким по масштабу оруденения.

На месторождении 5/II выделены две сближенные рудные залежи — северная и южная, прослеженные до глубины 150 м *(рис. 33)*. При этом основной объем залежей находится на глубинах 20–70 м. Залежи представляют собой пачки рудных линз, перемежающихся с безрудными прослоями дунитов со сложным внутренним строением и высокой изменчивостью мощностей и качества руд *(рис. 34)*. Залежи, как и слагающие их рудные тела, имеют северо-западное простирание и юго-западное падение под углами 20–30° при северо-западном склонении. Руды преимущественно редковкрапленные с отдельными линзами средне-густовкрапленных руд. Преобладают полосчатые текстуры, изредка встречаются петельчатые руды, еще реже — нодулярные. Для всех текстурных типов хромитов характерна мелко-тонкозернистая структура. Рудные хромшпинелиды представлены магнезиальными субферриалюмохромитами и магнезиально-железистыми субферрихромитами.

Северная залежь месторождения 5/II прослежена по простиранию на 350 м при ширине 50–120 м. Средние параметры: мощность 5,7 м, протяженность по падению 350 м, содержание Cr_2O_3 18,2 %. Средние параметры Южной рудной залежи: протяженность по падению 132 м, ширина 120 м, мощность 7,3 м, содержание Cr_2O_3 12,9 %.

На месторождении 5/I площадью 340×190 м, расположенном в 400 м к ЮВ от 5/II, рудовмещающий комплекс представлен аподунитовыми серпентинитами, с южной и северной сторон, контактирующими с пироксенитами. Два рудных тела вытянуты в широтном направлении. Первое рудное тело линзовидной формы вытянуто в широтном

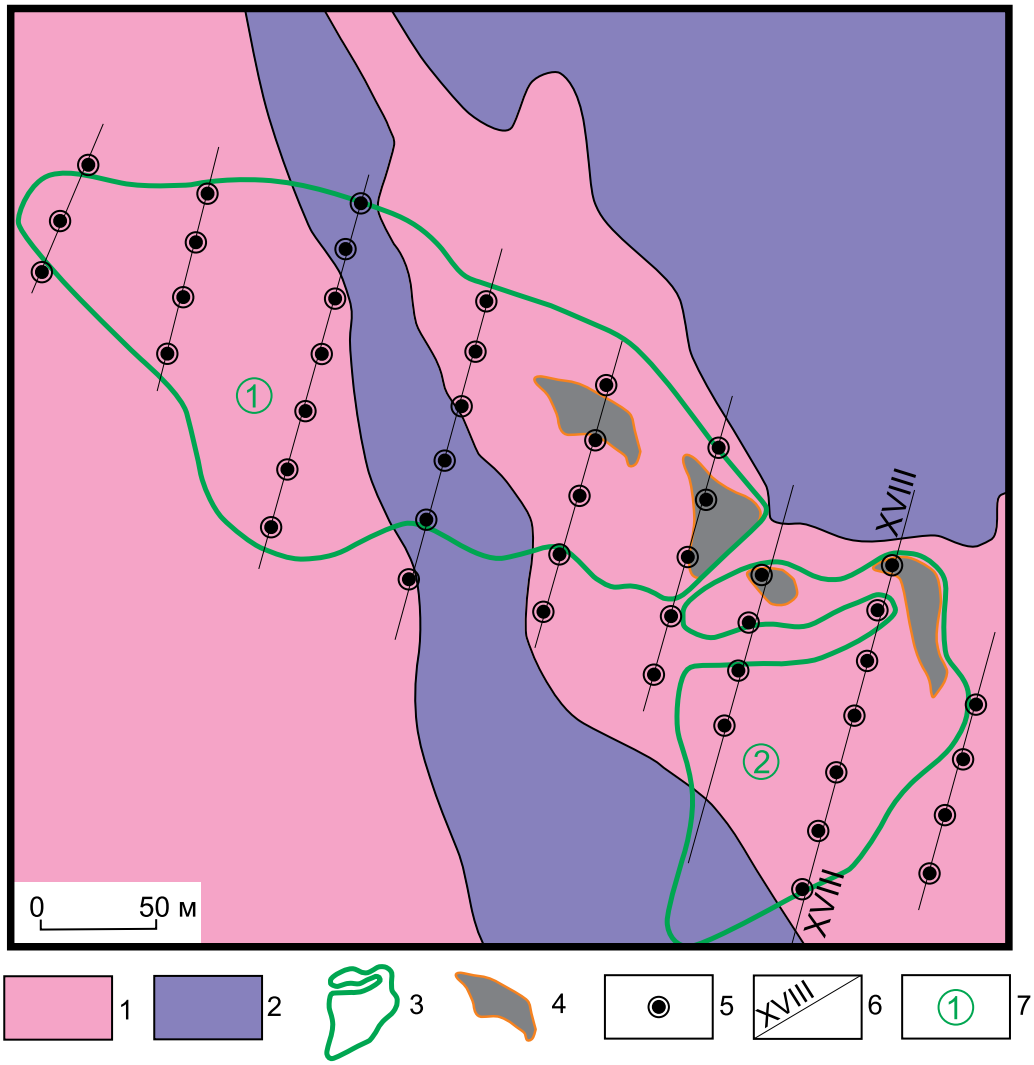


Рис. 33. План рудных залежей месторождения 5/II Хабарнинского массивах:

1 — серпентиниты аподунитовые; **2** — пироксениты оливиновые; **3** — проекция рудных залежей на поверхность; **4** — план частей рудных залежей, выходящих на поверхность; **5** — скважины; **6** — линии геологических разрезов и их номера; **7** — рудные залежи и их номера: **1** — Северная залежь; **2** — Южная залежь

направлении на 260 м при ширине в плане 55 м, средняя пересечённая мощность составляет 4,5 м, что соответствует истинной 3,1 м. Падение южное под углом 40–45°. Среднее содержание Cr_2O_3 в руде 23,7 %. Руды средневкрапленные, полосчатые, тонкозернистые. Второе рудное тело вскрыто одной скважиной, его истинная его мощность 1,1 м, содержание Cr_2O_3 16,47 %.

Участок Горюновский расположен на юго-западе северо-восточной полосы ДВКГ комплекса.Протяженность рудной зоны на участке северо-восточного направления 1100 м, ширина в средней части 200 м, на окончаниях — 50 и 100 м. В рудной зоне канавами через 100–200 м вскрыты сечения хромовых руд мощностью 1–7 м с содержанием Cr_2O_3 от 11 до 35,39 % и отдельные зоны повышенной вкрапленности хромшпинелида мощностью 30–60 м.

Новоплакунский участок (объединяет месторождения 9, 10, 11) расположен в центре ДВКГ комплекса. Протяженность рудной зоны участка северо-западного простирания 100 м при ширине на юго-востоке 20 м, на северо-западе — 70 м. На трех линиях канав через 50 и 100 м вскрыты 8 сечений хромовых руд мощностью от 1,4 до 4,4 м с содержанием Cr_2O_3 12,3–20,5 %.

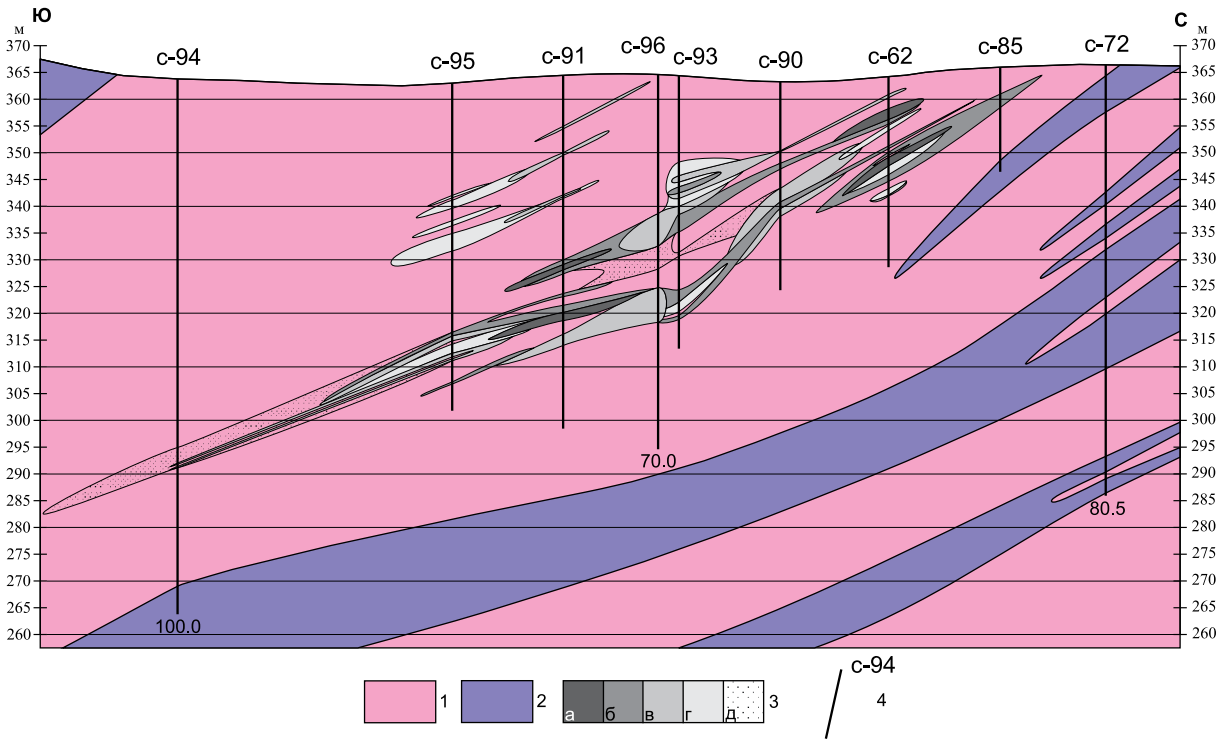


Рис. 34. Геологический разрез Южной рудной залежи месторождения 5/II по линии XVIII:

1 — серпентиниты аподунитовые; **2** — пироксениты оливиновые; **3** — контуры хромитовых тел с различным содержанием Cr_2O_3: а) 30–40 %, б) 20–30 %, в) 10–20 %, **г**) 5–10 %, д) 2–5 %; **4** — скважины

Северный участок (объединяет месторождения 3, 4, 5, 6, 7, 8) расположен в 1200 м на ЮВ от месторождения 5/I, в той же полосе дунитов между клинопироксенитами. Протяженность рудной зоны участка 1200 м, ширина в центральной части 110 м, на концах 60 м. Рудная зона прослежена по подсечениям повышенной вкрапленности, в которых вскрыты единичные сечения мощностью от 1 до 10 м с содержанием Cr_2O_3 11,8 до 37,1 %.

Участок Дачный расположен на крайнем востоке Хабарнинского массива. Здесь выделена протяженная (1600 м) меридиональная хромитоносная зона, установленная по единичным пересечениям, вскрытым на концах рудной зоны и несколькими — в середине. Мощность сечений от 1 до 1,3 м, содержание Cr_2O_3 от 20,4 до 31,9 %.

Состав рудных шпинелей всех перечисленных объектов высокохромистый, но все же меняется в зависимости от положения в разрезе ДВКГ комплекса. В полосе дунитов между горизонтами пироксенитов с месторождением 5/II и участком Северный содержание Cr_2O_3 51–57 %, Al_2O_3 9–14 %, на месторождении 5/I в горизонте дунитов, зажатом между клинопироксенитами, содержание Cr_2O_3 51–55 %, Al_2O_3 13–16 %, на участке Новоплакунский в широкой полосе краевых дунитов содержание Cr_2O_3 57–60 %, Al_2O_3 8–9,5 %.

Аккаргинский массив

Аккаргинский массив расположен в Светлинском районе Оренбургской области, северная оконечность массива находится в Казахстане. В геологическом отношении он расположен в северной части Буруктальского синклинория Зауральского поднятия в зоне Аккаргинского глубинного разлома субмеридионального простирания.

Первые проявления хромитов на Аккаргинском массиве установлены Д.С.Штейнбергом в 1929 г. С 1931 по 1938 год в центральной части проводились

геологоразведочные и эксплуатационные работы, которые были сосредоточены в пределах так называемой Главной рудной зоны [75]. Большая часть рудных тел в еёпределах была отработана до глубин в первые метры. Геологическая карта массива масштаба 1:50 000 была составлена в 1965 г. В.С.Дубининым [62]. В 1990 — 1995 гг. М.А.Посталовским проведены поисковые работы на хромиты в центральной части массива. Для прослеживания Главной рудной зоны профилями через 400–800 м, частично для изучения параллельных зон и заверки геофизических аномалий, пробурено 28 скважин общим объёмом 6371,2 м. Было выявлено одно рудное подсечение в скважине 46 в интервале 142,5–148,1 м [140].

Массив вытянут в субмеридиональном направлении на 50 км при максимальной ширине в средней части до 7,5 км. В плане представляет собой выпуклое на запад линзовидное тело площадью 160 км^2, на юге граничит с Коскольским гранитоидным массивом раннекаменноугольного возраста, по западной и восточной границам которого известны более мелкие массивы гипебазитов. Наиболее крупный из них Карашокольский площадью 40 км^2, сложенный породами дунит-верлит-клинопироксенитового структурно-вещественного комплекса, расположен в 5 км к юго-западу от Аккаргинского. Предполагается, что он является составной частью Аккаргинского и отделен от него вулканогенно-осадочными отложениями верхнего девона. На востоке массив контактирует с нижнекаменноугольными терригенными отложениями. Контакты массива тектонические, западный имеет западное падение под углом 40–60°, восточный — также западное, но более крутое.

Массив почти нацело сложен аподунитовыми и апогарцбургитовыми серпентинитами, в подчиненном количестве отмечаются пироксениты, лиственит, тальк-карбонатные породы. Выделяются площади, сложенные апогарцбургитовыми серпентинитами с телами аподунитовых серпентинитов, относимые к дунит-гарцбургитовому структурно-вещественному комплексу, и площади апогарцбургитовых серпентинитов гарцбургитового комплекса. Дуниты слагают линзо-пластообразные тела мощностью до 100 м, переслаивающиеся с гарцбургитами, а также отмечаются в виде тел площадью от нескольких сотен м^2 до 1–1,5 км^2. Простирание дунитовых полос и линз субмеридиональное падение, западное 45–80°. Жильная серия представлена дайками плагиоклазитов, диоритов, лампрофиров, пироксенитов. Поля, сложенные дунит-гарцбургитовым комплексом, с повышенными содержаниями дунитовой составляющей, сосредоточены, главным образом, в центральной части массива, ближе к западному контакту. К этим площадям приурочены все известные месторождения и проявления хромовых руд. В восточной части массива дуниты развиты незначительно, перидотиты в этом районе относятся к гарцбургитовому комплексу. Центральная часть массива, перекрытая палеоген-четвертичными отложениями мощностью 5–8 м, остается малоизученной *(рис. 35)*.

Рудоносный комплекс Аккаргинского массива близок по своим характеристикам к дунит-гарцбургитовому комплексу Халиловского массива и массиву Южный Крака. Для месторождений этого типа характерны мелкие тела с высокохромистыми рудами. Запасы месторождений — от нескольких тысяч до нескольких десятков тыс. т, суммарные запасы рудного поля — сотни тыс. т. В краевых частях рудных полей данного типа, уже среди гарцбургитов, возможно выявление мелких рудных тел с глинозёмистыми рудами.

На Аккаргинском массиве известно более 40 точек хромового оруденения, приуроченных к аподунитовым серпентинитам. Наиболее крупные месторождения, именуемые «выходами», расположены в Главной рудной зоне, в центральной части массива.

Всего выявлены 34 выхода, причем расстояние между крайними выходами 2 и 34

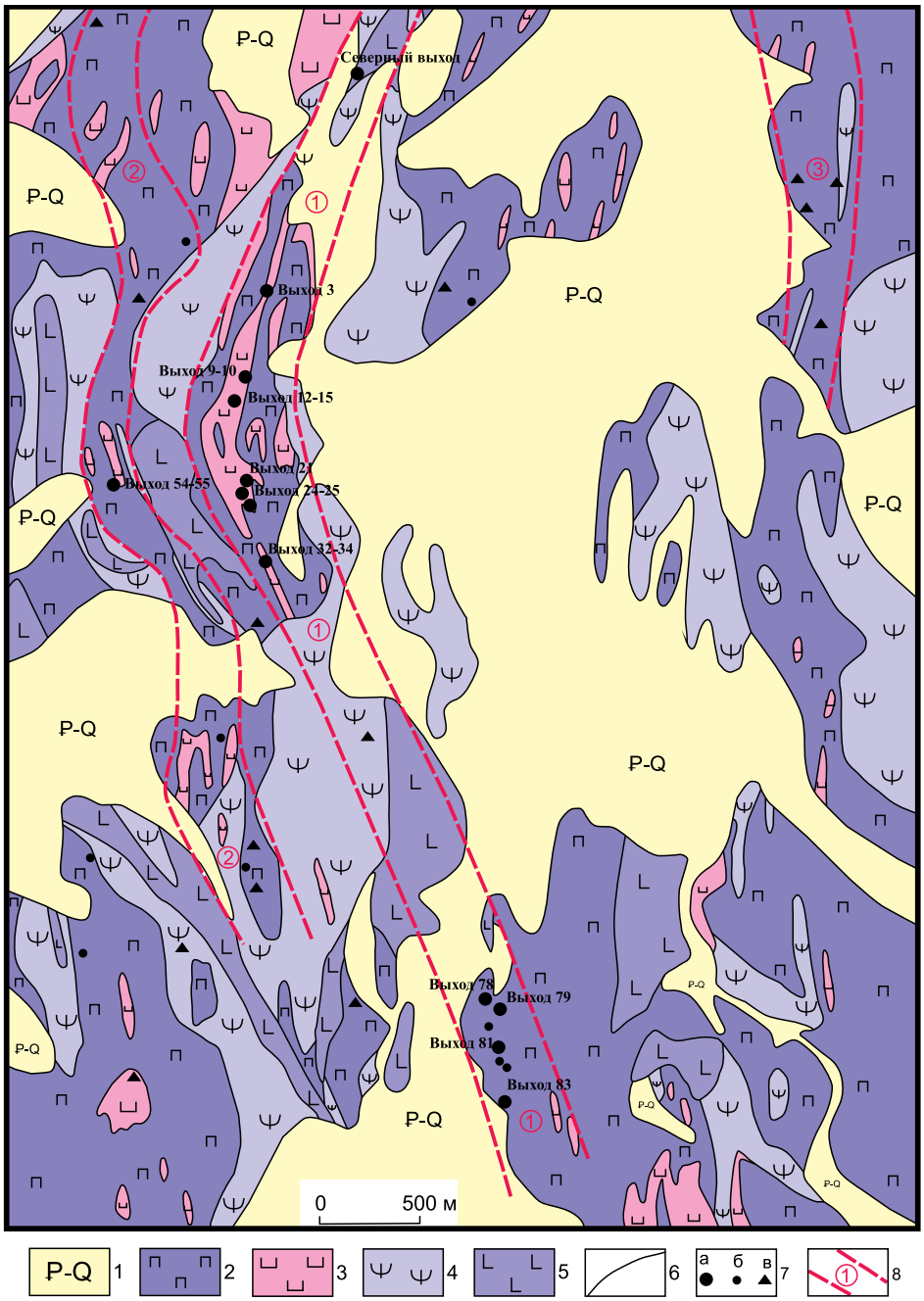


Рис. 35. Схематическая геологическая карта Аккаргинского массива (по материалам Дубинина В.С.,1965 г., Посталовского М.А., 1995 г.):

1 — палеоген-четвертичные осадочные отложения; **2** — гарцбургиты серпентинизированные; **3** — дуниты серпентинизированные; **4** — серпентиниты апоперидотитовые; **5** — лиственитты; **6** — геологические границы; **7** — месторождения (выходы) (а), рудопроявления (б), элювиально-делювиальные развалы и высыпки хромовых руд (в); **8** — рудоносные зоны и их номера: **1** — Главная; **2** — Западная; **3** — Восточная;

составляет 1700 м. Позднее был открыт выход «Северный» в 800 м от выхода 2 и проявление «Южное» (выходы 78–83) в 3000 м к югу от выхода 34, в результате общая длина Главной рудной зоны превысила 5500 м. К наиболее крупным месторождениям относятся выходы 21, 32–34, 12–15, 4а *(рис. 36)*. На месторождениях в среднем по 3–5 (до 17) кулисообразно залегающих рудных тел жилообразной и плитообразной формы. Длина рудных тел по простиранию — 60–240 м, по падению — от 5–10 до 62 м (чаще 30 м) при мощности 0,5–10 м. Руды вкрапленные и сплошные, изредка нодулярные,

высококачественные, металлургического типа, отличаются высокими содержаниями Cr_2O_3, достигающими 50 %, при средних значениях 43–48 %. Отношение Cr_2O_3/FeO' от 2,75 до 3,7. Рудный хромшпинелид высокохромистый с низкими содержаниями Al_2O_3 и суммарного железа.

Глубокие горизонты Главной рудной зоны остаются малоизученными. Сведения о хромитоносности и строении других рудоносных зон (Западной и Восточной) немногочисленны. П.М. Идкиным [75] описаны частично отработанные карьером выходы 55–54–56 в 600 м к западу от Главной рудной зоны, упоминается также о небольших шлирах убоговкрапленных руд и мелких развалах хромитов, прослеженных на 2 км вдоль западного контакта массива. Восточная рудоносная зона прослежена по мелким развалам хромитов и редким коренным выходам хромовых руд (выход 66) [140].

В 1935–1937 гг. в пределах ГРЗ добыто 61 тыс. т руды, невыработанные подсчитанные запасы до глубин 45 и 65 м на участке «Северный» (выход 4) составили 53 тыс. т, на участках выходов 8–10, 12–15 — 37 тыс. т. В 1961 г. эти запасы были сняты с баланса. В 2016 г., по результатам пересчета невыработанных запасов, ТКЗ Приволжскнедра утвердило запасы хромовых руд для открытой отработки в количестве 97 тыс. т с содержанием Cr_2O_3 41,78 %, прогнозные ресурсы по кат. P_1 212,5 тыс. т, по кат. P_2 184,7 тыс. т.

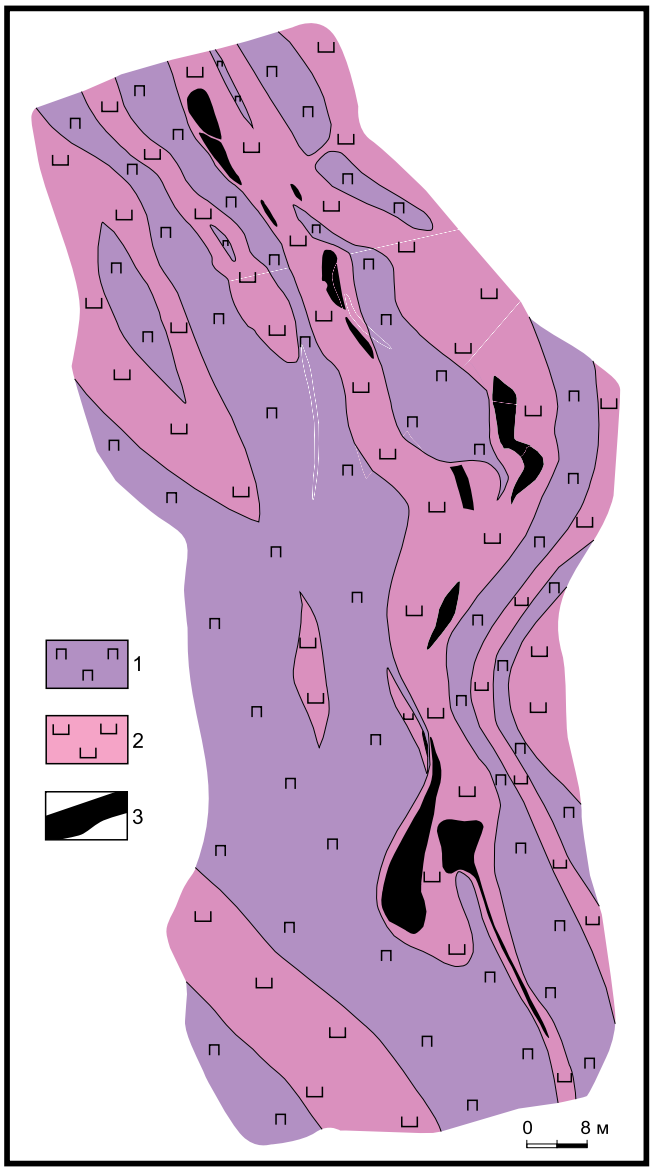


Рис. 36. Геологический план месторождения «Выход 32–34» Аккаргинского массива:

1 — апогарцбургитовые серпентиниты; **2** — аподунитовые серпентиниты; **3** — рудные тела хромовых руд

2.4. Алтае-Саянская хромитоносная провинция

В пределах Алтае-Саянской области офиолитовые комплексы, включающие базит-ультрабазитовые массивы, присутствуют во всех складчатых системах, образуя различные по протяженности пояса. Выделяются около 15 гипербазитовых поясов общей протяженностью свыше 3000 км.

В пределах поясов известны около 700 гипербазитовых массивов различного размера. Большинство из них мелкие линзо-пластообразные, реже сложной формы тела размером от 12 до нескольких км^2, довольно часто встречаются массивы в 30–50 км^2, размеры от 100 до 200 км^2 — единичны. Являясь по своей природе протрузивными блоками с тектоническими ограничениями, они вместе с вмещающими комплексами входят в состав наиболее тектонически напряженных участков складчатых систем. Особенностью структурного положения массивов является размещение их в зонах крупных региональных разломов, по границам срединных массивов, вдоль разломов высоких порядков.

Возраст массивов варьирует в соответствии с возрастом складчатой системы: средне-позднерифейский на Енисейском кряже и на юго-востоке Восточного Саяна, венд-раннекембрийский в Западном Саяне, в Горной Шории, Кузнецком Алатау, Салаире, в Горном Алтае и юго-восточной Туве. В разных поясах с разной детальностью устанавливаются разрезы офиолитовых комплексов и первичный состав пород ультрабазитовых массивов. Наиболее часто в составе гипербазитов отмечаются сильно серпентинизированные хризотил-антигоритовые гарцбургиты, вдоль эндоконтактовых зон и внутренних разломов превращенные в тальк-серпентинитовые, тальк-хлорит-карбонатные породы. Крайне редко в составе перидотитов отмечаются лерцолиты. Достаточно широко представлены породы дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса. Они отмечаются в большинстве массивов Салаира, в некоторых массивах Кузнецкого Алатау (Среднетерсинский массив), Восточно-Тувинского пояса (Бильдыкский массив) и Южно-Тувинского пояса (Улорский массив). Уникальными характеристиками обладает полосчатый комплекс Среднетерсинского массива, в котором краевые дуниты ДВКГ комплекса при мощности 500–1400 м имеют протяженность до 30 км. Габброидный комплекс сохраняется только в крупных массивах (Куртушубинский в Западном Саяне, Мартыново-Шалапский на Салаире), на мелких массивах — фрагментарно в виде небольших блоков.

Проявления хромовых руд в ультрабазитовых массивах Алтае-Саянской области многочисленны. Изученность массивов и проявлений хромовых руд неравномерная. Достаточно хорошо изучены массивы Салаира, в Западном Саяне — Шадатский и Калнинский массивы, в Туве — Агардагский, на Енисейском Кряже — Глубокинский. Большинство остальных с признаками хромитоносности требуют дополнительного изучения, в первую очередь, это относится к таким крупным массивам, как Шаманский, Парамский, Оспино-Китойский.

Хромитоносные массивы Салаира

Гипербазитовые массивы Салаира с проявлениями хромовых руд приурочены к центральной антиклинорной части Салаира, сложенной наиболее древними для этого региона и наиболее метаморфизованными протерозой-нижнекембрийскими эффузивно-осадочными образованиями аламбайской свиты. Салаирский офиолитовый (гипербазитовый)

пояс имеет протяженность более 250 км. В его пределах насчитываются 85 ультраосновных массивов, суммарная площадь выходов которых составляет 91 км^2.

Гипербазитовые массивы образуют в плане сложно построенную цепь, прослеживаемую в субмеридиональном направлении от истоков р. Аламбай на севере до южного окончания Салаирского кряжа. Далее к югу эта цепь ультраосновных массивов протягивается в том же направлении под кайнозойскими отложениями Бийско-Барнаульской впадины, соединяясь южнее с гипербазитовыми массивами северной части Горного Алтая. Породы, слагающие салаирские гипербазитовые массивы, отнесены к аламбайскому комплексу и вместе с вулканитами венд-нижнекембрийской аламбайской свиты образуют структурно-вещественную основу Аламбайской меланжевой зоны.

Поисковыми работами 1960–70-х гг. в пределах Салаирского кряжа [91, 66, 78] выявлены более 100 проявлений хромовых руд, локализованных в гипербазитовых массивах Салаирского пояса: Тогул-Сунгайском, Верх-Аламбайском, Успенском, Мартыново-Шалапском (Белининском), Уксунайском. Результаты этих работ были обобщены в публикации Коноваловой О.Г., Прусевич Н.А. «Дунит-гарцбургитовые массивы Кузнецкого Алатау и Салаира» [9].

Верх-Аламбайский массив

Верх-Аламбайский массив расположен на водоразделе рек Черная и Степной Аламбай. В плане массив имеет форму линзы, вытянутой в северо-западном направлении. Его площадь 3,5 км^2, длина 7 км, ширина 0,4 км. Массив располагается в северной части западной ветви Салаирского пояса, залегает среди вулканогенно-осадочных пород венд-нижнекембрийской аламбайской свиты. Мощность четвертичных отложений на площади массива составляет 5–10 м, однако по бортам долины р. Степной Аламбай в центральной и северной части он хорошо обнажен.

Верх-Аламбайский массив был выявлен в 1959 году в результате магнитометрической съемки. В 1961–1965 гг. на нем были проведены геолого-поисковые работы, которые включали бурение и проходку шурфов и геофизические работы [66]. При относительно небольших размерах массив достаточно хорошо изучен, на нём пройдены 109 шурфов, 8 скважин, проведена магнитная съёмка масштаба 1:10 000.

Массив представляет собой меридионально ориентированное, согласное со структурой вмещающих толщ линейное тело протяженностью 7 км, примерно с середины разветвляющееся на две ветви с расстоянием между ними до 500 м. Массив сложен серпентинитами, в подчиненном количестве проявлены пироксениты, слагающие небольшие участки. Среди серпентинитов выделяются аподунитовые, апогарцбургитовые и неопределенного первичного состава *(рис. 37)*.

Апоперидотитовые разности совместно с пироксенитами слагают западную ветвь массива. Восточная ветвь и вся южная часть массива сложены, по-видимому, полосчатым дунито-гарцбургитовым комплексом, имеющим в коренных обнажениях вид субпараллельных чередующихся полос аподунитовых и апоперидотитовых серпентинитов мощностью от 6 до сотни метров, залегающих в целом согласно с общей ориентировкой массива. В западных частях массива количественно преобладают аподунитовые разности, в восточных — апоперидотитовые. Основным признаком, по которому было произведено расчленение перидотитов, является присутствие зерен бастита, причем количество последнего постепенно увеличивается по мере перехода от аподунитовых разностей к апоперидотитовым. Из метасоматических апосерпентинитовых образований на массиве развиты лиственитты. Основные породы Верх-Аламбайского массива представлены дайко- и штокообразными телами габбро, наиболее крупное тело которых (70×2000 м)

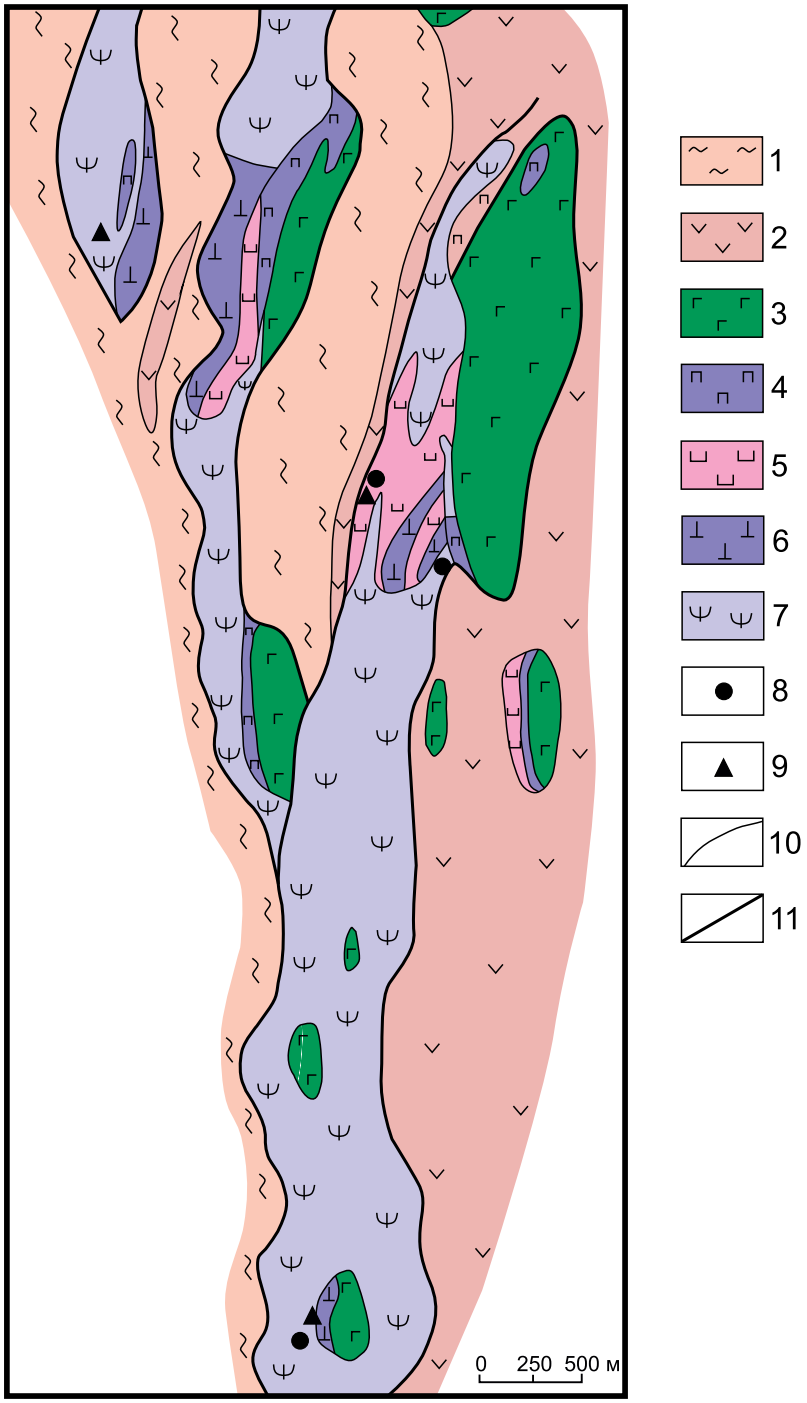


Рис. 37. Схематическая геологическая карта Верх-Аламбайского массива (по Заикину С.А., 1966 г.):

Венд-нижнекембрийская аламбайская свита: **1** — сланцы глинистые. Раннекембрийский офиолитовый комплекс Верх-Аламбайского массива: **3** — габбро, габбродиориты; **4** — пироксениты; **5** — аподунитовые серпентиниты; **6** — апогарцбургитовые серпентиниты; **7** — апоперидотитовые серпентиниты нерасчлененные; **8** — коренные проявления хромовых руд; **9** — делювиальные, обломочные проявления хромовых руд; **10** — геологические границы; **11** — тектонические нарушения

находится в восточной части массива. Продольными и поперечными нарушениями массив разбит на многочисленные блоки со смещением относительно друг друга до 300 м. Кора выветривания на серпентинитах пользуется ограниченным развитием.

Проявления хромовой минерализации в коренном залегании отмечены в нескольких точках. Так, в левом борту долины р. Степной Аламбай в обнажениях среди аподунитовых серпентинитов встречены полосчато-вкрапленные руды. Видимая мощность

хромитоносных зон — от 40–70 см до 1,5–2,0 м. Внутреннее строение хромитоносных зон характеризуется чередованием полос густых и редковкрапленных разновидностей хромита мощностью 5–10 см с полосами безрудного серпентинита мощностью до 30 см. Содержание Cr_2O_3 в полосчатых рудах — от 8 до 19 %. [9]. Аналогичные руды вскрыты шурфом 63. В шурфе № 51 вскрыты густовкрапленные полосчатые руды мощностью 0,3 м и содержанием Cr_2O_3 — 55,33 %.

В южной оконечности массива в картировочных скважинах С-103 и С-109 в интервалах, соответственно, 46,9–47,6 и 42,1–42,2 м среди аподунитовых серпентинитов встречены полосчатые вкрапленные руды с чередованием густого и редкого вкрапленника. Содержание Cr_2O_3 в безрудных серпентинитах Верх-Аламбайского массива не опускается ниже 0,38 % и достигает 0,53–0,88 %, а иногда повышается до 3,12–3,20 %. Сближенное положение полей габбро, пироксенитов и дунитов, характерные особенности морфологии и текстур хромовых руд рудопроявлений в дунитах позволяют относить дуниты к близкраевым полосчатого комплекса, на это же указывает повышенное содержание Cr_2O_3 в дунитах.

Тогул-Сунгайский массив

Тогул-Сунгайский массив вытянут вдоль водораздела рек Ветловая, Сунгай, Тонгуленок, Анисимовка и Таловка, имеет форму линзы длиной 12 км, шириной от 0,25 до 1,7 км, площадь — 13 км^2. Массив расположен в северной части западной ветви Салаирского офиолитового пояса южнее Верх-Аламбайского массива, залегает среди вулканогенно-осадочных пород венд-нижнекембрийской аламбайской свиты, имея с ними крутые тектонические контакты, с падением на запад.

Первые сведения о Тогул-Сунгайском массиве были получены при геологических работах еще до 50-х годов прошлого столетия, однако, предметно он начал изучаться Ю.А. Апальковым [35] и при проведении геологоразведочных работ на массиве О.П. Казанцевым [79]. Позже Е.М. Ярославцевой [173] пройдены три профиля буровых скважин в наиболее перспективной южной части массива общим числом 63 скважины. В результате были вскрыты лишь несколько маломощных зонок вкрапленного хромитового оруденения.

Тогул-Сунгайский массив представляет собой протрузивный блок, в котором сохранилась небольшая часть офиолитового разреза, представленная коровыми габбро и мантийными гипербазитами. По границе габбро с гарцбургитами расположен полосчатый комплекс, состоящий из дунитов, клинопироксенитов и вебстеритов. Ширина выходов краевых дунитов достигает 350 м, протяжённость более 3,5 км. В гарцбургитах дуниты образуют удлинённые линзы и полосы шириной 80–150 м, субпараллельные краевым дунитам. В пределах массива известны около 28 проявлений хромитов как в коренном залегании, так и в делювиальных свалах. Коренные рудопроявления сосредоточены в основном в районе гор Осиновая, Веселая и Кедровая. Проявления хромовых руд района гор Осиновая, Весёлая приурочены к краевым дунитам, в районе горы Кедровой — к полосам дунитов среди гарцбургитов *(рис. 38)*.

В районе г. Осиновая в шурфах встречены обломки сплошных хромовых руд весом около 20 кг. В четырех из семи пройденных скважин на глубине 40–100 м отмечены интервалы сплошных, густовкрапленных руд мощностью 0,2–0,4 м с содержанием Cr_2O_3 от 22,3 % до 43,0 %.

В районе г. Веселой одним шурфом вскрыта линза сплошного хромита размером 0,2×1,5 м, а на восточном склоне горы — делювиальные свалы сплошных хромитов в глыбах весом до 70–100 кг. Участок г. Веселой изучен плотной сетью шурфов

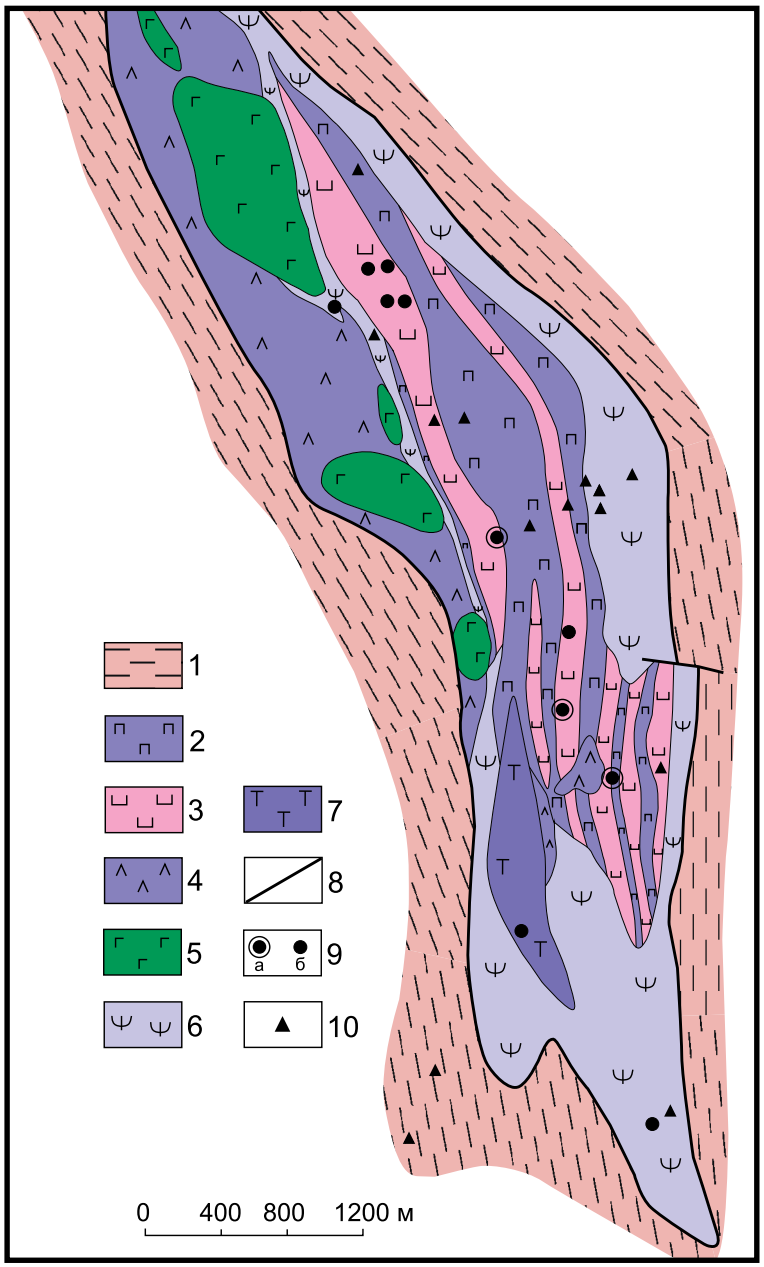


Рис. 38. Геологическая карта Тогул-Сунгайского массива (центральная и южная части) (по Казанцеву А.П., 1963 г., Заикину С.А., 1966 г., Казакову П.Е., 1970 г.):

Венд-нижнекембрийская аламбайская свита: **1** — туфы и лавы базальтов, сланцы слюдисто-кремнистые, известняки, силицилиты. Нижнекембрийский офиолитовый комплекс Тогул-Сунгайского массива: **2** — апогарцбургитовые серпентиниты; **3** — аподунитовые серпентиниты; **4** — пироксениты; **5** — габбро пироксеновое и амфиболовое; **6** — хризотил-антигоритовые серпентиниты; **7** — тальк-карбонатные лиственитты; **8** — тектонические нарушения; **9** — коренные выходы массивных, густовкрапленных (а) и убоговкрапленных (б) руд; **10** — элювиально-делювиальные обломочные массивные и густовкрапленные руды

с рассечками и канавами, однако других коренных проявлений хромитов не выявлено. Остальные рудопроявления представлены мелкими шлировидными гнездами и зонами вкрапленных руд мощностью до 1 м. В районе г. Кедровой вскрыты полосчатые густовкрапленные хромовые руды мощностью 1,0 м, а к северо-западу от вершины этой горы — хромитоносная зона мощностью 12 м, на 60–70 % сложенная убоговкрапленными рудами, на 30–40 % — жилками хромита мощностью 1–10 см. Южнее этой зоны шурфами и скважиной вскрыта прослеженная на 80 м зона средневкрапленных руд с участками густовкрапленных и сплошных.

От района этих проявлений закартированы шлейфы обломочных хромитов. Как в краевых, так и в полосах близкраевых дунитов развиты характерные для данной структурной обстановки убогие полосчато-вкрапленные руды с мелкими линзами и шлирами богатых руд. Последние и обеспечивают обломками известные элювиально-делювиальные развалы. Оценка непромышленной хромитоносности Тогул-Сунгайского массива обоснована небольшими размерами массива. В массиве проявлено, в основном, убогое оруденение со шлирами богатого; проведенный громадный объём горно-буровых работ не выявил рудных сечений с промышленными параметрами.

Успенский массив

Успенский массив расположен на водоразделе рек Большая и Северный Тогул в 10 км к юго-востоку от Тогул-Сунгайского массива. Он вытянут на 4,5 км в меридиональном направлении при ширине от 150 м на севере до 850 м на юге, его площадь составляет 3 км^2. Массив залегает среди вулканогенно-осадочных пород венд-нижнекембрийской аламбайской свиты, имеет с ними субвертикальные тектонические контакты и по всей площади перекрыт чехлом четвертичных отложений мощностью от 3 до 15 м.

Массив был выявлен при проведении в 1960 г. магнитометрической съемки масштаба 1:25 000. В начале 60-х годов на массиве проводились геофизические и поисковые работы на хром с применением горных и буровых работ, в результате которых были выявлены коренные и россыпные проявления хромовых руд, установлена их приуроченность к аподунитовым серпентинитам [79]. В 1961–1965 гг. были проведены геолого-поисковые работы на Верх-Аламбайской площади, которые включали и Успенский массив [66].

Успенский массив является одним из наиболее изученных на Салаире, в его пределах пройдены 680 шурфов с 106 рассечками, 34 канавы, 41 скважина, гравиметрическая и магнитная съёмка масштаба 1:2000. В 2008–2010 гг. с целью оценки объема элювиально-делювиальных обломочных хромовых руд пройден большой объём колонковых и шурфоскважин, бульдозерных траншей.

Центральную и северную части массива слагают сильно серпентинизированные перидотиты. На юге среди них расположено крупное субмеридионального простирания тело аподунитовых серпентинитов размером 400×680 м, которому приурочены основные рудопроявления коренных и россыпных хромовых руд *(рис. 39)*. В западной части дунитов на рудопроявлениях 3 и 4 установлены крутопадающие жильные тела массивных хромитов мощностью от 0,2 до 3,0 м, протяженностью 55 и 70 м, соответственно, и глубиной распространения до 60 м. На востоке дунитов на рудопроявлениях 2 и 5 — аналогичные жильные тела длиной 3 и 40 м и мощностью от 0,2 до 1,5 м. На всех рудопроявлениях руды массивные с содержанием Cr_2O_3 от 39 до 55 %. Вокруг рудопроявлений 3, 4, 2 развиты элювиально-делювиальные валунчатые россыпи, в которых содержание обломочных фракций хромитов достигает 250 кг/м^3. Суммарные ресурсы 4-х россыпей оценены в 8,5 тыс. т со средним содержанием обломочных фракций 166 кг/м^3, содержанием Cr_2O_3 в них 45 % и средней мощностью вскрышных пород 6,5 м [172].

Мартыново-Шалапский (Белининский) массив

Мартыново-Шалапский массив расположен на водоразделе рек Чумыш и Шалап и административно относится к Целинному и Тогульскому районам Алтайского края. Он приурочен к южной части Салаирского пояса гипербазитов и залегает в зоне сочленения Котуйско-Поповичского и Бийско-Ямнинского глубинных разломов.

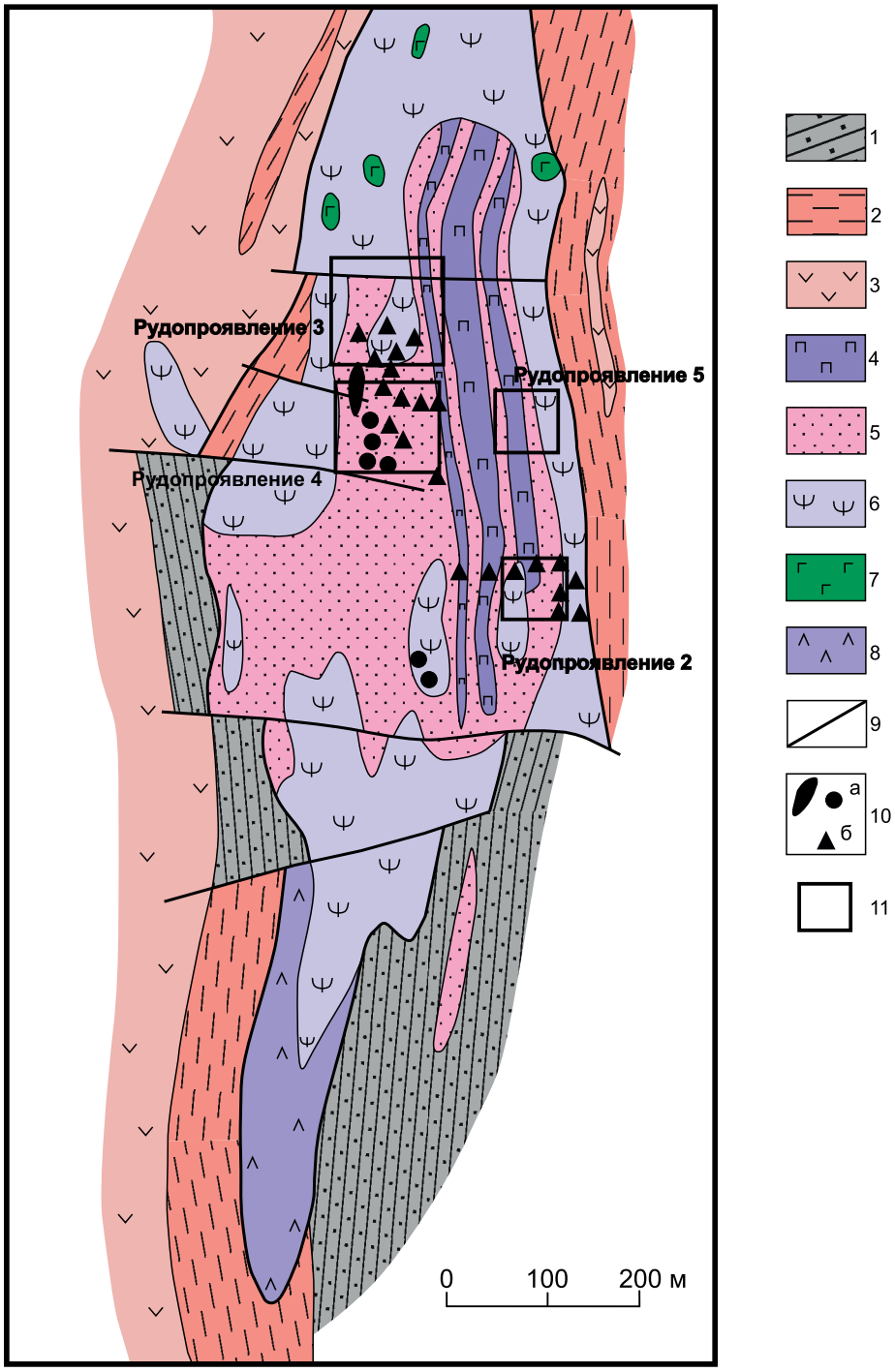


Рис. 39. Схематическая геологическая карта южной части Успенского массива (по Казакову П.Е., 1972 г.):

1 — нижнекарбоновые алевролитовые сланцы, кварц-полевошпатовые песчаники. Венд-нижнекембрийская аламбайская свита: **2** — глинисто-серицитовые и актинолитовые сланцы, амфиболиты, туфогенные песчаники; **3** — эпидотизированные плагиоклазовые порфириты. Нижнекембрийский офиолитовый комплекс Успенского массива: **4** — серпентиниты апогарцбургитовые; **5** — дуниты серпентинизированные; **6** — серпентиниты хризотил-антигоритовые; **7** — амфиболовое и соссюритизированное габбро; **8** — тальк-магнезитовые лиственити; **9** — тектонические нарушения; **10** — проявления хромовых руд: а — коренные выходы, б — элювиально-делювиальные обломочно-глыбовые шлейфы хромовых руд; **11** — участки рудопроявлений 2, 3, 4, 5 (первое небольшое, в виде элювиальных обломочных руд, расположено на севере массива)

Мартыново-Шалапский массив специально на хромитовую минерализацию не изучался, все сведения о его хромитоносности получены попутно при изучении древней коры выветривания с никель-кобальтовыми проявлениями. При разведке месторождений было пройдено 221 162 пог. м скважин колонкового бурения общим количеством 2186. Густота сети составляла 80×20 м и 160×40 м. Все скважины проходили кору выветривания и углублялись в серпентиниты на 50–70 м [43]. Из геофизических работ наиболее значительными были гравитационная съемка м-ба 1:10 000 и аэромагнитная съмка м-ба 1:25 000, по данным которых были установлены границы массива [159].

Вмещающими для массива породами являются отложения венд-нижнекембрийской аламбайской свиты, представленные в основном глинисто-серицитовыми, серицит-хлоритовыми сланцами и порфиритами с подчиненным количеством мраморизованных известняков и кремнисто-серицитовых пород. Повсеместно массив перекрыт четвертичными отложениями мощностью от 10–15 до 50–70 м. Под ними практически по всей площади развита кора выветривания по ультраосновным породам, представленная нонтронитовыми и каолиновыми глинами с горизонтами Fe-Co и Fe-Co-Ni руд. Кора выветривания на глубину сменяется выщелоченными и дезинтегрированными серпентинитами с пластами аморфного магнезита.

Мартыново-Шалапский массив разделяется пережимом на две части — северную Белининскую и южную Шалапскую и имеет довольно сложную конфигурацию *(рис. 40)*. Общая протяженность массива составляет примерно 23 км, ширина меняется от 0,3 до 5 км. Это самый крупный массив на Салаире, его площадь, включая тела габброидов, составляет около 50 км^2.

Широким распространение в пределах массива пользуются габброиды, которые в южной, Шалапской, части слагают небольшие тела внутри поля гипербазитов, а в северной Белининской — преобладают в количественном отношении над гипербазитами, образуя крупные четко оконтуренные тела. С помощью бурения установлено, что дуниты и их серпентинизированные разности слагают центральные, глубинные части массива, а периферические сложены гарцбургитами и апогарцбургитовыми серпентинитами.

Мощность дунитов, вскрытых редкими глубокими скважинами, достигает более 600 м. Дуниты вмещают все выявленные проявления хромитов. При разведке Fe-Ni-Co месторождений из более чем 2000 пройденных скважин в 32 из них была отмечена вкрапленность хромшпинелида в количестве 10–25 %, в 132 скважинах — в количестве 3–5 %. Длина зон вкрапленных руд достигала 35 м. Лишь одной скважиной 742 была вскрыта зона мощностью 12 м с вкрапленностью хромита в 30–50 %. Интервалы повышенной вкрапленности хромита в скв. 470 отмечаются до глубины 290 м.

Объём дунитов, характер хромовой минерализации, высокохромистый состав рудного хромшпинелида, положение дунитов между габбро и гарцбургитами — всё это указывает на тип краевых хромитоносных дунитов с характерным убогим и бедным хромовым оруденением.

Низкие содержания Cr_2O_3, их неравномерное распределение, глубокое залегание, позволяют рассматривать проявления этих хромитов как непромышленные.

Хромитоносные массивы Кузнецкого Алатау

Прерывистая цепь гипербазитовых массивов Кузнецкого Алатау прослеживается на 450 км от верховьев р. Мужны на юге до северных отрогов Кузнецкого Алатау.

Гипербазитовый пояс состоит из двух ветвей: западная ветвь пространственно совмещается с зоной регионального глубинного разлома, разграничивающего складчатые

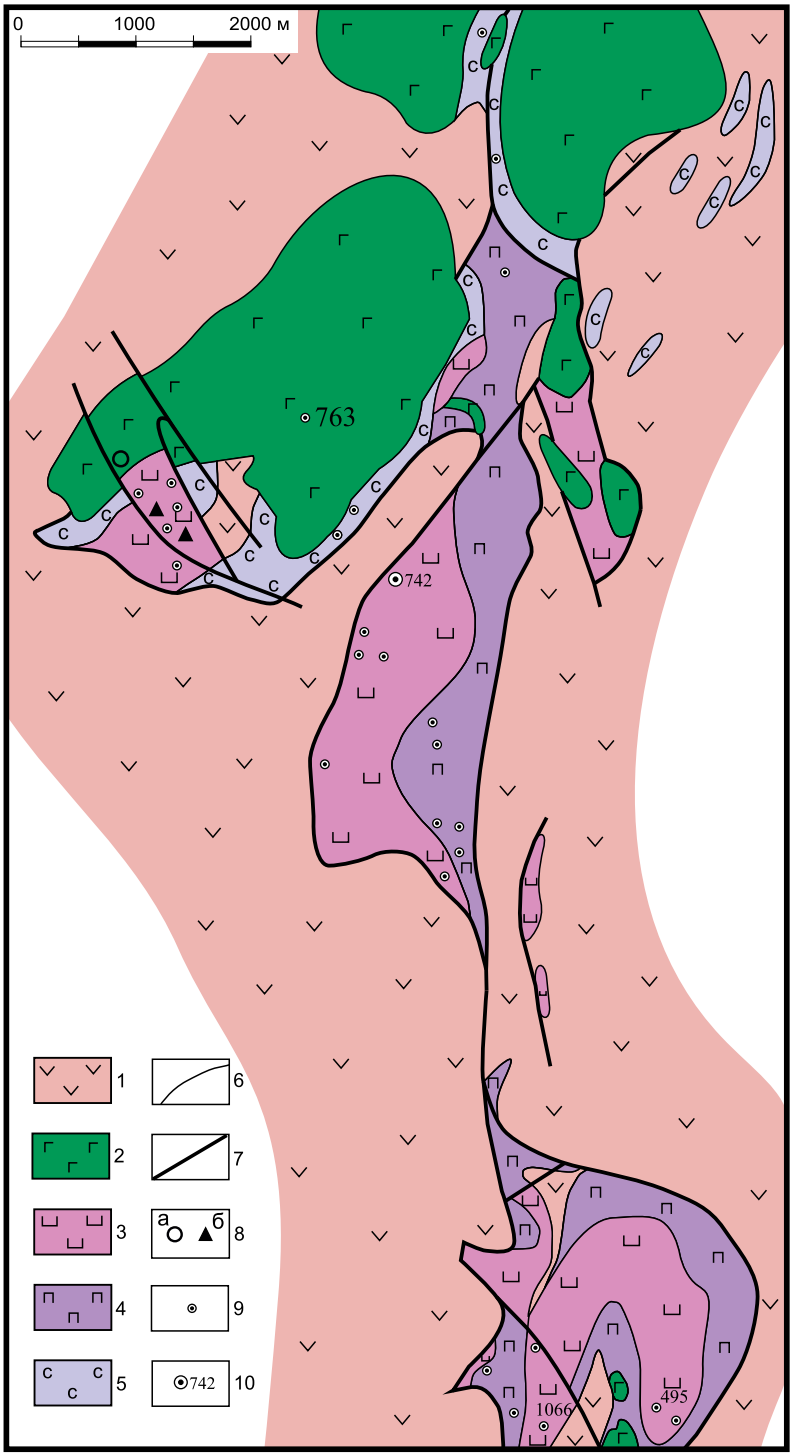


Рис. 40. Схематическая геологическая карта центральной части Мартыново-Шалапского массива (по материалам Казакова Е.П., 1972 г.):

1 — венд-нижнекембрийская аламбайская свита: плагиоклазовые и пироксеновые порфириты, глинисто-серицитовые и филлитовидные сланцы. Нижнекембрийский офиолитовый комплекс: **2** — габбро; габбропироксениты, габброамфиболиты; **3** — аподунитовые серпентиниты; **4** — апогарцбургитовые серпентиниты; **5** — серпентиниты нерасчлененные по первичному составу; **6** — геологические границы; **7** — тектонические нарушения; **8** — проявления хромита: а) коренные, б) делювиальные россыпи; **9** — скважины с номерами, вскрывшие повышенную вкрапленность (10–30 %) хромшпинелида в дунитах; **10** — скважина № 742, вскрывшая средне-густовкрапленные руды

структуры Кузнецкого Алатау и Кузнецкого прогиба, вторая, восточная ветвь, совпадает с глубинным разломом, оконтуривающим с востока докембрийский горстовый выступ осевой зоны Кузнецкого Алатау. В составе обеих ветвей пояса насчитывается до 130 гипербазитовых массивов и мелких линз ультраосновных пород, общая площадь выходов которых составляет около 200 км^2. Подавляющее большинство гипербазитовых массивов сконцентрировано в восточной ветви пояса.

В северной его части локализованы около 40 мелких гипербазитовых массивов и линз, сложенных в основном серпентинитами, а также апосерпентинитовыми тальк-карбонатными и кварцево-карбонатными породами. Большая часть этих массивов залегает среди вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия. Далее к югу, в районе верхнего течения рек Кия, Нижняя и Средняя Терсь, обнажаются наиболее крупные хромитоносные гипербазитовые массивы Кузнецкого Алатау — горы Бархатной и массива Среднетерсинский (гора Чемодан, Становой Хребет).

Массив горы Бархатной

Массив г. Бархатной располагается в центральной части Кузнецко-Алатауского гипербазитового пояса, на водоразделе рек Кия, Большой Растай и Нижняя Терсь. Административно он находится в Кемеровской области в пределах Государственного заповедника «Кузнецкий Алатау». Массив имеет форму линзы, вытянутой в меридиональном направлении на 28 км при ширине от 2–3 км в центральной части, до 0,5–0,7 км — в концевых частях. Площадь массива составляет около 34 км^2.

Первые признаки хромитоносности на массиве были обнаружены А.Л. Додиным в 1955 г. при проведении геологической съемки масштаба 1:200 000 и А.М. Прусевичем во время поисковых работ на нефелиновые руды, в результате которых были выявлены три проявления хромитов в коренном залегании и несколько — в алювиально-делювиальных отложениях. В 1960 году были начаты поисковые работы на хромиты, которые продолжались до 1966 г. Работы проводились с применением легких горных выработок и магнитометрических работ на небольших площадях.

Массив г. Бархатной залегает на границе вмещающих толщ разного состава. На востоке он имеет крутой тектонический контакт с карбонатными породами эффузивно осадочной толщи, условно относимой к кембрию-протерозою. Вдоль западного контакта прослеживаются, пятнистые неравномерно-зернистые щелочные габброиды и габбродиабазы.

Массив характеризуется интенсивной брекчированностью и рассланцованностью, особенно в приконтактовых частях. Согласно геофизическим данным он разбит нарушениями северо-западного направления на смещенные относительно друг друга блоки [9].

Массив сложен дунитами, гарцбургитами и их серпентинизированными разностями. Дуниты слагают значительные площади в южной части массива, в средней части они, переслаиваясь с гарцбургитами, образуют дунит-гарцбургитовый полосчатый комплекс (*рис. 41*). Северо-западная ориентировка полосчатости совпадает с направлением тектонических нарушений, разбивающих массив. В северной части массива преобладают гарцбургиты, залегающие среди серпентинитов в виде линз.

Все выявленные проявления хромитов расположены в центральной и южной частях массива в пределах дунитовых и дунит-гарцбургитовых площадей. Рудопроявление 1 находится в центральной части массива на водоразделе рек Кия и Большой Растай среди аподунитовых серпентинитов, представлено рудной зоной длиной 20 м и шириной 0,3–1,4 м, сложенной остроугольными тектонически сопряженными мелкими блоками густовкрапленных крупнозернистых хромитов с содержанием Cr_2O_3 33–52 %,

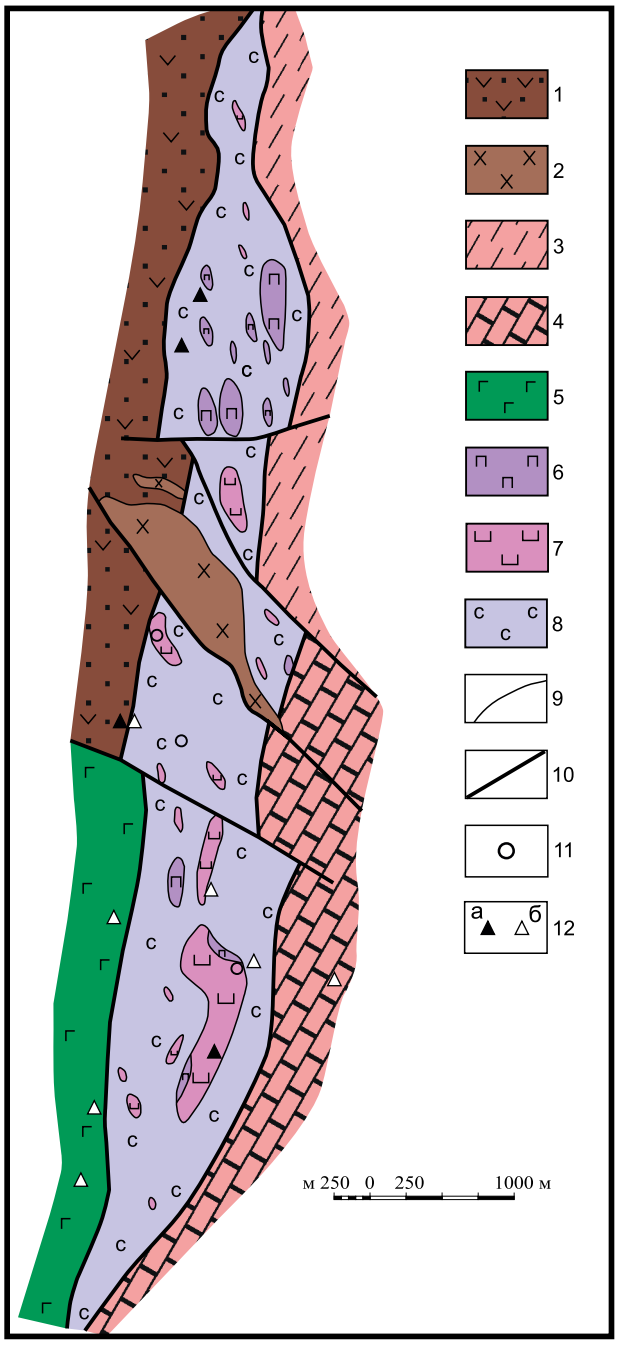


Рис. 41. Схематическая геологическая карта массива горы Бархатной (по материалам Фалейчика А.В., 1973 г., Банникова С.Л., 1985 г.):

1 — девонские вулканогенные отложения основного состава, конгломераты, песчаники; **2** — средне-верхнедевонские щелочные габброиды. Верхний протерозой-нижнекембрийская система: **3** — метаморфизованные глинисто-песчаные и вулканогенные породы основного состава; **4** — известняки, мраморы с прослоями песчаников и алевролитов. Нижнекембрийский офиолитовый комплекс: **5** — диабазы; габбро-диабазы; **6** — гарцбургиты серпентинизированные; **7** — дуниты и гарцбургиты серпентинизированные нерасчлененные; **8** — серпентиниты апоперидотитовые; **9** — геологические границы; **10** — тектонические разломы; **11** — проявления хромовых руд в коренном залегании, **12** — обломки хромовых руд: а) в делювии, б) в аллювии

с бедными «маковыми» рудами с содержанием Cr_2O_3 10–12 % и безрудными блоками серпентинитов. Контакты рудной зоны с вмещающими породами резкие. Рудопроявление 3 находится в 1,8 км к юго-востоку от рудопроявления 1 и представлено зоной 7×1,5 м, сложенной полосчатыми редко- и густовкрапленными рудами. Ширина полос бедных руд — 15–20 см, богатых — 5–7 см. Вмещающие породы представлены аподунитовыми серпентинитами. Северо-восточным продолжением зоны являются серпентиниты с убогой вкрапленностью хромита, на юго-запад зона не прослежена из-за наличия мощного крупноглыбового курумника. По данным химического анализа штуфных проб,содержание Cr_2O_3 в бедных и богатых рудах составляет 16,78 и 48,3 % соответственно.

Еще в нескольких местах массива были обнаружены элювиально-делювиальные обломки хромитовых руд. Так, в верховьях ручьев Недоступный, Бархатный и Козлиный отмечены единичные обломки весом до 3 кг густовкрапленных и сплошных руд, содержащих до 90 % хромшпинелида. В верховье руч. Бархатного был встречен делювиальный обломок 15×9×5 см сплошной хромовой руды, содержащей 54,8 % Cr_2O_3. В 800 м от вершины г. Бархатной в делювии имеются многочисленные обломки богатых вкрапленных руд с содержанием Cr_2O_3 до 50 %.

Среднетерсинский массив

Среднетерсинский массив находится в центральной части Кузнецкого Алатау в бассейнах рек Кия, Красная Речка и Ивановка, административно расположен в Кемеровской области в пределах государственного заповедника «Кузнецкий Алатау». Он является самым крупным массивом региона. Его площадь более 50 км^2. Хромитоносность массива изучалась и оценивалась

многими исследователями при проведении различного вида геофизических и геологических работ [141, 114, 91, 78, 96].

В плане он имеет серповидную форму, обращенную выпуклой стороной на юг-юго-запад. Общая длина дуги массива составляет 35 км, ширина перидотитовой полосы массива колеблется от 1,0 до 2,5 км. Северная часть массива охватывается горой Чемодан, центральная и южная — крупным хребтом Становой, восточная — низким хребтом Ивановский. Залегает массив среди рифей-вендских метаморфических образований, представленных графитистыми сланцами с прослоями известняков и кварцитов *(рис. 42)*.

Контакты массива носят ярко выраженный тектонический характер, сопровождаются мощными зонами смятия, рассланцевания, милонитизации как вмещающих вулканогенно-осадочных толщ, так и самих гипербазитов. По данным геофизических исследований, юго-западный контакт падает под массив на северо-восток сначала круто, затем выполаживается.

В офиолитовом разрезе массива снизу вверх выделяются в различной степени метаморфизованные гарцбургиты, наиболее широко развитые в восточной части массива, краевые дуниты полосчатого комплекса, в основании превращенные в оливин антигоритовые породы, выше — рассланцованные породы ДВКГ комплекса, а также габбро, превращенное в уралит-цоизитовые породы, переходящее выше в брекчированное габбро. Весь комплекс габброидов прорван дайками и мелкими телами плагиогранитов, пироксенитов, роговообманкового габбро. Структура массива усложнена, особенно в западной части, образованием сопрягающихся по разломам крупных линзовидных блоков.

Многочисленные проявления хромовых руд распространены на всей площади развития краевых дунитов в долинах ручьев, пересекающих дуниты в виде аллювиальных обломков обычно густовкрапленных руд, или в коренных обнажениях бортов этих ручьев в виде маломощных зонок убого-редковкрапленных хромитов, изредка со шлирами густовкрапленных. Поверхностные поиски и небольшой объем горно-буровых работ значительных скоплений хромовых руд в массиве не установили.

Хромитоносные массивы Западного Саяна

Ультрабазитовые массивы Западного Саяна обнаруживают четкую приуроченность к глубинным разломам и размещаются среди вулканогенно-осадочных образований чингинской свиты нижнего кембрия, имея с ними тектонические контакты. Все они ориентированы согласно общему направлению структур вмещающих пород, имеющих субширотное или северо-восточное простирание.

Западно-Саянские гипербазитовые массивы слагают три пояса, приуроченные к одноименным глубинным разломам — Северо-Саянскому (Изыхскому), Борусскому и Куртушибинскому.

Хромитоносные массивы Северо-Саянского пояса

Северо-Саянский пояс прослеживается на расстоянии 290 км от верховьев р. Большой Арбат на юго-западе до верхнего течения р. Амыл на северо-востоке и насчитывает до 40 гипербазитовых массивов и значительное число мелких серпентинитовых линз.

На юго-западном фланге пояса, в бассейнах рек Большой и Малый Арбат, обнажается наиболее крупный Изыхский массив, сложенный серпентинизированными перидотитами (гарцбургитами, лерцолитами, верлитами) и габбро. Мелкие массивы этой части пояса сложены аповерлитовыми и аповебстритовыми серпентинитами.

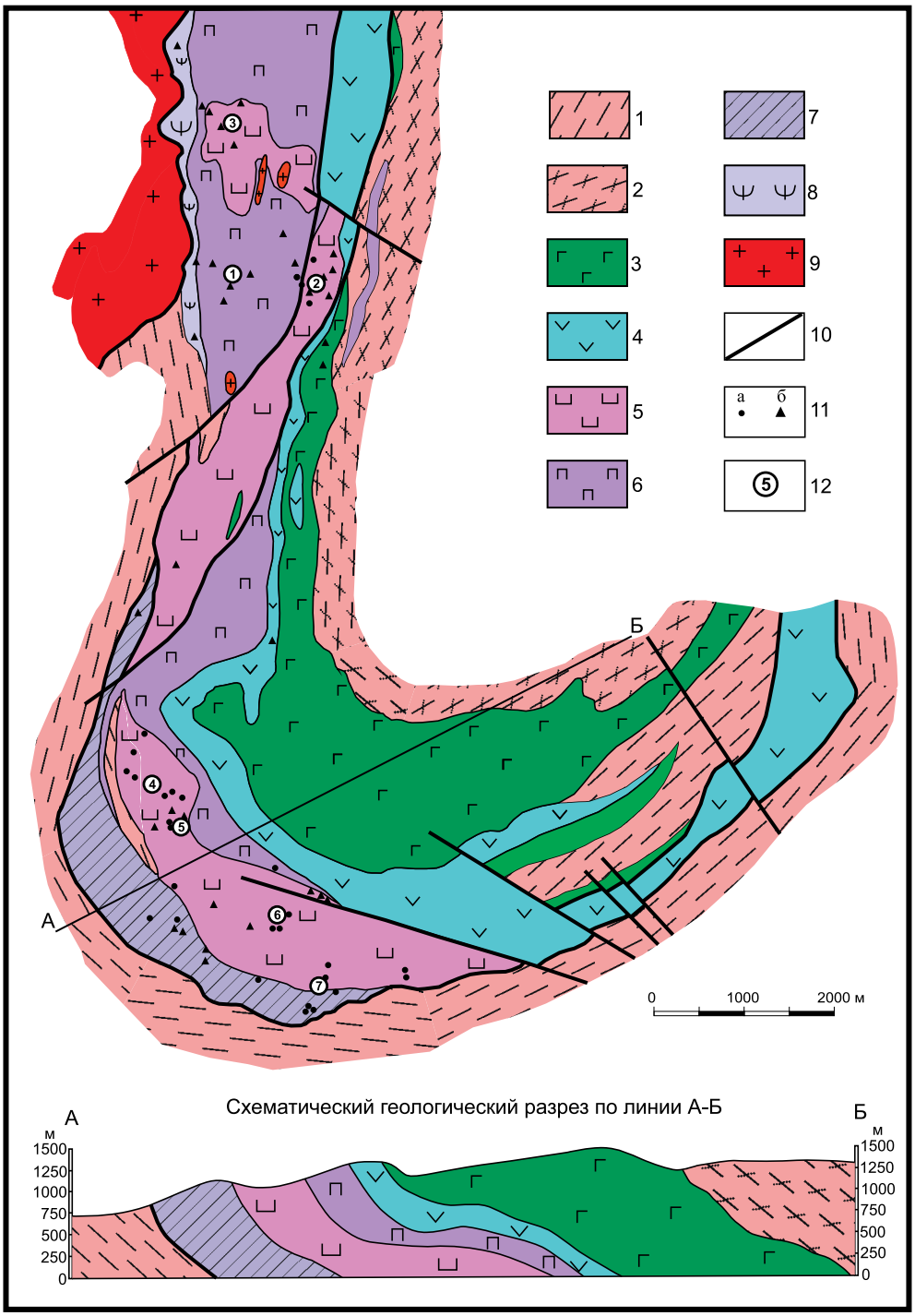


Рис. 42. Схематическая геологическая карта Среднетерсинского массива (по материалам Коноваловой О.Г., 1967 г., Казакова П.Е., 1971 г., Бабина Г.А. и др., 2007 г.):

Нижнекембрийская среднетерсинская серия: **1** — метабазальты, порфиритоиды, туфопесчаники, углеродисто-кремнистые сланцы, мраморы, известняки. Нижнекембрийский московский комплекс: **2** — диабазовые порфириты, серии параллельных даек, хлорит-актинолитовые сланцы по эффузивам основного состава; **3** — габбро уралитизированное; **4** — нерасчлененный комплекс дунитов, верлитов, клинопироксенитов; **5** — дуниты серпентинизированные; **6** — апогарцбургитовые серпентиниты; **7** — оливин-антигоритовые серпентиниты; **8** — серпентиниты апоперидотитовые; **9** — позднекембрийские гранитоиды; **10** — тектонические нарушения; **11** — проявления хромитов: а) в коренном залегании; б) в делювии и аллювии; **12** — участки сгущения проявлений хромовых руд и их номера: 1 — Кедровый; 2 — руч. Хромитовый; 3 — руч. Прожилковый; 4 — руч. Маралий; 5 — Водораздельный; 6 — руч. Становой; 7 — руч. Пихтовый

Хромитоносность массивов весьма незначительна — это небольшие по размеру и распространенности гнезда и линзы, сложенные серпентином с хромшпинелидом и магнетитом. Изредка встречаются единичные обломки прожилково-вкрапленных руд с содержанием Cr_2O_3 от 8 до 30 %.

Далее к северо-востоку на правобережье р. Енисей в бассейнах рек Шуши и Оя обнажается группа гипербазитовых массивов (Шушенский, Большереченский, Шадатский) с немногочисленными проявлениями хромовых руд.

Шушенский массив

Массив расположен в среднем течении реки Бол. Шуша и приурочен к Северо-Саянскому разлому. Простирается на 6 км при ширине от 600 до 1000 м. В его строении преобладают аподунитовые серпентиниты, гарцбургиты установлены лишь в левобережной части массива, где они образуют полосу северо-восточного простирания протяженностью до 600 м. В эндоконтактах породы интенсивно рассланцованы, раздроблены и превращены в тальковые и тальк-карбонатные породы. В пределах массива установлены две невыдержанные по простиранию рудные зоны, приуроченные к зоне трещиноватости в аподунитовых серпентинитах. В пределах этих зон отмечаются небольшие по величине гнездо-линзообразные скопления вкрапленных, реже массивных хромитов с содержанием Cr_2O_3 от 18 до 35 %. Рудный хромшпинелид относится к ферриалюмохромиту [161].

Шадатский массив

Массив расположен в среднем течении рек Большая Березовая и Шадат. Структурно входит в состав Северо-Саянского офиолитового пояса. Массив имеет линзовидную форму, вытянут в субширотном направлении согласно структурам вмещающих пород, которые представлены кварц-серицитовыми, кварц-биотит-хлоритовыми и кремнистыми сланцами венда-нижнего кембрия. Контакты массива с вмещающими породами тектонические с падением на юго-восток под углами 65–70°. Протяженность массива около 6 км при ширине 1 км. Долинами р. Шадат и ее правого притока массив разбит на три части, которые предыдущими исследователями рассматривались как самостоятельные массивы [163]. Однако, по характеру магнитного поля он представляет собой линзообразное тело с размерами 10×1 км, вытянутое вдоль правого борта р. Шадат [160]. Площадь Шадатского массива на 80 % перекрыта рыхлыми образованиями различного генезиса мощностью от 3 до 20 м.

Массив является одним из самых изученных в пределах Западного Саяна, где помимо геологических съемок 1:200 000 и 1:50 000 масштаба, были проведены специализированные поисковые и геофизические работы, а также тематические исследования [163, 64]. Массив сложен интенсивно серпентинизированными гарцбургитами и дунитами, маломощными телами габбро-диабазов и пироксенитов. Гарцбургиты и их серпентинитовые аналоги слагают основную часть массива. Дуниты представлены двумя линзовидными телами размером 0,8–1,2 × 0,2 км, залегающими среди гарцбургитов в восточной половине массива, к ним и приурочены проявления хромитов.

Перидотиты массива интенсивно изменены, разбиты серией тектонических нарушений и почти повсеместно превращены в апогарцбургитовые и аподунитовые серпентиниты. В краевых частях массива и вдоль тектонических зон серпентиниты интенсивно рассланцованы, катаклазированы, часто карбонатизированы и оталькованы.

Пироксениты представлены небольшими редкими жилами диопсидитов и телом авгитита размером 100×300 м в северо-восточной части массива.

Габбро-диабазы развиты в северо-восточном блоке массива в виде единичных даек субмеридионального простирания мощностью 20–25 м и менее.

В результате проведенных в 1960–62 гг. поисковых работ был выявлен ряд хромитовых тел мощностью от 0,4 до 7,0 м и протяженностью первые десятки метров. Каждое из этих тел рассматривалось в то время как отдельное рудопроявление.

Рудопроявление 1-е расположено в северо-восточной части Шадатского массива. Представлено пятью телами хромитов, залегающими в аподунитовых серпентинитах, в полосе шириной 40–50 м северо-восточного простирания. С поверхности рудные тела вскрыты канавами и двумя скважинами на глубину до 111 м. Оруденение представлено убого- и средневкрапленными полосчатыми рудами. Мощность рудных тел колеблется от 0,4 до 1,0 м, протяженность тел — 10–30 м. Содержание Cr_2O_3 составляет: в канавах 14,03–24,37 %; в скв. С-2 в интервале 36,35–37,35 м — 39,77 %.

Рудопроявление 2-е расположено в 1350 м на ЮЗ от проявления 1-го. В полосе шириной 20–30 м вскрыты 4 хромитовых тела мощностью от 0,5 до 1,7 м. Протяженность тел колеблется от 10 до 20 м. Простирание северо-восточное. Руды густовкрапленные с содержанием Cr_2O_3 от 42,33 до 47,57 %. На глубину оруденение не изучалось.

Рудопроявление 3-е представлено одним рудным телом, вскрытым двумя канавами, расчисткой и прослеженным на глубину до 17,4 м глубоким шурфом. Тело, залегающее в аподунитовых серпентинитах, представляет собой тектонический блок размером 11×18 м. Блок ограничен крутопадающими (40–80°) нарушениями и разбит, в свою очередь, на два более мелких тела размерами 7×17 м и 3×6 м. Первичная форма тела, предположительно, была линзообразной, мощность его составляла, как минимум, 7 м. Руда состоит из: хромшпинелида 68–72 %, магнетита 2–6 %, нерудных минералов 20–22 %. Текстура руд массивная, густовкрапленная (до сливной), гороховая и нодулярная. По составу и текстурным особенностям руды, вскрытые на глубине и на дневной поверхности, тождественны. Содержание Cr_2O_3 колеблется от 27,57 до 46,61 %, средневзвешенное — 36,61 %.

Состав рудных хромшпинелидов из рудопроявления 1 на тройной диаграмме занимает области субферрихромита и алюмохромита. Первый слагает средне-густовкрапленные руды с содержанием (масс. %): Al_2O_3 6,5; Cr_2O_3 61–62; FeO' 19–20; MgO 10,5 %, алюмохромит — сплошные массивные руды с содержанием: Al_2O_3 13–14 %; Cr_2O_3 54–56 %; FeO' 13–14 %; MgO 14 %.

Хромитоносные массивы Борусского пояса

От Северо-Саянского пояса в юго-западном направлении ответвляется Борусский пояс, который протягивается с юго-запада на северо-восток на расстояние 130–140 км от истоков р. Чехана до устья р.Большой (левый приток р. Ои). Пояс состоит из ряда крупных массивов — Кантегирского, Борусского, Березовского и Калдарского, а также целой серии мелких гипербазитовых тел. Размеры массивов колеблются от первых сотен метров до первых десятков километров, при ширине от первых десятков метров до 6 км.

Борусский массив

Наиболее крупный, площадью 150 км^2 массив протягивается в северо-восточном направлении на 60 км при ширине от 0,4 до 5 км. Он сложен преимущественно серпентинизированными гарцбургитами, реже лерцолитами, и лишь в северо-восточной части закартированы два дунитовых тела, перемежающихся с жилообразными телами энстатититов. Специализированные работы по поискам хромитов на массиве не проводились. В результате проведения геологической съемки, тематических работ,

геофизических исследований и поисковых работ на другие полезные ископаемые были обнаружены три хромитовых рудопроявления. Одно коренное в юго-западной части массива сложено средневкрапленными рудами с содержанием Cr_2O_3 до 30 %, и два проявления массивных руд в элювиальных свалах с содержанием Cr_2O_3 до 55 % среди полосчатых дунит-энстатититов северо-восточной части массива.

Березовский массив

Массив, протяженностью 23 км при ширине от 0,3 до 3 км, расположен в междуречье рек Мал. и Бол. Березовой, ориентирован в северо-восточном направлении, сложен апогарцбургитовыми и аподунитовыми серпентинитами с подчиненным количеством пироксенитов. В эндоконтактах развиты тальковые и тальк-карбонатные породы. Хромовое оруденение представлено двумя небольшими рудными зонками в центральной и юго-западной части массива в виде струйчатых и шлировых обособлений хромита, представляющих только минералогический интерес.

Большереченский массив

Массив расположен в междуречье рек Ои и Большая при их слиянии и приурочен к стыку Северо-Саянского и Борусского глубинных разломов. Он имеет вытянутую линзовидную форму и ориентирован согласно простиранию основных структур района. Массив сложен апоперидотитовыми серпентинитами с подчиненным количеством тел аподунитовых серпентинитов неправильной формы. Габброиды образуют два небольших тела в центральной части массива. На массиве известно одно коренное рудопроявление хромитов, приуроченное к аподунитовым серпентинитам в центральной части массива. Линзовидное рудное тело протяженностью 15 м и мощностью 2 м имеет тектонические контакты с вмещающими дунитами и разбито на отдельные блоки, смещенные в горизонтальном и вертикальном направлениях. Руды представлены густовкрапленными-сплошными разностями с содержанием Cr_2O_3 от 45 до 50 % [161].

Хромитоносные массивы Куртушубинского пояса

В бассейне верхнего течения р. Амыл к Северо-Саянскому поясу примыкает Куртушубинский пояс, ориентированный в северо-восточном направлении. По насыщенности гипербазитами и по протяженности он не уступает Северо-Саянскому и Борусскому поясам. Здесь насчитывается около 40 ультраосновных массивов, образующих полосу длиной в 250 км. На крайнем северо-востоке в бассейне верхнего течения р. Амыл обнажаются такие крупные массивы как Эргакский, Калнинский и Кызыр-Бурлюкский. Далее в юго-западном направлении вдоль оси Куртушубинского хребта расположен значительный по величине Куртушибинский массив, сопровождаемый рядом мелких тел ультраосновных пород. В верхнем течении речек Теплой, Золотой и Ургуни обнажаются несколько небольших ультраосновных массивов. Отсюда единичные гипербазитовые массивы протягиваются на левобережье р. Енисей, где вместе с вмещающими вулканогенными отложениями нижнего кембрия скрываются под перекрывающими их терригенными толщами ордовика.

Куртушубинский массив

Массив вытянут в северо-восточном направлении на 60 км при ширине от 1 до 10 км, его площадь составляет 180 км^2. Породы, слагающие массив, представлены аполерцолитовыми и апогарцбургитовыми серпентинитами хризотилового и антигоритового состава. Во внутренних частях массива наблюдаются небольшие участки

серпентинизированных дунитов, в окраинных частях — пироксенитов. Северный блок массива (междуречье рек Ореша и Каярд) сложен, главным образом, слабо серпентинизированными дунитами с подчиненными оливиновыми гарцбургитами, лерцолитами и верлитами. В центре блока широко развита полосчатость, обусловленная чередованием дунитов и гарцбургитов (полосчатый дунит-гарцбургитовый комплекс). На отдельных участках, сложенных дунитами или апогарцбургитовыми серпентинитами, хромшпинелиды образуют гнездо-линзовидные скопления размером в первые см. В плане такие скопления достигают нескольких квадратных метров, содержание Cr_2O_3 в них не превышает 15 %. Такого же рода «рудопроявления» известны в зоне развития полосчатого дунит-гарцбургитового комплекса в северном блоке массива в междуречье р.р. Ореша и Каярд.

Калнинский массив

Калнинский массив является наиболее изученным в Западном Саяне, располагается в Верхнеамыльском районе, в междуречье нижнего течения рек Кална и Бесь, левых притоков р. Амыл. Административно расположен в Каратузском районе Красноярского края. Массив имеет в плане форму овала размером 8,0×6,0 км, его площадь 35 км^2.

В 1959–1966 годах по результатам ГГС-200 были проведены геологосъемочные работы масштаба 1:50 000 [90] и впервые был выделен Куртушубинский комплекс, к которому отнесены, в частности, Эргакский, Калнинский и Кызыр-Бурлюкский гипербазитовые массивы. В ходе этих работ были выявлены 10 проявлений хромовых руд на Эргакском и Калнинском массивах. В 1969–1973 годах Г.В. Филипповым [160] были систематизированы материалы по хромитовому оруденению юга Красноярского края, составлена прогнозная карта масштаба 1:200 000 на хромиты. Наиболее перспективным был признан Амыльский район с общими ресурсами по категории P_3 более 20 млн т.

В 1993–1994 годах была принята «Программа поисковых работ на хромиты в южных районах Красноярского края» [161], в которой Амыльский хромитоносный район выдвинут в качестве первоочередного объекта для поисковых работ. Работы были досрочно прекращены в связи с недостатком финансирования.

В 2000–2003 годах в Верхнеамыльском хромитоносном районе ОАО «Минусинская ГРЭ» были проведены поисковые работы, целью которых было выделение участков, перспективных на хромитовое оруденение, и оценка прогнозных ресурсов по категориям P_1 и P_2. По результатам проведенных работ авторы оценили ресурсы хромовых руд по категориии P_2+P_3, для Эргакского массива в 7 млн т, для Калнинского — в 6,6 млн т.

В 2008–2011 гг. года ГПКК «КНИИГиМС» в Верхнеамыльском районе проводил ревизионно-поисковые работы в рамках Госконтракта. «Ревизионно-поисковые работы по оценке хромитоносности ультраосновных массивов Сибири, Дальнего Востока, Южного и Среднего Урала» [147]. По результатам работ Протоколом ВИМСа № 23 от 22.06.2012 г. по первой рудоносной зоне Калнинского массива были апробированы прогнозные ресурсы хромовых руд в количестве по категории P_1 0,103 млн т до глубины 100 м (Cr_2O_3 27,03 %), по категориям P_2 2,07 млн т до глубины 300 м (Cr_2O_3 19 %).

Положение Калнинского массива контролируется зоной Куртушибинского разлома. Контакты массива тектонические. В эндоконтактовой северо-восточной части массива закартирована зона тектонического меланжа шириной 130–250 м и протяженностью 7 км. В других фрагментах контакта зона меланжа имеет либо незначительную мощность, либо перекрыта делювиальными отложениями. Массив сложен перидотитами

актовракского комплекса верхнего рифея, имеет резко асимметричное строение. Дуниты, с единичными маломощными горизонтами-линзами гарцбургитов, слагают северо-восточную часть массива площадью около 15 км^2. Гарцбургиты, с маломощными прослоями дунитов, распространены в юго-западной части. Границы дунитов и гарцбургитов имеют резкий прямолинейный характер. Простирание пород массива северо-западное 320°, падение на юго-запад 70°. В северной части массива отмечаются дайкообразные тела диопсидитов, в западной — широко развиты дайки тонко-мелкозернистых габбро, размещение которых отчетливо контролируется тектоническими разломами северо-восточного и субширотного заложения *(рис. 43)*.

Примечательной особенностью строения массива является огромная мощность дунитов северо-восточной части, достигающая 3 км. Громадный объём дунитов и

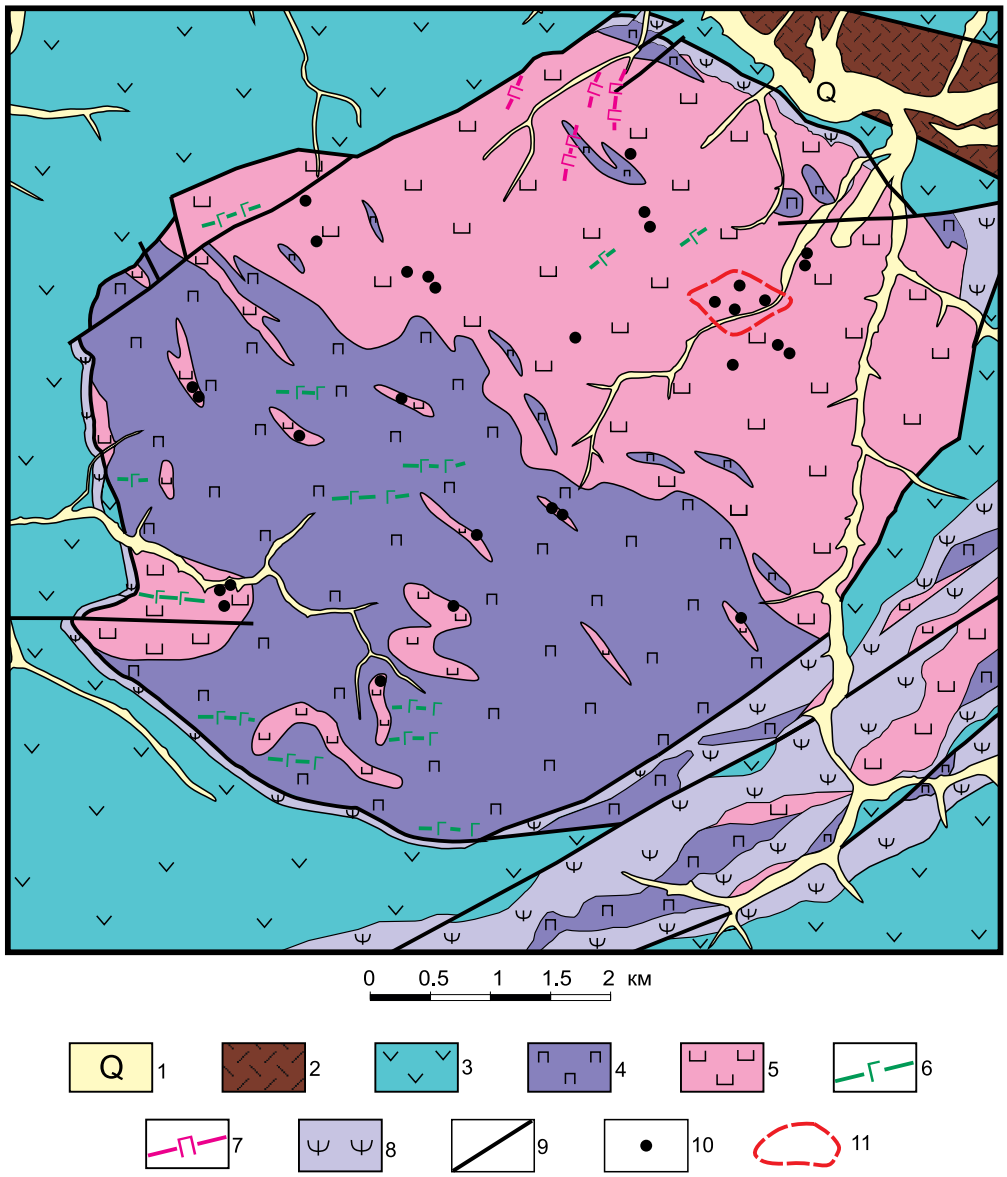


Рис. 43. Схематическая геологическая карта Калнинского массива (по материалам Сержантова Н.Ф., 2011 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — девонские андезиты и их туфы. Позднерифейский-раннекембрийский офиолитовый комплекс: **3** — глинисто-кремнистые сланцы, метабазальты и их туфы; **4** — гарцбургиты серпентинизированные; **5** — дуниты серпентинизированные; **6** — дайки габбро; **7** — дайки пироксенитов; **8** — серпентиниты апоперидотитовые; **9** — тектонические нарушения; **10** — рудопроявления хромовых руд; **11** — участок сгущения проявлений линзовидно-пластовых руд

характер проявленного в них убоговкрапленного оруденения в виде маломощных протяжённых и коротких эшелонированных линз-полос, высокохромистый состав рудного хромшпинелида позволяют достаточно уверенно предполагать, что они относятся к типу краевых дунитов ДВКГ комплекса.

Хромовое оруденение, представленное полосчатыми и линзовидно-полосчатыми убого-редковкрапленными хромовыми рудами, перемежающимися с безрудными дунитами, развито на нескольких участках массива. Наиболее значительное установлено на участке северо-восточного поля дунитов, в верховьях руч. Валунного, где на площади 500×400 м выявлена зона развития «рудных тел» мощностью 0,5–0,9 м, изредка до 2–3 м, с содержанием Cr_2O_3 от 10–18 до 32 %. Расстояние между телами — от первых метров до десятков метов. Рудные тела залегают согласно с вмещающими дунитами. Еще более бедное оруденение проявлено в отдельных небольших телах дунитов, расположенных среди гарцбургитов юго-западной половины массива. В делювии этих проявлений встречаются штуфы с содержанием Cr_2O_3 30–45 %, формирующиеся за счет шлиров богатых руд.

Шпинели Калнинского массива относятся к высокохромистому типу повышенной железистости и на тройной диаграмме Н.В.Павлова занимают компактную область хромита и в меньшей степени — алюмохромита. Состав рудной хромшпинели в дунитах ДВКГ СВК (масс. %): Cr_2O_3 57–64, Al_2O_3 8–10, Fe_2O_3 3–5, FeO 16–20, MgO 10–12, TiO_2 0.15–0.25. В хромшпинелидах рудных тел, в линзах дунитов среди гарцбургитов, содержание Cr_2O_3 более низкое — 53–55 %, а Al_2O_3 более высокое — 11–16 %, содержание остальных компонентов аналогично.

Эргакский массив

Эргакский массив располагается в междуречье рек Эргак, Мал. Эргак и руч. Кукшин, в 20 км севернее Калнинского массива. В структурном плане массив расположен в крайней северо-восточной части Куртушибинского гипербазитового офиолитового пояса [84].

Массив размером 14×8 км вытянут в субмеридиональном направлении на 15 км, его площадь составляет 85 км^2. Тектонические нарушения северо-восточного простирания разделяют массив на два разновеликих блока — Малоэргакский площадью около 10 км^2 и Лысанский площадью около 75 км^2. Оба блока имеют в плане овальные очертания и вертикальную субгоризонтальную зональность в размещении пород. Контакты блок-массивов с породами вмещающей рамы повсеместно имеют тектоническую (надвиговую) природу, большая их часть приходится на сопряжение гипербазитов с вулканогенно-осадочными отложениями венд-раннекембрийского возраста; меньшая часть, представляющая собой юго-восточный фрагмент — с терригенными отложениями верхнего кембрия.

Малоэргакский блок имеет зональное строение: центральная верхняя часть сложена дунитами, которые имеют форму овала размером 1,7×0,8 км; ниже залегают гарцбургиты в виде полосы шириной от 0,15 до 2,5 км, в пределах которых отмечается горизонт дунитов мощностью 100–120 м; в основании блока залегает горизонт дунитов мощностью до 150 м. По периферии Малоэргакского блока располагается зона серпентинитового меланжа шириной до 250 м. Серпентинизация затрагивает большую часть блока. В приконтактовой полосе шириной от 0,4 до 3,2 км сформировались хризотил-антигоритовые и антигорит-хризотил-лизардитовые апогарцбургитовые, реже аподунитовые серпентиниты. Вертикальная мощность массива в центральной части — около 1,0 км.

Лысанскому блоку также присуще вертикально-зональное строение, в южной

периферической части нарушенное тектоническими разломами восточного-северо-восточного простирания. Нижняя часть разреза сложена гарцбургитами мощностью 400–500 м. Центральная (верхняя) часть блока размером 5,5×4,0 км сложена переслаивающимися дунитами и гарцбургитами. Серпентинизация затрагивает гипербазиты периферических частей блока в полосе шириной от 0,2 до 2,2 км, с образованием хризотил-антигоритовых и антигорит-хризотил-лизардитовых, большей частью, апогарцбургитовых серпентинитов. Кроме того, серпентинизация сопровождает зоны тектонических разломов ВСВ простирания. В центральной части Лысанского блока широко развиты пологие зоны внутриформационного тектонического меланжа мощностью от 5 до 60 м, в виде катаклазированных, милонитизированных, серпентинизированных, лиственитизированных и оталькованных гипербазитов. В составе меланжа отмечаются округлые обломки и глыбы размером от 3×5 см до 50×90 см серпентинизированных дунитов и гарцбургитов, размещающихся в серпентинитовом, часто оталькованном матриксе. Гипербазиты Лысанского блока в верховьях руч. Хромитового интрудированы небольшим (0,25 км^2) телом граносиенитов куртушубинского комплекса раннего девона.

В пределах Малоэргакского и Лысанского блоков установлены три типа проявлений хромовых руд. Первый — это убого-редко-средневкрапленные хромиты в виде прожилков мощностью 2–7 мм, редко до 8 см в хромитоносной зоне шириной до 170 м в дунитах основания Малоэргакского блока. Среднее содержание на мощность 2 м — 5–6 % Cr_2O_3. По структурной обстановке и характеру оруденения этот тип близок оруденению основного поля дунитов Калнинского массива. Второй тип проявлений хромитов — обломки и мелкие глыбы (до 0,8×1,2 м) дунитов с прожилками хромитов, реже массивных хромитов в пологих зонах меланжа Лысанского блока (проявления Коллегановское и Привершинное). Количество обломков до 5 % объёма зоны меланжа на участке рудопроявления. К третьему типу относится рудопроявление Подлысанское — делювиальный развал массивных хромитов. Проведенные горно-буровые работы в районе этого рудопроявления не выявили коренного источника.

На проявлениях всех трёх типов промышленных руд не установлено. Перспективы выявления оруденения по результатам проведенных работ оцениваются как отрицательные.

Хромитоносные массивы Республики Тыва

Гипербазитовые массивы офиолитовых поясов Тувы пространственно совмещаются с зонами глубинных разломов. Последние разграничивают либо области распространения разновозрастных складчатых сооружений, либо структуры второго порядка внутри древнекаледонской складчатой зоны Тувы. Во всех случаях массивы располагаются среди отложений нижнего кембрия или более древних метаморфических образований. Территориально они локализованы в четырех разобщенных между собой районах Тувы, образуя самостоятельные гипербазитовые пояса — Западно-Тувинский, Восточно-Тувинский, Каа-Хемский и Южно-Тувинский.

Хромитоносные массивы Западно-Тувинского пояса

Западно-Тувинский гипербазитовый пояс протягивается почти на 300 км от района урочища Хопсек и долины реки Шут на западе до верховьев р. Уюк на востоке. По данным Г.В. Пинуса [20] в составе пояса насчитывается более 60 небольших по размеру линейно вытянутых тел гипербазитов, большая часть которых образует компактные группы, разобщенные узкими полосами кембрийских пород. Размеры большинства

массивов составляют десятки-первые сотни метров в длину при видимой мощности около 20–30 м; и лишь немногие массивы, такие как Кадыйский и Хопсекский, имеют площади 5 и 7,5 км^2 соответственно. Гипербазитовые массивы имеют линейно-вытянутую форму, залегают согласно структурам вмещающих пород и повсеместно имеют крутые падения. Сложены серпентинизированными дунитами и гарцбургитами. Хромитовая минерализация в виде убогой вкрапленности отмечается в наиболее крупных массивах, а более заметная — в Хопсекском и Кызылтейском массивах.

Хопсекский массив

Массив приурочен к горной системе юго-западного обрамления Западного Саяна и представляет собой удлиненную линзообразную пластину субширотного простирания, круто наклоненную к северу. Обнаженная часть массива занимает площадь в 2,2 км^2, а по данным магнитной съемки общая его площадь оценивается в 8,8 км^2. С севера массив имеет тектонические контакты с нижнекембрийскими отложениями, с востока он граничит с песчаниками ордовика, западная и южная границы перекрыты мощным чехлом рыхлых четвертичных отложений. В строении массива принимают участие апогарцбургитовые, аподунитовые и апопироксенитовые серпентиниты. Наиболее широким распространением пользуются первые, слагая как центральные, так и эндоконтактовые части массива. Аподунитовые серпентиниты распространены в центре массива, образуя линзообразное тело размером 150х100 м, вытянутое в широтном направлении. Пироксениты (диопсидиты, реже вебстериты) образуют серии ветвящихся жил и даек и пересекают как дуниты, так и гарцбургиты.

В пределах Хопсекского массива выявлено около 20 рудопроявлений, которые изучены канавами, а отдельные — скважинами [160]. В основном они представлены вкрапленно-полосчатыми рудами с резко подчиненным количеством сплошных. Рудопроявления вкрапленных руд расположены в центральной части массива среди осветленных аподунитовых и черных апогарцбургитовых серпентинитов. В основном они представлены невыдержанными по простиранию и мощности рудными зонами с убогой вкрапленностью хромшпинелида протяженностью от первых десятков м до 100–150 м и мощностью до 10 м с содержанием Cr_2O_3 до 15 %.

В северном эндоконтакте массива расположено рудопроявление № 1, представленное рудным тектоническим блоком размером 2,7 × 0,2–0,9 м с серией мелких оторженцев в апогарцбургитовых серпентинитах. Рудопроявление сложено сплошными массивными рудами с подчиненным количеством руд густовкрапленных, развитых в зальбандовых частях. Содержание Cr_2O_3 по данным двух бороздовых проб составляет 46,6 и 54,35 %.

Особое место среди рудопроявлений в апогарцбургитовых серпентинитах занимает рудопроявление № 7. Рудное тело имеет близкую к изометричной форму с размерами 9×5,5 м, оно срезано тектоническими нарушениями в районе северо-восточных и юго-западных контактов массива. В лежачем боку развиты полосчатые густовкрапленные руды с участками сплошных и нодулярных общей мощностью от 2 до 4 м и содержанием Cr_2O_3 от 24 до 35 %. В направлении к висячему боку наблюдаются постепенное уменьшение Cr_2O_3 от 21 до 1,5 % и смена полосчатых густовкрапленных руд «маковыми».

Кызылтейский массив

Массив площадью всего в 2 км^2 полностью перекрыт рыхлыми отложениями. Сложен аподунитовыми серпентинитами. В 1961 г. И.М. Волоховым [50] и в 1963–1964 гг.

С.И. Соболевым площадь была опоискована горными выработками и пятью буровыми скважинами. Выявленное Актейское рудопроявление представлено полосой серпентинизированных гипербазитов шириной 1–25 м, протяженностью 240 м, с убогой вкрапленностью хромита и средним содержанием Cr_2O_3 12,07 %. Оценка ресурсов этих убогих руд составила 350–500 тыс. т. Все другие массивы этого пояса в отношении хромового оруденения интереса не представляют.

Хромитоносные массивы Каа-Хемского пояса

В пояс, длиной 130 км, входят 33 ультраосновных массива длиной от нескольких сотен метров до 4–6 км при ширине 80–100 м, наиболее крупным из которых является Коптинский массив размером 0,2–0,8×15,0 км.

Все массивы пояса сложены, в основном, апоперидотитовыми серпентинитами антигоритового, реже смешанного хризотил-антигоритового состава. В центральных частях наиболее крупных массивов нередко отмечаются серпентинизированные дуниты. Хромитоносность массивов изучена слабо. Обычно она представлена редкой вкрапленностью хромшпинелида в серпентинизированных дунитах. Ни в одном из массивов пояса не выявлено ни одного сколь-нибудь значительного рудопроявления хромитов.

Хромитоносные массивы Восточно-Тувинского пояса

Пояс объединяет группу ультраосновных массивов, расположенных на крайнем юго-востоке Тувы. Структурно он приурочен к крупному региональному тектоническому нарушению, прослеживаемому в субмеридиональном направлении от истоков р. Селенги до верховьев р. Кызыл-Хем. Протяженность пояса на территории Тувы составляет 160 км. По данным Г.В. Пинуса и Ю.Н. Колесника [18] в нем насчитываются 27 гипербазитовых массивов. Проявления хромовых руд установлены в двух наиболее крупных массивах — Билинском (33 км^2) и Бильдыкском (200 км^2).

Билинский массив

Массив расположен в низовьях р. Билин на крайнем востоке Республики Тыва в Каа-Хемском районе и представлен двумя крупными тектоническими блоками единого тела площадью около 20 и 13 км^2, отстоящими друг от друга на 2,5 км, из которых северный блок именуется в литературе как самостоятельный Водораздельный массив. Оба блока имеют крутое северо-восточное падение, с контактами, «залеченными» дайками метагабброидов. Последние нередко проникают во внутренние части гипербазитов, особенно густо насыщая ими Водораздельный блок. Вмещающими породами являются верхнекембрийские метавулканиты основного состава, мрамора, метаморфические сланцы и гнейсы.

Хромитоносность массива изучена слабо. В начале 60-х годов массив был описан Г.В. Махиным и И.И. Башиловой в процессе среднемасштабной геологической съемки. Кроме того, территория массива и прилегающих площадей покрыта наземной и аэрогеофизической съемками масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000. В 1960–80-х годах на массиве проводились тематические исследования [20, 117].

Породы, слагающие массив, представлены дунитами, энстатитовыми дунитами и гарцбургитами — как свежими, так и в различной степени серпентинизированными, оталькованными и амфиболизированными. Для Билинского массива характерна вертикальная зональность, наблюдаемая более в чем километровом интервале, вскрытом долиной р. Билин. Нижний горизонт массива сложен преимущественно дунитами с подчиненными линзовидными обособлениями энстатитовых дунитов и гарцбургитов.

Средний представлен зоной частой перемежаемости гарцбургитов и дунитов, слагающих шлиры и полосы мощностью от первых сантиметров до сотни метров и имеющих преимущественно субширотное (северо-восточное и северо-западное) простирание и пологое падение на север. В верхнем горизонте преимущественное распространение получили гарцбургиты и энстатитовые дуниты.

Разрез дополняется габброидами. Последовательность пород (снизу вверх): габбро, мощный комплекс дунитов (краевых?), гарцбургиты с линзами и полосами дунитов, что позволяет предполагать его перевёрнутое залегание. В основном поле дунитов развито бедное и убогое оруденение со шлирами густовкрапленных руд. Мелкие проявления в виде линз и гнёзд размером 30×30×50 см, вытянутых в цепочку и сложенных сплошным хромитом, установлены в полосах и шлирах дунитов среди гарцбургитов. На всех проявлениях проводилось штуфное и бороздовое опробование богатых линз и прослоев, в которых содержание Cr_2O_3 достигало 31–48 %.

Бильдыкский массив

Массив расположен в среднем течении р. Бол. Бильдык и представляет собой северную конечность крупного (площадью около 200 км^2) Шишхидского гипербазитового массива, большая часть которого находится на территории МНР. Массив слабо изучен. Впервые он был описан И.И.Башиловой в конце 50-х годов по данным среднемасштабной геологической съемки. В 1972 г. П.А. Никитчиным [117,119] на массиве были проведены специализированные на хромиты поисково-ревизионные работы масштаба 1:25 000. В результате работ были выявлены три проявления массивных хромитов и одно проявление вкрапленных руд.

Массив вытянут в северо-северо-западном направлении и прослеживается на территории Республики Тыва на расстояние 10 км. Он представляет собой тектоническую пластину, круто наклоненную на запад. Серией продольных и субширотных разломов разбит на крупные блоки, иногда со значительным смещением. Массив сложен свежими и в различной степени серпентинизированными и отталькованными полосчатыми дунитами и гарцбургитами мощностью от первых до сотен метров с постепенными переходами между ними. В западной части массива закартирована зона шириной в несколько сот метров, представленная верлитами, вебстеритами и клинопироксенитами, которые перемежаются с дунитами. Эта зона отделяет породы дунит-гарцбургитового комплекса от габброидов, широко распространенных вдоль западного контакта массива.

Проявления хромовых руд в северной части массива представлены: небольшой (2,5×0,1–0,5 м) линзой массивных хромитов среди гарцбургитов, серией прожилков мощностью 2–5 см среди серпентинизированных дунитов мощностью около 10 м с повышенной 3–5 % вкрапленностью хромшпинелида. На юге массива установлен неизученный элювиальный развал густовкрапленных хромитов.

Хромитоносные массивы Южно-Тувинского пояса

Пояс состоит из 26 гипербазитовых массивов и многочисленных мелких линз серпентинитов, прослеживается на 100 км в виде четко выраженной полосы северо-восточного простирания от района оз. Шара-Нур до верховьев рек Шурмак и Улор. Истинная длина пояса остается невыясненной, так как на северо-востоке вмещающие гипербазиты толщи сменяются сплошными полями прорывающих их гранитоидов, а на юго-западе гипербазитовый пояс уходит на территорию МНР.

Массивы пояса приурочены к области сопряжения Сангиленского докембрийского выступа с каледонской складчатой зоной Тувы. Вмещающими породами служат

нижнекембрийские отложения и метаморфические породы докембрия, представленные разнообразными гнейсами, кристаллическими сланцами с горизонтами мраморов и железистых кварцитов. Массивы пояса имеют резко вытянутые формы, тектонические контакты и преимущественно крутое северо-западное падение. Во всех наиболее крупных массивах пояса (Агардагском, Улорском, Нижнетарлашкинском, Тарлашкинском, Сольятерском) известна хромовая минерализация, но наиболее значительная — в Агардагском и Улорском массивах.

Агардагский массив

Агардагский массив находится в 1–5 км от границы с Монголией, в 200 км от г. Кызыл, с которым связан грунтовой дорогой. Рельеф массива — высокогорное всхолмленное плато с отметками 1100–1600 м, с многочисленными логами, врезанными в коренные породы до 100 м. Обнаженность массива средняя — хорошо обнажены хребтики и крутые склоны, в то время как в депрессиях, занимающих не менее половины площади массива, мощность рыхлых отложений составляет от 2–3 до 10 м. Массив вытянут в северо-восточном направлении на 20 км. В плане он имеет клиновидную форму. Ширина его западной части достигает 2,5 км, а к северо-востоку он выклинивается. Площадь массива составляет 30 км^2.

Массив опоискован многократно: в различные годы он был охвачен поисковыми работами масштаба от 1:50 000 до 1:10 000, а наиболее перспективные участки — в масштабе 1:5000 и крупнее. С помощью естественных обнажений, горных выработок и скважин изучены все рудопроявления, а также все перспективные аномалии силы тяжести.

Впервые густовкрапленные хромовые руды на Агардагском массиве отмечены Д.Я. Айздерзисом и Ю.Б. Погудиным в 1959 г. Рекомендованы поиски месторождений хромитов. В 1961 г. Ю.Б. Погудиным в пределах массива выявлены 47 проявлений хромитов. Прогнозные ресурсы оценены 3 млн т. В 1964–1965 гг. Тувинской ГРЭ массив опоискован в м-бе 1:10 000. Количество проявлений возросло до 115, из них изучены горно-буровыми работами 50. Прогнозные ресурсы были оценены в 20 млн т [117]. В 1974–1979 гг. Тувинской ГРЭ на массиве проведены поиски м-ба 1:50 000, пробурены 15 скважин для заверки выявленных гравианомалий. Результаты заверки были отрицательными [99, 100]. В 2009–2012 гг. и 2013–2015 гг. поисковые работы в масштабе 1:10 000 и крупнее, с большим объемом горно-буровых работ, проводило ОАО «Красноярскгеолсъемка»[116, 171]. По результатам работ Протоколом ВИМСа от 20.10.15 г. апробированы прогнозные ресурсы хромовых руд по кат. P_1 в количестве 0,7 млн т с содержанием Cr_2O_3 29,85 %.

Массив по данным геофизики представляет собой крутопадающее на северо-запад линзовидное тело, залегающее среди рифей-нижнекембрийских вулканогенно-осадочных отложений. Контакты гипербазитов с вмещающими породами и с более молодыми девонскими интрузивными телами тектонические (*рис. 44)*.

Перидотиты массива сильно серпентинизированы и, несмотря на продолжительные периоды опоискования, породы массива подразделены на отдельные разновидности достаточно условно. Преобладают гарцбургиты, иногда со значительными по размерам дунитовыми телами. Мелкие тела пироксенитов развиты на восточном окончании массива. Массив рассечен многочисленными разломами. Наиболее крупные имеют дугообразную форму при обращении выпуклостью одних на юг (в западной половине массива), а других — на север (в восточной). Вдоль одного из них на западе массива крупная полоса вмещающих пород отчленяет крупный блок от его основного тела.

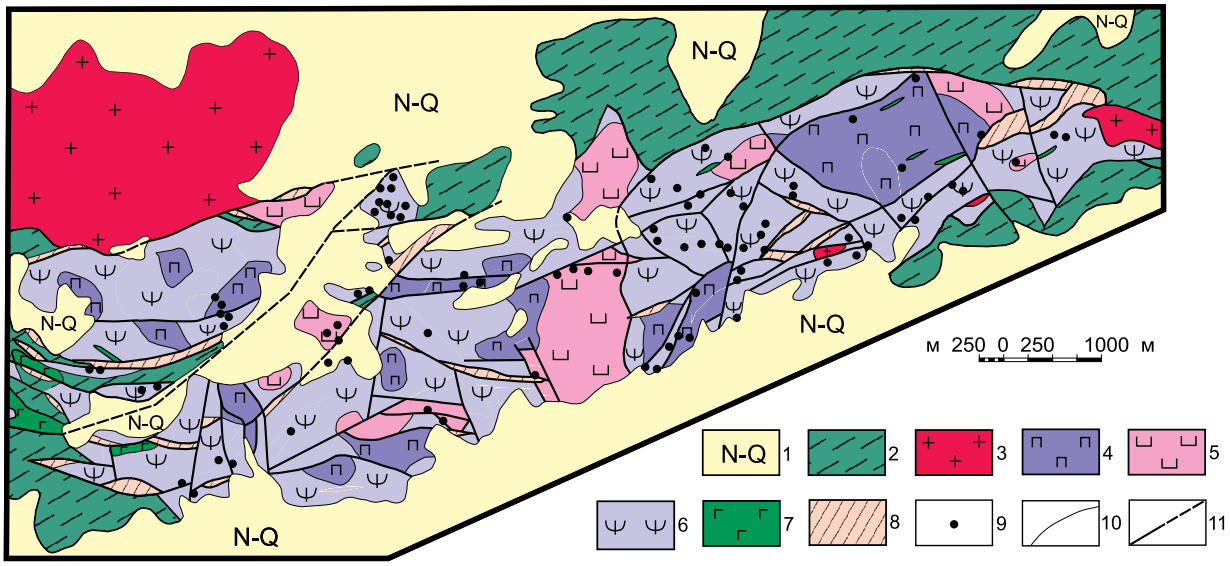


Рис. 44. Схематическая геологическая карта Агардагского массива (по материалам Кудрявцева В.И., 1979 г.):

1 — неоген-четвертичные осадочные отложения; **2** — верхний рифей-нижнекембрийские глинисто-кремнистые сланцы, мраморы, кварциты; **3** — девонские гранитоиды. Раннекембрийский офиолитовый комплекс: **4** — серпентиниты апогарцбургитовые с незначительным содержанием дунитовой составляющей; **5** — серпентиниты аподунитовые и апогарцбургитовые нерасчлененные; **6** — серпентиниты апоперидотитовые нерасчлененные; **7** — габбро; **8** — лиственитизированные зон тектонических нарушений; **9** — рудопроявления хромовых руд; **10** — геологические границы; **11** — разрывные нарушения

В пределах Агардагского массива проявления хромовых руд распространены крайне неравномерно. В большинстве случаев они представлены единичными небольшими рудными телами. В западной трети массива выявлены всего три рудных тела, из которых наиболее крупное крутопадающее на участке № 8 имеет протяженность 70 м, среднюю мощность 4,5 м, выклинивается на глубине 15 м, среднее содержание Cr_2O_3 42,84 %. В центральной части массива расположено крупное рудопроявление (участок № 7), состоящее из трех сближенных широтных крутопадающих рудных тел протяженностью 165, 25 и 20 м, мощностью 5,3, 1,0 и 10 м, с содержанием Cr_2O_3 42,0 %, 53,7 % и 42 % соответственно. Рудные тела изучены на глубину 37, 22 и 20 м. В восточной части массива усановлено более 20 мелких рассредоточенных рудных тел протяженностью в первые десятки метров, мощностью 1,2–3,8 м, с содержанием Cr_2O_3 25–35 %. На всем массиве преобладают высокохромистые руды с содержением в первичном хромшпинелиде Cr_2O_3 56–58 % в метаморфизованном 62–70 %, содержание Al_2O_3 соответственно 10–16 % и 2–8 %. Несколько рудных тел на юго-востоке Восточного участка содержат глиноземистые руды с содержанием в хромшпинелиде Cr_2O_3 44–50 % и Al_2O_3 22–24 %.

Значительная удаленность массива и незначительные ресурсы даже самого крупного рудопроявления (участок № 7), оцененного в 150 тыс. т, лишают промышленного значения руды Агардагского массива.

Улорский и Тарлашкинский массивы

Улорский и Тарлашкинский массивы располагаются в 60 км к северо-востоку от массива Агардаг, в верховьях рек Астрат, Араскон-Аэтр и Улор. Разными исследователями они рассматриваются как отдельные массивы, так и в качестве единого, разделенного в средней части полосой гранитоидов ордовика. Их единство следует из их положения в единой тектонической структуре; единого состава пород — дунитов на юго-восточном окончании Улорского массива и на большей площади Тарлашкинского, а также сходства

хромового оруденения в обоих массивах. Оба массива имеют линзообразную форму. Площадь Улорского массива 30 км^2, Талашкинского — 12,5 км^2.

Наиболее полно массивы изучались и опоисковывались на хромовые руды в 1974–1979 гг. В.И.Кудрявцевым [99,100], по материалам которого и приводится их характеристика. С севера и запада массивы контактируют через окружающие габброиды с вулканогенно-осадочными отложениями нижнего кембрия, а вдоль южного и восточного — со докембрийскими метаморфическими сланцами и метоморфизованными известняками. Контакты тектонические.

Около 20 % центральной части Улорского массива слагают гарцбургиты, краевые части сложены дунитами. К последним приурочено 99 % как коренных, так и делювиальных проявлений хромитов.

Тарлашкинский массив сложен преимущественно дунитами. Серпентиниты развиты узкой полосой вдоль периферии массива, постепенно сменяясь к центральной части слабо серпентинизированными дунитами и перидотитами.

Гипсометрически выше залегают габброиды с полосчатостью, согласной простиранию контакта. В их основании наблюдаются маломощные конформные тела аподунитовых серпентинитов, которые вверх по разрезу через верлиты переходят в клинопироксениты, сменяющиеся, в свою очередь, габбро.

В пределах Улорского массива выявлены 58 проявлений хромитов, которые представлены: гнездами вкрапленного и прожилково-вкрапленного оруденения, мелкими линзами и прожилками. Размеры рудопроявлений в большинстве случаев незначительны и не превышают первых метров, только отдельные достигают в длину 10–15 м, реже 40–60 м. Содержание трехокиси хрома в целом невысокое. По результатам анализа руд 18 рудопроявлений в 10 из них оно не превышает фонового, т. е. ниже 10 %, а в 9 проявлениях даже ниже 5 %, и лишь в одном составляет 7,98 %. Три рудопроявления сложены убоговкрапленными рудами, в которых максимальное содержание Cr_2O_3 колеблется от 10 до 30 %, в пяти проявлениях руды содержат Cr_2O_3 от 30 до 45 %. Богатых руд, с количеством трехокиси хрома свыше 45 %, по результатам бороздового опробования не установлено. По этим данным сделан вывод об отсутствии промышленных скоплений хромитов на поверхности массива, что подтверждается его хорошей обнаженностью, определившей его надежное опоискование.

На Тарлашкинском массиве известны 13 проявлений хромовых руд. Наиболее крупным из них является проявление № 78, расположенное на западном окончании массива. Здесь тремя канавами прослежена в субмеридиональном направлении зона редко средне- и густовкрапленных руд мощностью от 2 до 3 м. Содержание трехокиси хрома колеблется в северной части от 4,08 до 42,52 %, в средней — от 0,98 до 3,4 % и в южной — от 1,44 до 28,85 %. Сравнительно крупным считается хромитопроявление № 71, расположенное в центральной части массива. Здесь субширотная линза массивных хромитов имеет мощность до 50 см. Содержание трехокиси хрома — 46,15 %. Длина рудного тела, как минимум, 50 м. Остальные рудопроявления представлены мелкими жилками (длиной не более первых метров) массивных руд, отдельными зонками редкой вкрапленности и небольшими развалами рудных обломков.

Хромитоносность ультраосновных массивов Восточно-Саянского гипербазитового пояса

Восточно-Саянский гипербазитовый пояс расположен в юго-восточной части Восточного Саяна, приурочен к крайней южной субширотной зоне нарушений, ответвляющейся на запад от Главного Саянского разлома. Выходы гипербазитов в этой зоне тяготеют к границам Гарганской архейской глыбы с Окинским (на севере) и Ильчирским (на юге) прогибами, выполненными метаморфизованными вулканогенно-терригенными и карбонатными образованиями протерозойского возраста. Две ветви гипербазитовых массивов пояса, обрамляя Гарганскую глыбу практически со всех сторон, сходятся на востоке в районе Оспино-Китойского ультраосновного массива. В составе ветвей пояса, по данным Г.В. Пинуса [20], насчитывается 47 гипербазитовых массивов размером от 0,02 до 174 км^2. Большая часть из них в плане имеет овальные и линзовидные сильно вытянутые формы, ориентированные в субширотном направлении согласно структурам вмещающих образований верхнего протерозоя.

Из 47 гипербазитовых массивов Восточно-Саянского гипербазитового пояса хромовое оруденение было обнаружено лишь в наиболее крупных массивах — Оспино-Китойском, Харанурском и Улан-Сарьдагском. Наибольшее число проявлений и точек минерализации сплошных и вкрапленных руд установлено в пределах Оспино-Китойского массива.

Оспино-Китойский массив

Оспино-Китойский массив, наиболее крупный в пределах Восточного Саяна, расположен в истоках рек Онот и Китой. Массив состоит из четырех блок-массивов: северного Ильчирского, к востоку от него — Безымянного, к юго-западу от Ильчирского-Зуун-Оспинского и к востоку от последнего — Хушагольского. Блок-массивы с вершинами до 3000 м разделены речными долинами (с отметками около 2000 м) вдоль которых, разделяя блоки, выходят эффузивно-осадочные отложения рифея-кембрия. В обобщенном плане Оспино-Китойский массив представляет собой тело сложной конфигурации, вытянутое в субширотном направлении на расстояние 31 км при максимальной ширине 12–13 км, залегающее среди метаморфизованных вулканогенно-терригенных, участками графитизированных, карбонатных образований рифея-нижнего кембрия. Контакты с вмещающими породами тектонические.

Геологическое строение, петрография, асбесто- и нефритоносность массива изучены довольно детально. Результаты многочисленных геолого-петрологических исследований массива обобщены в работах Г.В. Пинуса [20], А.Н. Сутурина [33]. В 1964–65 гг. на массиве О.М. Глазуновым были проведены поисково-оценочные работы на хромиты. Им была дана геохимическая характеристика пород, выделены рудоносные зоны, рассмотрены вопросы, связанные с образованием хромитов [55].

Оспино-Китойский массив сложен на 60–70 % серпентинитами антигоритового и смешанного хризотил-антигоритового состава, иногда с серпофитом или баститом. Слабо серпентинизированные ультраосновные породы сосредоточены во внутренних зонах наиболее расширенной части массива, где они слагают два крупных и ряд мелких полей. В их составе преобладают гарцбургиты, количественно им подчинены дуниты. Породы часто перемежаются с постепенными переходами между собой, образуя так называемый сетчато-полосчатый комплекс. Дуниты преобладают в центральной части северного поля в районе горы Хаиркан-Саардык и в подошвенных, более эродированных участках массива. Гарцбургиты окаймляют дуниты, развиты, в основном,

в кровле массива. Среди них ограниченно распространены лерцолиты и верлиты. Несколько чаще отмечаются пироксениты (энстатититы, диопсидиты и вебстериты) в виде параллельных прерывистых или кулисообразных тел мощностью от долей миллиметра до нескольких сантиметров с резкими контактами.

В краевых частях блок-массивов, на контакте с вмещающими осадочно-метаморфогенными породами, картируются тела габброидов (рис. 45). Гипербазиты, в том числе и серпентиниты, в эндоконтактовых частях и тектонически ослабленных зонах претерпели существенные метасоматические преобразования в виде зон отальковання, карбонатизации и лиственитизации. В гипербазитах, контактирующих с габброидами, часто отмечаются амфиболовые породы, диопсидиты, нефриты, реже родингиты. В породах массива широко проявлен процесс графитизации. Мощность зон тектонизированных и графитизированных перидотитов меняется от нескольких мм до 15–20 м.

На площади массива насчитываются около 80 мелких проявлений хромовых руд. Сгущение проявлений хромовых руд зафиксировано на трех участках.

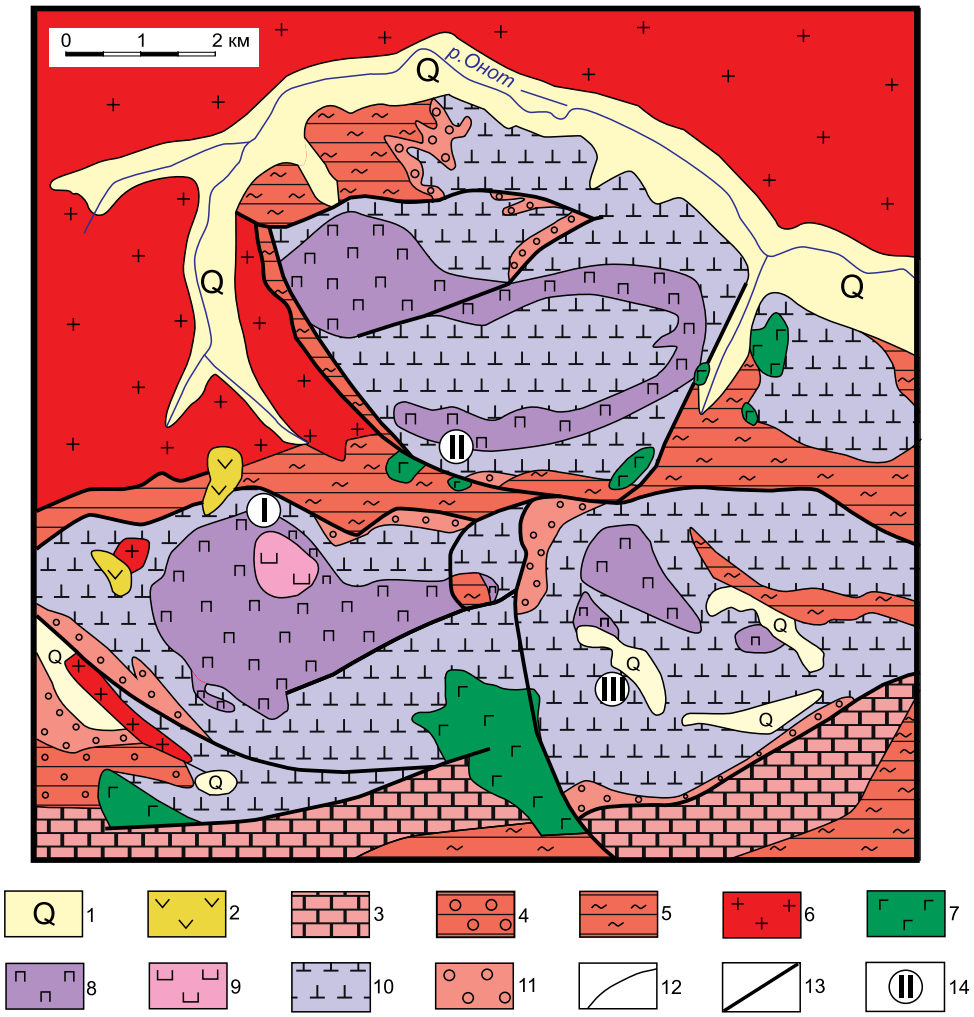


Рис. 45. Схематическая геологическая карта Оспино-Китойского массива (по материалам Глазунова О.М., 1981 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — неоген-четвертичные базальты; **3** — верхний протерозой, монгошанская свита: известняки с прослоями сланцев, эффузивов; **4** — средний протерозой, большереченская свита: кварциты, микрогнейсы, рассланцеванные амфиболиты; **5** — средний протерозой, ильчичская свита: сланцы, песчаники, эффузивы, прослои известняков; **6** — верхний протерозой, саянский комплекс: плагиоклазовые граниты, гранодиориты. Верхний протерозой, ильчичский офиолитовый комплекс: **7** — габбро; **8** — перидотиты; **9** — дуниты; **10** — серпентиниты; **11** — лиственты; **12** — геологические границы; **13** — разрывные нарушения; **14** — участки рудопроявлений хромовых руд: **I** — Зун-Оспинский; **II** — Ильчирский; **III** — Хуша-Гольский

Зуун-Оспинский участок расположен на севере, в краевой части Зуун-Оспинского блока. На участке несколько зон хромовой минерализации. Первая — линзовидное тело редковкрапленных хромитов с нечеткими границами протяженностью 300 м при мощности около 20 м. Вторая, в 70 м от первой, простирается на 100 м при мощности 5–10 м. Жильные средне-густовкрапленные хромиты развиты на юге участка и представлены двумя широтными зонами. Северная, прослеженная по обнажениям на 500 м, имеет мощность 5 м и состоит из серии кулисорасположенных, разобщенных жил, сопровождаемых мелкими жилками. Мощность жил — от нескольких см до 80 см, при средней — 20 см. Расстояние между жилами 1–2 м. Южная зона состоит из цепочек линз длиной от 3-х до 25 м и мощностью от 0,3 до 1,0 м.

Ильчирский участок расположен на крайнем юге Ильчирского блока, в верховьях р. Ильчир. На участке выделяются три типа хромитовых тел. Шлировый тип оруденения расположен в широтной Главной зоне на юге участка. Протяженность зоны 700 м. Три хромитовые линзы располагаются цепочкой в осевой части зоны. Линзы сопровождаются тонкими проводниками и шлирами. Хромитовые тела прослеживаются по обнажениям и свалам на 100–120 м при мощности 0,1–0,5 м. Расстояние между соседними жилами по простиранию 70–120 м. Структура руд рябчиковая, переходящая в сплошную. К югу от Главной выделяется Южная зона протяженностью 250–300 м. Внутри зоны отдельные жилы прослеживаются на 4–5 м при мощности до 10 см.

К северу от Карового озера выделены две широтные полосы повышенной вкрапленности хромшпинелида: первая — в 600 м от Карового озера, вторая — в 700 м. Ширина полос, при оценке по курумнику, 50 м, длина не менее 300 м. В левом борту р. Ильчир «руды» образуют шлирово-вкрапленные широтные обособления мощностью 5–20 см, протяженностью от 1–7 м до 30 м, и жилы густовкрапленных и сплошных руд мощностью 0,2–0,6 м и длиной 1–10 м.

Хуша-Гольский участок расположен в правом борту р. Хуша-Гол. На участке наблюдаются аллювиально-делювиальные свалы глыб дунитов, гарцбургитов, встречаются глыбы хромитов размером 25×30×60 см от редковкрапленных до сплошных. На всей площади участка распространены серпентиниты двух типов — массивные зеленые и серовато-черные, местами с порфировыми вкрапленниками бронзита. Среди серпентинитов встречаются небольшие по размерам ксенолиты известняков, а также узкие зоны тальк-карбонатных пород, пространственно совпадающие с зонами рассланцевания серпентинитов. Наиболее четко выражены трещины рассланцевания, составляющие оперение Горлык-Гольского разлома, который имеет субширотное простирание. С нарушением, почти на всем его протяжении, совпадает долина кл. Рудного.

Хромиты встречаются практически на протяжении 300 м в аллювии кл. Рудного в виде обломков и глыб размером от 4×8×12 до 50×40×40 см; отдельные жилы в длину прослеживаются на 1,5 м. Хромитовая минерализаци локализуется в серпентинитах, образует, в основном, сплошные, реже «рябчиковые» типы руд. Хромит средне-крупнозернистый, с размером зерен до 2 мм. Иногда встречаются глыбы, в которых наблюдается переход от редковкрапленных к густовкрапленным типам руд.

Коренные источники руд не вскрыты вследствие большой мощности делювиальных отложений. Тем не менее, неокатанность глыб показывает, что их залегание остается почти ненарушенным, и рудное тело круто падает на север. Его мощность, судя по размерам глыб, около 1 м и протяженность около 300 м.

Ограниченный объем горных работ, проведенный О.М. Глазуновым, не позволил решить вопрос о масштабах хромитоносности блоков Оспино-Китойского массива.

Проведенные исследования и особенности строения вышеописанных участков

рудопроявлений позволяют предполагать развитие в горизонтах дунитов Оспино-Китойского массива маломощных хромитоносных зон с убоговкрапленными рудами и маломощных зон жильно-шлирового оруденения.

Хромитоносность массивов Парамского пояса

Парамский пояс гипербазитовых массивов расположен в юго-восточной части Байкало-Муйского офиолитового пояса, в правобережье р. Витим, и состоит из двух крупных и серии мелких массивов. Признаки хромовых руд установлены в крупных массивах — Шаманском и Парамском.

Шаманский массив

Шаманский массив расположен в пределах Станового нагорья на правобережье р. Витим в 12 км южнее трассы БАМ. Геоморфологически массив выделяется в виде обособленного горного хребта, примыкающего с юга к Южно-Муйскому хребту. Гора Шаман, расположенная в северной трети массива, имеет относительное превышение над уровнем р. Витим более 1800 м.

В плане массив имеет линзовидную форму *(рис. 46)*. Общая протяженность массива в меридиональном направлении 25 км, максимальная ширина 6 км, площадь около 110 км^2. На продолжении массива фиксируются многочисленные мелкие выходы гипербазитов, прослеживающиеся прерывистой цепочкой до северного борта Муйской впадины на расстояние порядка 20 км. Контакты массива с вмещающими осадочно-метаморфическими и вулканогенно-метаморфическими образованиями нижнего протерозоя повсеместно тектонические. Контактовые поверхности массива погружаются навстречу друг другу под углами 70–80°. Лишь в юго-западном окончании на протяжении 4 км падение контакта становится более пологим — до 40–60°.

Поисковые работы масштаба 1:50000 с металлометрическим (500×100 м), шлиховым и штуфным опробованием, магниторазведкой и горными работами проводились на массиве в 1962 г. [76]. Было выявлены прожилки хромитов мощностью от 10 до 20 см в 7-метровой зоне катаклазированных дунитов. В 1968–69 гг. в районе проводились поисково-съемочные работы м-ба 1:50000 с исследованием Шаманского массива на предмет выявления промышленных концентраций никеля, кобальта, хрома, платины, талька и асбеста [158]. В 1976 г. поисковые работы на нефрит проводило ГГПП «Иркутсксамоцветы» [145]. В 1989–1995 гг. массив изучался при проведении групповой геологической съемки м-ба 1:50000 [67].

Среди пород, слагающих Шаманский массив, преобладают серпентинизированные перидотиты. Из-за сильной серпентинизации в большинстве случаев не определяется первичный состав перидотитов. Предположительно, в значительной своей массе они представлены гарцбургитами. Почти неизмененные гарцбургиты отмечены лишь в одном случае — на северо-восточном склоне г. Шаман, где они образуют небольшое реликтовое тело среди апогарцбургитовых серпентинитов. Гигантозернистые оливиниты (вероятно, дуниты) распространены преимущественно в восточной части массива, слагая жилы (мощностью от 3–4 см до 3 м и протяженностью до 50 м) и тела неправильной формы диаметром до 0,4 м с заливообразными контактами. В них встречаются обособления гигантских кристаллов оливина. По отношению к ориентированным текстурам вмещающих гипербазитов, тела оливинитов занимают секущее положение, их контакты отчетливые, прямолинейные или волнистоизогнутые. Выделения оливина располагаются в пределах полос и пятен беспорядочно, достигая по удлинению 10–15 см. Дунит-перидотитовый полосчатый комплекс распространен в центральной части массива.

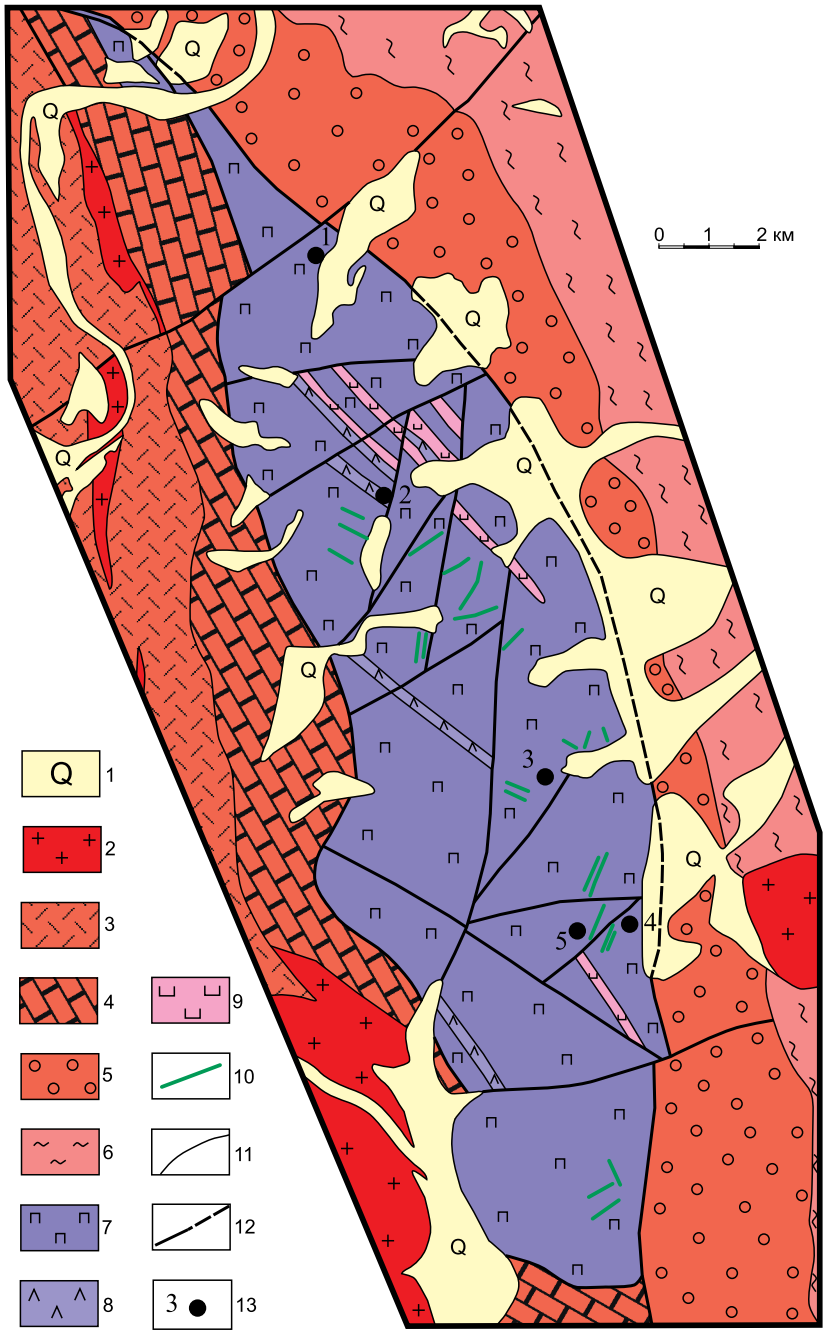


Рис. 46. Схематическая геологическая карта Шаманского массива (по материалам Зайкова Е.А., 1995 г., Окорокова В.Г., 2013 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — кембрийские граниты, гранодиориты, диориты. Нижний протерозой, муйская серия; **3** — нижнекилянская свита: кварцевые кератофиры, спилиты, туфы, кристаллические сланцы, известняки; **4** — булундинская свита: известняки, доломиты, метаморфизованные песчаники, алевролиты, сланцы; **5** — самокутская свита: метаморфизованные конгломераты, песчаники, алевролиты, эффузивы и их туфы. Верхний архей: **6** — киндиканская свита: гнейсы, кристаллические сланцы с прослоями амфиболитов, известняков, габбро, щелочные граниты. Рифейский офиолитовый комплекс Шаманского массива: **7** — гарцбургиты серпентинизированные; **8** — лерцолиты; **9** — дуниты: **10** — дайки габбро, габбродиабазов; **11** — геологические границы; **12** — тектонические нарушения; **13** — рудопроявления хромовых руд и их номера: **1** — Северо-Шаманский участок; **4** и **5** — Южно-Шаманский участок

Вдоль границ массива прослеживается непрерывная полоса серпентинитов мощностью от 0,5 до 1 км. Дайки габбро, амфиболитов и шаманитов располагаются в зонах тектонических нарушений. Шаманский массив рассечен многочисленными разрывными нарушениями, сопровождающимися зонами серпентинитов и тальк-магнезитовых пород.

Проявления хромитов в виде небольших жильных образований установлены на Южно-Шаманском и Северо-Шаманском участках. Южно-Шаманское проявление хрома находится в южном секторе Шаманского массива вблизи его осевой части, в 500 м от высоты 1708,4 м по азимуту 288°. Основное поле гипербазитов участка сложено тонко-мелкозернистыми массивными гарцбургитами, в той или иной степени серпентинизированными. Дуниты имеют ограниченное распространение. На участке канавой вскрыты два интервала хромовых руд мощностью 0,3 и 0,15 м, разделенные зоной повышенной вкрапленности хромшпинелида мощностью 0,35 м. Содержание Cr_2O_3 в первом интервале 28,25 %, во втором 18 %. По свалам хромовых руд рудная зона прослеживается в северо-восточном направлении.

Северо-Шаманское рудопроявление представлено свалами и коренными выходами хромитов более чем в 10 точках, где в оталькованных и серпентинизированных дунитах, реже серпентинитах, отмечаются прожилки, линзы, жилы, гнезда мощностью от первых мм до 10–20 см хромита, иногда в делювии отмечаются обломки и глыбы размером до 30×90 см массивных хромовых руд. В одном случае в глыбе серпентинитов отмечена линза хромитов размером 35×45 см. Наиболее интересная рудная зона представляет собой гребневидный коренной выход серпентинитов с многочисленными прожилками хромитов. Мощность зоны серпентинизации с прожилками и жилами хромитов составляет 25 м, падение на СВ по аз. 60°, угол падения 70°. Рудная зона имеет зональное строение. Центральная ее часть мощностью около 5 м наиболее насыщена прожилками и жилами хромитов при максимальной мощности последних до 0,5 м и частоте встречаемости 30–40 прожилков на 1 п.м. (50–55 % объема). По обе стороны от центральной зоны количество жил и прожилков хромитов составляет 15–20 на 1 п. м. Третья (краевая) зона содержит 4–5 прожилков хромита на 1 п.м. По простиранию прожилки прослежены до 10 м, они часто линзуются и в целом имеют четковидный характер. Хромит в руде составляет 90–93 %. По результатам хим. анализа 12 штуфных проб содержание Cr_2O_3 варьирует от 23,8 до 49,5 %.

Четыре проявления хромовых руд представлены или коллювиальными развалами хромитов, прослеженных на 250–300 м, или шлирами и маломощными (10–15 см) жилами и прожилками. Содержание Cr_2O_3 в них составляет 37,8–38,8 %.

Массив петрографически чрезвычайно слабо изучен. По имеющимся материалам невозможно выделение структурно-петрографических комплексов. Оценка его ресурсов возможна только после структурно-петрографического картирования и дополнительного опоискования. Однако, проведенные многочисленные поисково-съемочные и тематические работы, при очень хорошей обнаженности пород массива, указывают на его незначительную хромитоносность.

Парамский массив

Парамский гипербазитовый массив расположен примерно в 60 км севернее Шаманского и так же как Шаманский приурочен к зоне меридионального Парамского глубинного разлома, обрамляющего с северо-востока Северо-Муйскую глыбу архея. Массив залегает среди метаморфизованных осадочно-вулканогенных отложений муйской серии нижнего протерозоя и имеет с ними тектонические контакты, обычно сопровождающиеся мощными зонами рассланцевания. В плане массив имеет линзовидную

форму с резким расширением в центральной части, протягивается на 20 км при ширине в центральной части 4–5 км, в северной — 0,5 км. Южная оконечность массива перекрыта четвертичными отложениями. Площадь массива около 80 км^2.

Массив сложен преимущественно гарцбургитами (до 70 %), дуниты распространены в меньшей степени. В строении массива важное место занимает дунит-гарцбургитовый полосчатый комплекс, приуроченный к осевой части массива, особенно четко проявленный в зоне раздува массива. Полосчатый комплекс представлен чередованием гарцбургитов, энстатитовых дунитов и жильных дунитов мощностью от 0,5 до 30–40 м. Элементы первичной полосчатости, залегание дунитовых тел, ориентировка выделений ортопироксена в гарцбургитах (полосчатость или директивность), а также цепочек акцессорного хромшпинелида полностью совпадают и имеют субмеридиональное простирание при почти вертикальном падении.

В Парамском массиве довольно отчетливо проявлена вторичная зональность, связанная с различной интенсивностью серпентинизации первичных пород по направлению от периферии к центру. В эндоконтактовых частях массива распространены серпентиниты, тальк-серпентиновые и тальк-карбонатные породы. В ядре преобладают неизмененные и слабоизмененные гипербазиты.

С Парамским массивом связаны немногочисленные проявления сплошных хромовых руд. Все они локализуются в центральной и северной частях массива и в большинстве своем ассоциируются с породами дунит-гарцбургитового полосчатого комплекса. Подавляющая часть рудопроявлений расположена вблизи восточного контакта массива. Из всех известных проявлений, а их чуть больше десяти, три установлены в коренном залегании, остальные зафиксированы по свалам.

В центральной части массива к западу от высоты 2034,0 м расположены три линзовидных тела мощностью 0,4–0,5 м, протяженностью 5–10 м, вытянутых в северо-западном направлении. Границы рудных тел с вмещающими энстатитовыми дунитами и гарцбургитами резкие. Руды представлены густовкрапленными, реже сплошными разностями.

К северу от этих рудопроявлений по свалам установлены еще несколько точек хромового оруденения. Судя по обломкам, параметры рудных тел и характер оруденения аналогичны предыдущим проявлениям. На других участках массива установлены несколько залежей густовкрапленных руд с содержаниями Cr_2O_3 от 10 до 50 %. Форма залежей линзовидная и шлировидная, размеры не превышают 10 м по простиранию и 1 м по мощности. Ориентация рудных тел совпадает с простиранием элементов прототектоники. По результатам химического анализа восьми точечных проб, отобранных в русле руч. Каменного, содержание Cr_2O_3 в них составляет 25,2–33,2 %. В двух пробах из рудопроявлений в районе выс. 2034,0 м установлены содержания Cr_2O_3 соответственно 42,5 и 32 %.

Описанные проявления, приуроченные к дунит-гарцбургитовому полосчатому комплексу, характеризуются незначительными параметрами, но позволяют отнести Парамский массив к числу хромитоносных. Так же, как и на Шаманском, здесь необходимо проведение специализированного картирования и поисковых работ на участках с проявлениями хромовых руд.

Хромитоносность ультраосновных массивов Енисейского кряжа

В пределах Енисейского кряжа выделяются два пояса развития рифейских офиолитов, находящихся в аллохтонном залегании. Енисейский гипербазитовый пояс протягивается вдоль Енисея на 600 км, второй — располагается параллельно примерно

на 100 км восточнее. В отношении хромитоносности лучше изучены ультрабазиты Енисейского пояса (сурнихинский комплекс). В северной части Енисейского пояса расположены два относительно крупных массива с проявлениями хромитов — Березовский и Глубокинский.

Структурно массивы Приенисейской зоны приурочены к одноименной зоне разломов и в большинстве случаев тесно сопряжены с вулканогенно-осадочными породами сухопитской и тунгусской серий, выполняющими Исаковский синклинорий. Самые крупные массивы (до 35 км^2) сконцентрированы в бассейне р. Верхняя Сурниха, где они образуют ряд крутопадающих линзообразных тел, сгруппированных в зоне 25-километровой протяженности в виде S-образной фигуры. Их размеры — от первых десятков метров до 7 км в длину при мощности от нескольких метров до 0,3–0,5 км. Контакты с вмещающими породами, как правило, тектонические. Большая часть площади массивов слабо обнажена, и их хромитоносность установлена преимущественно по обломкам в делювиальных свалах. Хромиты обнаружены в Березовском, Глубокинском, Нижнепорожинском, Усть-Михеевском, Столбовском, Нижне- и Верхнесурнихинском массивах.

Наиболее изученными являются Березовский и Глубокинский массивы. Их краткая характеристика приводится по материалам Т.Я.Корнева [94].

Березовский массив

Березовский массив находится на правом берегу р. Енисей, в устьевой части р. Березовая. В северо-западном направлении массив прослеживается под долиной р. Енисей, где он оконтурен по данным магнитной и гравиметрической съемок [167]. В плане это линзовидное тело длиной до 7 км, при максимальной ширине около 3 км, площадью более 30 км^2. Обнаженная часть массива составляет около 7 км^2

Массив приурочен к Усть-Порожинскому разлому, залегает согласно простиранию вмещающих толщ. Углы падения контактов 60–80° на восток-северо-восток. По правому берегу р. Енисей, от руч. Ножевого до руч. Сплавного по скальным обнажениям массив вскрывается почти на всю мощность. Остальная его часть перекрыта террасовыми отложениями мощностью 10–20 м.

Породы массива представлены преимущественно апогарцбургитовыми антигоритовыми и хризотил-антигоритовыми серпентинитами. Отмечается брусит, ассоциирующий с магнезиальным карбонатом. В приконтактовых частях серпентиниты часто карбонатизированы и оталькованы. Широко распространены псевдоморфозы бастита по энстатиту, содержание которого меняется от 10 до 20 %.

В серпентинитах центральной части массива устанавливаются реликтовые участки серпентинизированных гарцбургитов и дунитов, часто с зернами раздробленных хромшпинелидов. В юго-западном контакте массива отмечаются амфиболизированные пироксениты, оливиновые бронзититы и тремолитовые породы. Непосредственно в контактах широко развиты лиственитты.

В Березовском массиве установлены три проявления в коренном залегании и три — в виде делювиальных обломков. Все они имеют небольшие размеры. В коренном залегании это линзы размером 0,4×1,5 м, 1,0×1,2 м и 0,4×3,2 м, ориентированные согласно с вмещающими серпентинитами. Содержание Cr_2O_3 в рудах от 36,6 до 47,5 %.

Глубокинский массив

Глубокинский массив находится в приустьевой части р. Порожной, на водоразделе ее притоков — ручьев Глубокий и Кривой. В плане массив имеет линзообразную

форму, вытянут в северо-западном направлении на 11 км, при максимальной ширине в средней части 4 км, площадь массива — 35 км^2, падение контактов вертикальное. Глубокинский массив является южным продолжением Березовского массива и по представлениям Т.Я. Корнева оба составляют единый более крупный будинированный массив. Большая часть массива перекрыта чехлом рыхлых отложений до 10 м и более, участками заболоченных. На полную мощность породы массива вскрыты по берегам р. Порожной, в 1,5–2,5 км выше ее устья. Отдельные небольшие выходы пород наблюдаются и по ручьям Касимовскому, Глубокому и другим.

Массив изучался в процессе геолого-съемочных работ м-ба 1:200 000 и 1:50 000, тематических исследований [94], а также при проведении поисковых работ на хромиты с проходкой канав, шурфов и скважин колонкового бурения [50, 58]. Большую помощь в оконтуривании Глубокинского массива оказали наземные, гравиметрические и магнитометрические работы Л.К.Качевского [85].

Массив залегает среди вулканогенно-осадочных отложений среднего рифея, представленных кристаллическими сланцами, кварцитами, мраморизованными известняками, лавами и туфами основного состава.

Геологическое строение массива изучено слабо. По редким скважинам и геофизическим данным предполагается, что центральную часть массива слагают дуниты, присутствуют также гарцбургиты и лерцолиты, в краевых частях преобладают гарцбургиты и лерцолиты. Серпентиниты массива с южной и западной сторон окаймляются серией тел габброидов, которые размещаются как по периферии краевой зоны, так и в виде линз в пределах краевой зоны. Последнее может быть обусловлено тектоникой, так как наряду с габбро здесь отмечаются линзы вмещающих пород.

Несмотря на специализированные поисковые работы, сопровождавшиеся большим объемом горных и буровых работ, коренные проявления хромитов не установлены. Есть четыре точки массивных хромитов, установленных по свалам, и шесть проявлений вкрапленного оруденения. По данным химического анализа содержание Cr_2O_3 в них изменяется от 41,27 % до 48,37 % [48,127].

2.5. Корякско-Чукотская хромитоносная провинция

Хромитоносные массивы Корякско-Чукотской провинции располагаются в пределах Корякского нагорья. В геологической структуре нагорья выделяется серия террейнов и аккреционных призм, общая структура которых сформировалась в поздней юре — раннем мелу [29]. Габбро-гипербазитовые массивы, входящие в состав офиолитовых комплексов, приурочены к граничным тектоническим зонам террейнов, к зонам аккреционных призм, к фронтальным структурам надвигов высоких порядков внутри террейнов.

Все массивы сильно тектонизированы, многие представляют собой зоны серпентинитового меланжа с небольшими блоками перидотитов (Пекульнейский, Четкинваямский). В крупных массивах сохраняется характерный для альпинотипных массивов разрез: гарцбургиты, лерцолиты, краевые дуниты, полосчатый комплекс, полосчатое и массивное габбро. Такой разрез наблюдается в Усть-Бельском, Тамватнейском и Красногорском массивах.

Проявления хромитовой минерализации преимущественно в виде элювиально-делювиальных развалов установлены практически во всех массивах. Наибольшее их количество отмечено в краевых дунитах Усть-Бельского и Красногорского массивов. Хромитоносность массивов изучалась в начале 70-х гг. пешеходными поисками масштаба 1:50 000 с незначительным объёмом канав. По широкому развитию крупных тел дунитов среди гарцбургитов и приуроченности к ним проявлений хромитов наиболее перспективным на промышленное оруденение выглядит Чирынайский массив. Выявление месторождений с убогими и бедными рудами возможно в Усть-Бельском и Красногорском массивах.

Усть-Бельский массив

Усть-Бельский массив находится в среднем течении р. Анадырь. В структурном плане он расположен в северной части Таловско-Майнского поднятия, в ядерной части Майнского антиклинория.

Впервые хромитоносность массива была установлена при проведении тематических работ по составлению карты хромитоносности бассейнов рек Анадырь и Великая в 1970–1973 гг. [148,149]. В плане массив имеет форму треугольника со срезанными углами. Площадь его обнаженной части составляет около 900 км^2, из них 220 км^2 приходится на габброиды, крупное тело которых в центре массива разделяет выходы ультраосновных пород на три неравные части: северную — 350 км^2, юго-западную — 100 км^2 и восточную — 200 км^2 *(рис. 47)*. В целом, массив вытянут по длинной оси на 55 км при средней ширине 20 км. Контакты массива тектонические. Северный блок массива слагают последовательно с запада на восток меридиональные полосы: нерасчлененных перидотитов и лерцолитов, затем крупная полоса гарцбургитов, к ней с востока примыкает полоса размером 17,5×2,0 км^2, в которой мощная полоса дунитов к востоку сменяется линзовидными и пластообразными телами тонкополосчатого чередования амфиболовых и плагиоклазовых перидотитов, пироксенитов, горнблендитов, дунитов и амфиболовых габбро. В этой полосе расположены все основные рудопроявления хромитов массива, которые по морфологии рудных тел, текстуре руд, содержанию Cr_2O_3 сопоставляются с рудами ДВКГ комплекса. Восточные и южные части массива состоят из сложной комбинации полей лерцолитов, гарцбургитов, габброидов,

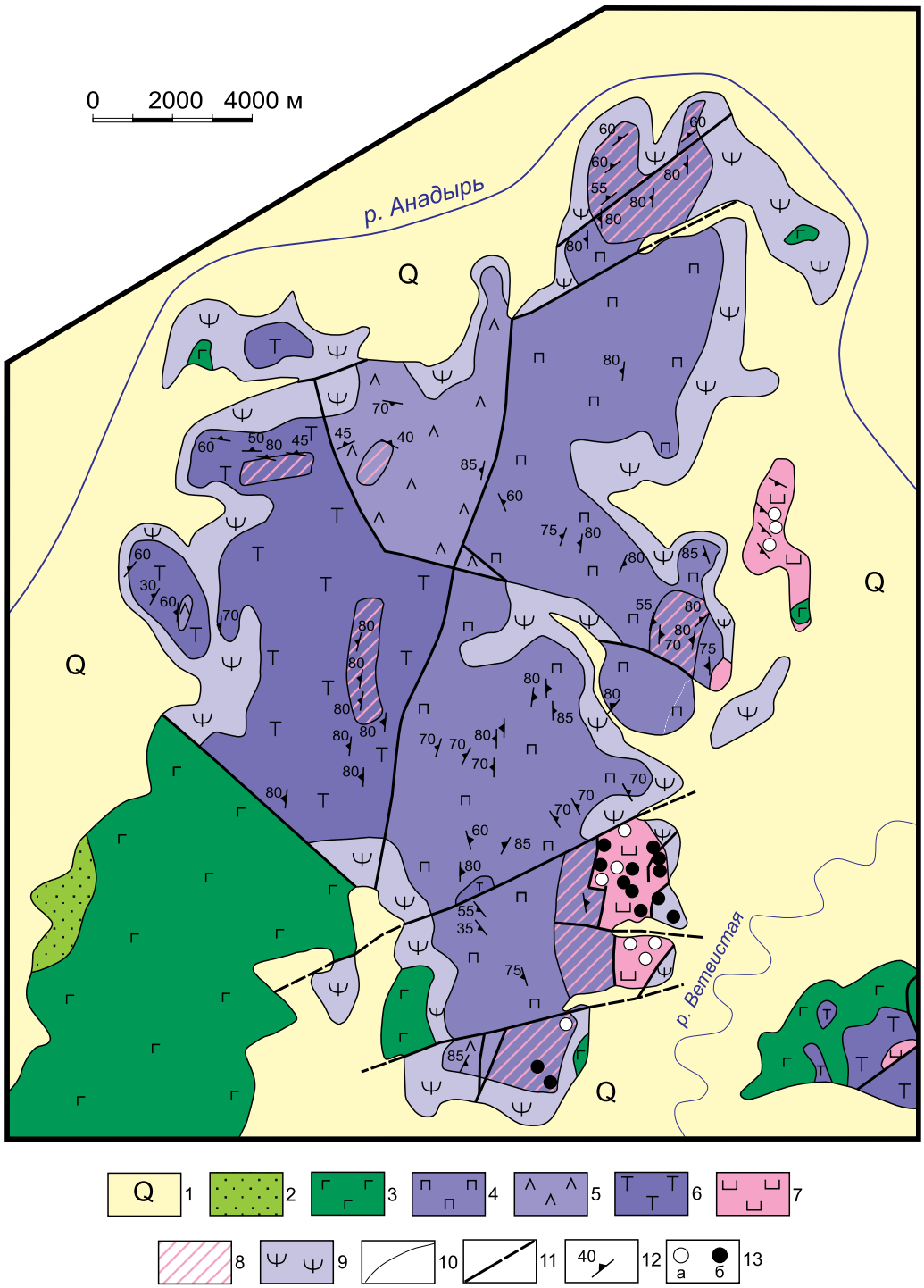


Рис. 47. Схематическая геологическая карта северной части Усть-Бельского массива (по Силкину В.Г., 1973 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — меловые терригенные отложения. Усть-Бельский офиолитовый комплекс: **3** — габбро, троктолиты; **4** — гарцбургиты; **5** — лерцолиты; **6** — нерасчлененные ультраосновные породы; **7** — дуниты; **8** — зоны мелких дунитовых тел; **9** — серпентиниты; **10** — геологические границы; **11** — тектонические нарушения; **12** — элементы залегания полосчатости перидотитов; **13** — элювиально-делювиальные проявления хромитов: а) с редковкрапленными рудами, б) с густовкрапленными и сплошными рудами

дунитов, вулканогенно-осадочных пород девона и более обширных полей серпентинитов. Серпентиниты слагают и краевые части всех перечисленных блоков.

Рудопроявления представлены шлирово-полосчатыми зонами редковкрапленных хромитов, содержащими линзы и прожилки густо-средневкрапленных и сплошных руд, реже линзы и прожилки густовкрапленных хромитов, встречающихся обособлено. Большинство проявлений находится в коренном залегании, часто они сопровождаются свалами. Протяженность рудных зон достигает 700 м, мощность — до 100–150 м. Мощность шлиров и прожилков густовкрапленных и сплошных хромитов в зонах составляет первые сантиметры, реже 20–30 см, средневкрапленных — первые десятки сантиметров, реже первые метры. Шлиры сплошных и густовкрапленных руд удается проследить лишь на несколько метров. Суммарная мощность шлирово-полосчатых обособлений в зонах достигает первых метров, а протяженность — десятки метров. Простирание зон и шлиров субмеридиональное, согласное с полосчатостью пород. Содержание Cr_2O_3 в сплошных рудах колеблется от 22 до 34 %, в хромшпинелиде — 38–51 % [147]. Наиболее крупный участок проявления хромовых руд, размером 3000×1500 м, расположен к западу от верхнего течения р. Ветвистая. С хромитами ассоциируют россыпные проявления минералов платиновой группы, представленные в основном минералами Os, Ir и Ru.

Красногорский массив

Красногорский гипербазитовый массив расположен в северной части Корякского нагорья в Майницкой тектонической зоне.

Геологическое строение массива изучалось при проведении геологической съемки масштабов 1:200 000 и 1:50 000 [68]. Хромитоносность массива наиболее полно отражена в результатах тематических исследований по составлению карты хромитоносности бассейнов рек Анадырь и Великая в 1970–1973 гг. [148]. В начале XXI в. на массиве проводились поисковые работы в связи с потенциальной платиноносностью ультрабазитов Майницкой зоны [80], в результате которых были обследованы известные рудопроявления хромитов и выявлены новые.

В плане массив имеет форму овала, вытянутого в северо-восточном направлении, согласно с общим простиранием вмещающих туфогенно-осадочных пород мезозойского возраста. Протяженность массива 10 км, ширина до 3,5 км, площадь 35 км^2, контакты с вмещающими породами тектонические. Серией разрывных нарушений северо-западного направления массив разбит на ряд тектонических блоков. По структурным и петрографическим особенностям массив четко делится на северную и южную части (*рис. 48*). Южная часть сложена гарцбургитами, в которых доля дунитов составляет от 10 до 50 %, в среднем — 25 %. По западному краю южной части массива протягивается полоса дунитов протяженностью 4 км и шириной 500–600 м неясной формационной принадлежности. На юго-востоке северной части массива развиты гарцбургиты, севернее, в виде широкой до 1,5 км дуги, обращенной на юг, развиты краевые дуниты, севернее переходящие в зону переслаивания дунитов с верлитами и клинопироксенитами.

На площади массива выявлено около 30 проявлений хромитов, 7 из них в дунитах и гарцбургитах в южной части массива, остальные преимущественно в дунитах ДВКГ комплекса северной части массива. Наиболее крупные по размерам тела расположены в верхней части краевых дунитов. Среди проявлений хромовых руд ДВКГ комплекса выделены три типа: 1 — пластообразные залежи шлирово-полосчатых руд в дунитах

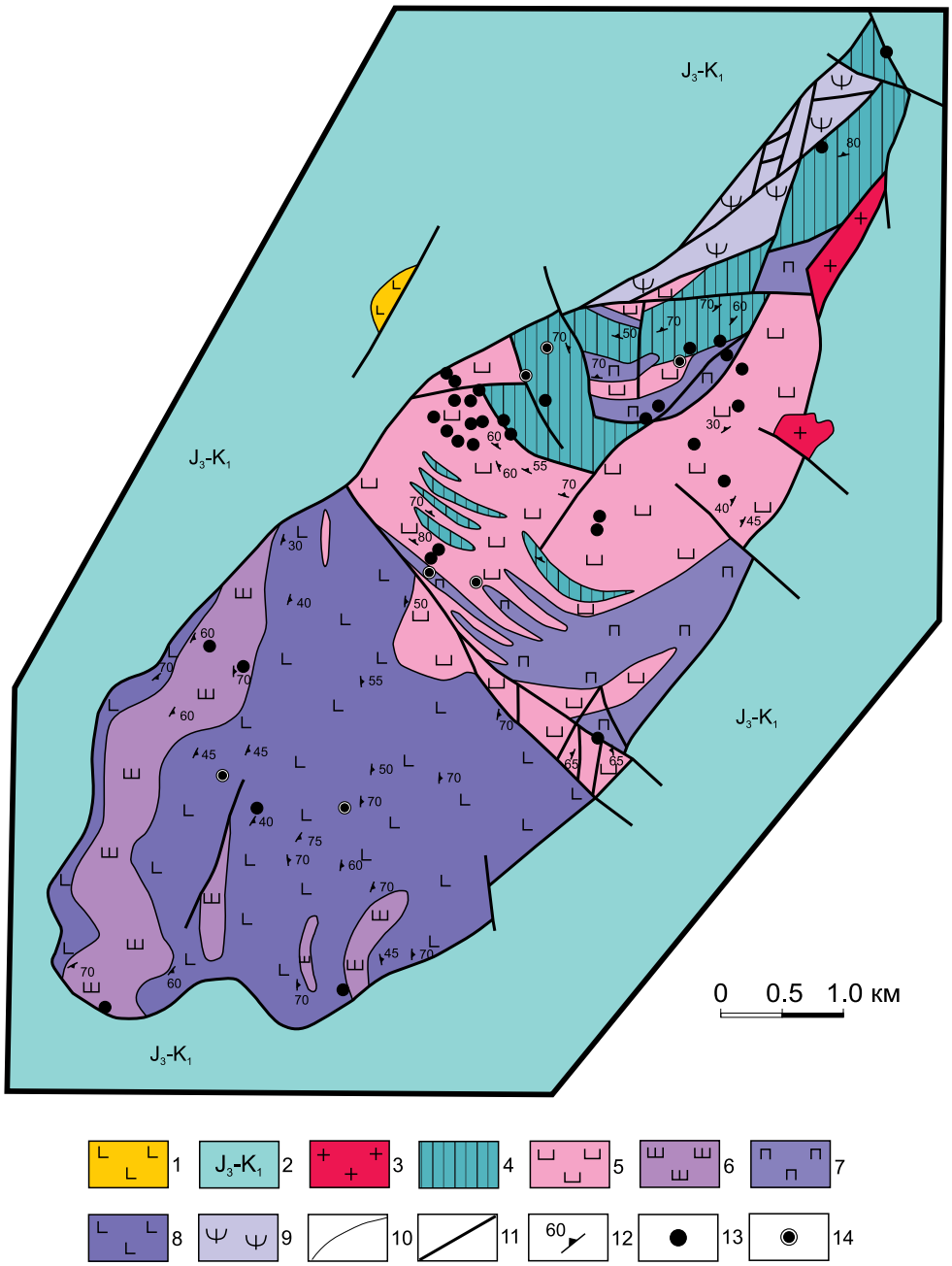


Рис. 48. Схематическая геологическая карта Красногорского массива (по Силкину В.Г., 1973 г.):

1 — неогеновые базальты; **2** — юрско-меловые базальтовые порфириты, туфопесчаники, яшмы, известняки; **3** — палеогеновые гранодиорит-порфиры, диорит-порфириты. Раннемеловой офиолитовый комплекс: 4 — дунит-верлит-клинорироксенитовый комплекс нерасчлененный; **5** — дуниты (краевые) ДВК комплекса; 6 — дуниты дунит-гарцбургитового комплекса; **7** — гарцбургиты; **8** — дуниты и гарцбургиты нерасчлененные; 9 — серпентиниты; **10** — геологические границы; **11** — разрывные нарушения; **12** — элементы залегания полосчатости; 13-проявления хромовых руд; **14** — линзы сплошных хромитов мощностью более 0,2 м

северной части массива; 2 — линзы, гнезда, жилы густовкрапленных, реже сплошных руд в этих же дунитах; 3 — гнезда и жилообразные залежи сплошных и густовкрапленных руд в зоне переслаивания дунитов с верлитами и клинопироксенитами.

Руды первого типа образуют залежи пластообразной формы мощностью от первых десятков см до 15–20 м, их видимая протяженность — 10–50 м, среднее содержание хромита около 10 %. Среди редковкрапленных руд изредка встречаются небольшие шлиры сплошных. Руды второго типа, средне-густовкрапленные и сплошные, образуют линзообразные залежи, гнезда, реже жилы. Их мощность обычно не более

нескольких дециметров, а протяженность — нескольких метров. Руды первого и второго типов высокохромистые при содержании компонентов в хромшпинелиде (масс. %): Cr_2O_3 47,47 — 67,98; Al_2O_3 2,74 — 9,77; FeO 11,30–22,43. Проявления хромитов третьего типа локализуются преимущественно в дунитах зоны переслаивания дунитов с верлитами и клинопироксенитами. Выявлены они в редких делювиальных свалах размером 20×60 м, 30×30 м, 20×200 м на протяжении одного километра. Количество обломков в делювии 1–5 %. Максимальный размер обломков 30 см. Мощность рудных жил и прожилков в обломках делювия — сантиметры-первые дециметры, реже 0,8 м. Проявления полосчатого комплекса имеют значительную протяженность, но отличаются низким качеством руд. Руды низкохромистые, высокожелезистые, содержание Cr_2O_3 в хромшпинелиде 15–33 %.

Рудопроявления южного блока малочисленны и невелики по размерам. Приурочены они, в основном, к полосам дунитов в гарцбургитах, реже — к крупным телам дунитов.

Тамватнейский массив

Тамватнейский гипербазитовый массив расположен в среднем течении р. Великая, в левом борту р. Тамватней. В структурном отношении он приурочен к сочленению Великореченского синклинория с Малонаучирынайским антиклинорием в западной части Койвэрэланской субширотной зоны разломов.

Изучение массива началось при проведении средне-крупномасшабных геологических съемок в 60–70-х годах прошлого века, тогда же в пределах массива было выявлено хромовое оруденение, а в зоне надвига, ограничивающего массив с севера, крупное месторождение киновари. Рудопроявления хромитов и месторождение изучались В. Г. Силкиным в 1970–1973 гг. [148].

Массив является вторым по величине среди гипербазитовых массивов Корякского нагорья, его площадь составляет 270 км$^{2.}$ В плане имеет форму эллипса, вытянутого в субширотном направлении на 36 км при максимальной ширине 11 км *(рис. 49)*.

В основном, массив сложен лерцолитами и диопсидовыми гарцбургитами, в различной степени серпентинизированными. Серпентинизация усиливается вдоль зон тектонических нарушений. Дуниты образуют среди лерцолитов небольшие полосы размером от 20–30 см до метра, протяженность полос в среднем 1–2 м при мощности до 8–10 см. Наибольшее количество и максимальные размеры дунитовых обособлений отмечаются на востоке массива. В западной части на небольших участках среди лерцолитов развиты породы ДВКГ комплекса мощностью до 50 м. В их составе дуниты, верлиты, вебстериты, клинопироксениты. В южной половине массива локально распространены различные по величине участки габброидов. Часто они расположены на контакте с перекрывающими юрско-меловыми базальтами. Последние, вместе с перекрывающими их меловыми осадочными отложениями, образуют широкую полосу в южной части массива. В нижних горизонтах габброидных тел развиты плагиоклазовые лерцолиты, троктолиты, пегматоидные пироксениты, горнблендиты.

Проявления хромитов, незначительные по размерам, расположены на северо-востоке среди лерцолитов и в южной части массива в дунитах ДВКГ комплекса. Небольшие участки пород ДВКГ комплекса расположены в полосе шириной 1 км, примыкающей к краю юрско-меловых вулканитов основного состава. Рудопроявления выявлены в виде элювиально-делювиальных развалов протяженностью до 150 м. Хромовые руды представлены шлирово-полосчатыми обособлениями хромитов, мощностью до 1 м и более, мощность прожилков и шлиров составляет 1–10 см, редко 20 см. Преобладают сплошные хромиты, реже густовкрапленные (редко- и убоговкрапленные в делювии

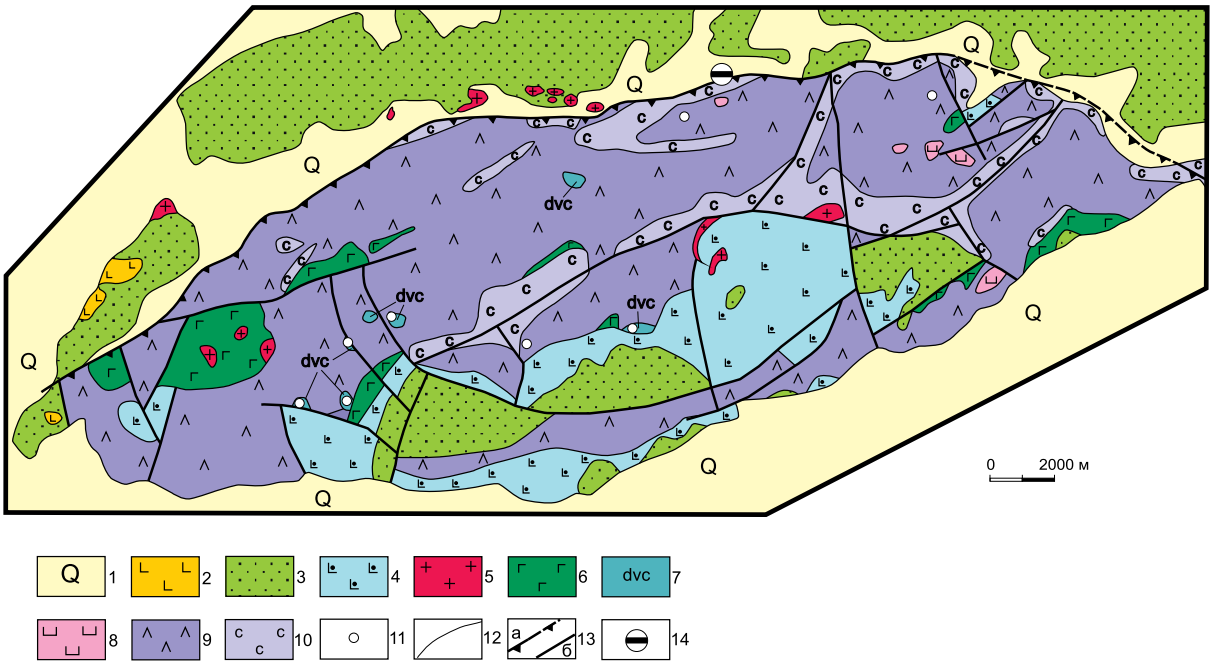


Рис. 49. Схематическая геологическая карта Тамватнейского массива (по Силкину В.Г., 1973 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — неогеновые базальты; **3** — меловые осадочные отложения; **4** — юрские базальты, базальтовые и андезитовые порфириты; **5** — меловые гранодиорит-порфиры и диориты. Раннемеловой офиолитовый комплекс Тамватнейского массива: **6** — габбро, габбродиабазы; **7** — дуниты; верлиты; клинопироксениты ДВКГ комплекса; **8** — дуниты; **9** — лерцолиты; **10** — серпентиниты; **11** — рудопроявления хромовых руд; **12** — геологические границы; **13** — тектонические нарушения: а) зона надвига, б) прочие нарушения; **14** — Тамватнейское месторождение киновари

не сохраняются). Размеры рудопроявлений, судя по высыпкам, не превышают десятков см, лишь в районе г. Шаманье тело хромитов мощностью около 1 м имеет длину более 100 м. Содержания Cr_2O_3 в рудах южной зоны 51,4–53,64 %, в северной части среди лерцолитов — 39,38–44,07 %.

Чирынайский массив

Чирынайский гипербазитовый массив расположен в северной части Корякского нагорья вблизи границы Майницкой тектонической зоны и Нижне-Анадырской кайнозойской впадины.

Геологическое строение массива изучалось в 70–80 годах прошлого века при проведении геологосъемочных работ [68]. Хромитоносность массива наиболее детально изучалась в процессе тематических исследований по составлению карты хромитоносности бассейнов рек Анадырь и Великая в 1970–1973 гг. [148, 149].

В плане массив имеет дугообразную выпуклую к югу форму. Длина массива 15 км при ширине выходов от 1,5 до 3,3 км, площадь — 37 км^2. Массив сложно дислоцирован, контакты его повсеместно тектонические. В виде плиты мощностью около 1,5 км он полого под углом 30–35° погружается в южном направлении. На севере массив граничит с терригенными отложениями верхнего триаса, прорванными раннемеловыми интрузиями габброидов, на северо-востоке и юго-востоке — с осадочной толщей палеогена *(рис. 50)*.

Большая часть массива сложена гарцбургитами, около 40 % площади массива составляют дуниты, образуя мелкие и крупные поля. По западной и южной периферии массива развиты небольшие поля ДВКГ комплекса, пространственно тяготеющие к полосовидному телу габбро, вытянутому вдоль южной границы ультрабазитов.

На массиве выявлены более 30 проявлений хромитовой прожилково-вкрапленной минерализации. Они рассредоточены почти по всей его площади. Выделяют три типа проявлений хромовых руд: 1 — линзы, гнезда и неправильные залежи сплошных и густовкрапленных руд; 2 — линзы средне-густовкрапленных руд; 3 — шлирово-полосчатые обособления редковкрапленных руд. Две трети находок относятся к первому типу. Три наиболее крупных проявления этого типа представляют собой делювиальные развалы с обломками хромитов размером до 30–50 см на участках размером 120×200, 100×200 и 20×150 м, удаленных друг от друга на 600–900 м. Количество обломков хромитов составляет 1–5 %. Хромиты сплошные, крупно — среднезернистые, сланцеватые. В обломках дунитов, в основном, линзообразные скопления сплошных руд. В коренном залегании среди дунитов отмечались лишь мелкие линзообразные залежи, гнезда неправильной формы в зоне шириной 15 м и протяженностью 40 м. Размер линз от 2×15 см до 40×60 см. Максимальная мощность линз — 30 см.

Редковкрапленные руды третьего типа образуют шлирово-полосчатые обособления в дунитах, мощность которых изменяется от долей м до 30 м. Содержание хромшпинелида в рудах — от первых процентов до 30–40 %. Руды высокохромистые, сложены магнезиально-железистым хромитом, отдельные проявления — алюмохромитом или железистым субферриалюмохромитом. В проявлениях ДВКГ комплекса в составе руд преобладает ферриалюмохромит. По результатам химического анализа 8 проб хромитовых руд они содержатот от 28,45 до 54,78 % Cr_2O_3 [149].

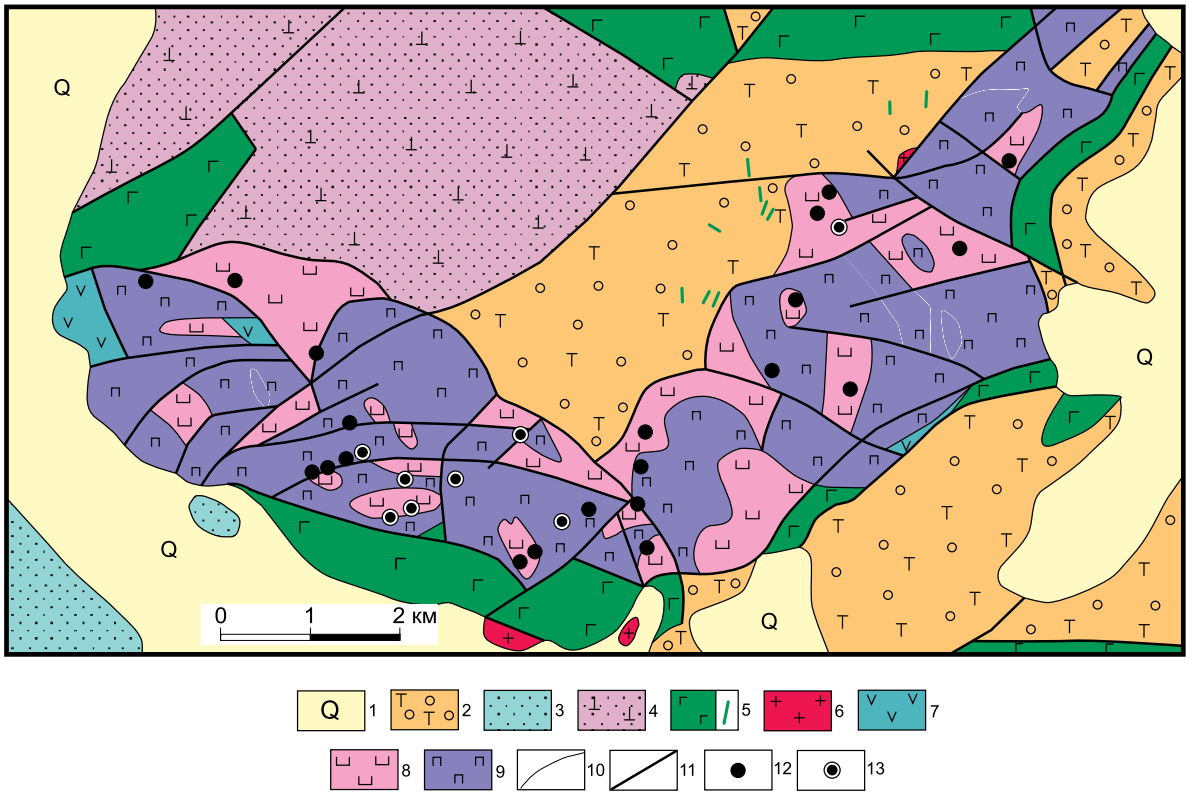


Рис. 50. Схематическая геологическая карта Чирынайского массива (по материалам Силкина В.Г., 1973 г.):

1 — четвертичные отложения; **2** — палеогеновые осадочные и осадочно-туфогенные отложения; **3** — юрско-меловые терригенные отложения; **4** — триассовые туфогенно-осадочные отложения. Раннемеловой офиолитовый комплекс: **5** — габбро и их дайки, **6** — плагиограниты, гранодиориты; **7** — дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс нерасчлененный; **8** — дуниты; **9** — гарцбургиты; **10** — геологические границы; **11** — тектонические нарушения; **12** — рудопроявления хромовых руд; **13** — линзы сплошных хромитов мощностью более 0,2 м

Четкинваямский массив

Четкинваямский гипербазитовый массив находится на южных склонах Корякского хребта на правобережье р. Хатырки. Так же как и Тамватнейский, массив изучался при геологическом картировании в 1960–70-х годах. Хромовое оруденение массива изучалось В.Г. Силкиным в 1973 г. [148]. Массив в плане имеет вид прерывистой узкой полосы, вытянутой в северо-восточном направлении на 40 км, ширина выходов колеблется от 0,2 до 1,7 км, по геофизическим данным — от 0,7 до 6 км, площадь массива составляет около 40 км^2. Вмещающими породами являются кремнисто-вулканогенные образования верхнего мезозоя. Северо-западный и юго-восточный контакты массива тектонические. Среди гипербазитов картируются многочисленные выходы вмещающих пород. Массив слабо обнажен, на породах развита кора выветривания мощностью до 12 м.

Сложен серпентинитами, среди которых по реликтовым структурам определяются дуниты и перидотиты (гарцбургиты), в относительно свежем состоянии сохраняются пироксениты. Дуниты слагают полосы и линзы мощностью до 15–20 м среди перидотитов. Пироксениты отмечаются в виде жил и даек мощностью до 20–30 м. Наиболее насыщенные пироксенитами участки тяготеют к юго-восточному контакту массива.

В пределах массива выявлены 6 делювиально-элювиальных развалов хромовых руд. Оруденение, в виде маломощных (первые см, редко 15 см) линз, гнезд, шлиров, приурочено к дунитам, реже линзообразные или бесформенные гнезда (размером до десятков см) вкрапленного (10–15 %) хромита отмечаются в пироксените. Рудные обособления встречаются группами и, как правило, приурочены к определенным зонам, вдоль которых они прослеживаются на расстояние до 300 м (проявление 106). Общее количество хромитовых обломков в развале не превышает 3 %. Реже развалы хромитов имеют изометричную форму. На проявлении 107 мелкообломочные развалы серпентинитов с обломками густовкрапленных и сплошных хромитов развиты на площади 50×50 м. Обогащенные обломками хромитов участки достигают размеров 3–4×6 м. Возможно, образование их происходило за счет разрушения шлиров мощностью до 1 м и протяженностью 3–5 м.

Хромиты представлены мелко- и среднезернистыми массивными разностями. Содержания Cr_2O_3 в рудах колеблются от 41,4 % до 52,8 %, в хромшпинелиде — 51,5–60,3 %, Al_2O_3 от 8 до 14,5 %.

Пекульнейский массив

Пекульнейский массив расположен в 30 км к востоку от средней части Пенжинской Губы в зоне Пекульнейского глубинного разлома.

Впервые хромитоносность массива была установлена в 1966 году Г.В. Пинусом, а затем детально изучена В. Г. Силкиным в 1973 г. [148].

Массив представляет собой узкое тело шириной 1,3–0,5 км, длиной около 11 км, ориентированное длинной осью в северо-восточном направлении, состоящее из трех приблизительно равновеликих тектонических блоков площадью 4–4,5 км^2 каждый. Залегают они среди кремнисто-терригенных и вулканогенных пород верхнего мезозоя, часто по разломам окружены гранитами и гранодиоритами.

Массив сложен шпинелевыми и гранат-шпинелевыми клинопироксенитами, оливиновыми пироксенитами, дунитами, верлитами, лерцолитами, габбро. В центральных частях блоков наблюдается расслоенность: нижняя часть разреза, мощностью до 500 м, сложена дунитами, верлитами, оливин-клинопироксенитовыми вебстеритами, оливин-роговообманковыми клинопироксенитами; средняя — мощностью около 50 м, представлена вебстеритами и клинопироксенитами; верхняя — «габбровая» мощностью

до 300 м, сложена клинопироксенитами, горнблендитами, а также метагаббро и гранатовыми метагаббро. В целом, обобщенный разрез трех пачек Пекульнейского массива хорошо сопоставляется с разрезом ДВКГ структурно-вещественного комплекса.

В пределах массива установлены немногочисленные проявления хромитов в виде элювиально-делювиальных развалов максимальной площадью до 80×120 м. Все они представлены шлирово-полосчатыми рудами в дунитах. Мощность шлирово-полосчатых зон колеблется от 0,2 до первых метров, протяженность достигает первых десятков метров. Содержание хромшпинелида в зонах — 10–20 %, руды убого-редковкрапленные. Шлиры и полосы образованы мелкозернистым идиоморфным хромшпинелидом различной густоты вкрапленности — от редко до густо-вкрапленных, изредка переходящих в сплошные. Мощность отдельных полос густовкрапленных и сплошных разностей колеблется от нескольких мм до 3–5 см. Контакты полос хромитов с дунитом резкие, иногда сопровождаются струйками редковкрапленных хромшпинелидов.

В богатых хромитовых рудах (один анализ) содержание Cr_2O_3 составляет 54 %, Al_2O_3 — 8,58 %, FeO — 20,8 %. Эти значения характерны для руд в дунитах ДВКГ комплекса. В бедных рудах (2 анализа) содержание Cr_2O_3 опускается до 12,7–36,0 %; Al_2O_3 6–6,5 %.

Южно-Шмидтовский массив

Южно-Шмидтовский гипербазитовый массив расположен в северо-восточной конечности о. Сахалин. С севера на юг он вытянут на 18 км при средней ширине 2,8 км. Площадь массива составляет 50 км^2. С запада он ограничен Лонгринским разломом, с востока — береговой линией Охотского моря.

Массив хорошо изучен, в 60-х годах на нем проведена геологическая съемка масштаба 1: 50 000 [46], в 1972 г. проводились поисковые работы на хромиты, которые включали геологическую и гравиметрическую съемки масштаба 1: 10 000 с участками детализации масштаба 1:2000; были проведены горные и буровые работы с целью оконтуривания и выяснения глубинного строения массива и распространения хромовых руд, проведен комплекс геохимических и петрохимических исследований [164]. Массив сложен серпентинизированными гарцбургитами, в составе которых выделяются узкие тела серпентинизированных дунитов субмеридионального простирания мощностью от первых метров до первых десятков метров. В гарцбургитах массива проявлена полосчатость северо-западного простирания с падением на запад-юго-запад под углами 50–60°. Вдоль контактов массива проходит широкая полоса серпентинитов. На юге, на горе Левенштерна, расположено небольшое поле пироксенитовых и амфиболовых габбро. Тектоническими нарушениями массив разбит на блоки. Вмещающими породами являются вулканогенно-осадочные образования верхнего мезозоя и неогена. Возраст массива раннемеловой.

В пределах массива известны 10 проявлений хромитов. Все они располагаются в дунитах, в средней части массива, и объединены в три группы (участки) — Северо-Томинский, Южно-Томинский и 2-ой Южно-Томинский. Оруденение представлено мелкими шлировидными телами с редко-густовкрапленными рудами и лишь на участке Южно-Томинском, где сконцентрировано большинство проявлений, наблюдаются достаточно мощные рудные тела. Здесь выявлены 8 рудных тел сплошных и вкрапленных хромитовых руд, размер самого крупного из них 30 х 20 м в плане и 11 м по падению. Остальные рудные тела имеют размеры 5–10×1,5–2 м. Руды сплошные, мелко-среднезернистые, окаймляются маломощными зонами вкрапленных руд. Содержание Cr_2O_3 в рудах колеблется от 24 до 56 %, отношение Cr_2O_3 /FeO' — 3,4.

Заключение

Приведенные материалы показывают неравномерное распределение разных типов месторождений и рудопроявлений хромовых руд на территории России.

Месторождения стратиформного типа с крупными запасами и прогнозными ресурсами расположены, в основном, на территории Балтийского щита в Мурманской области (Сопчеозерское и Большая Варака) и в Республике Карелия (Аганозерское).

В пределах складчатых поясов Урала, Алтае-Саянской области и Чукотки преобладают рудопроявления и месторождения в альпинотипных массивах. Исключение составляет Сарановская группа месторождений стратиформного типа в Пермском крае.

Альпинотипные месторождения Урала, по положению в обобщенном разрезе офиолитовой формации, подразделяются на четыре типа, каждый из которых обладает определенными морфологией рудных тел, составом руд, рудного хромшпинелида и возможными масштабами концентрации хромового оруденения, количеством выявляемых месторождений. Самые высококачественные руды по содержанию хрома и составу рудного хромшпинелида связаны с дунитами дунит-гарцбургитового комплекса. Морфология рудных тел — линзы и жилы изменчивой мощности со сложными окончаниями границ, размеры рудных тел — от незначительных до огромных на Кемпирсайских месторождениях. Месторождения этого типа достаточно редки, но содержат, с учетом Кемпирсайских месторождений Казахстана, наибольший суммарный объем ресурсов хромовых руд Урала. В России в эту группу входят месторождения массива Рай-Из с суммарным объемом ресурсов около 20 млн т и мелкие месторождения Халиловского и Аккаргинского массивов с суммарными ресурсами на каждом в первые сотни тыс. т.

Месторождения гарцбургитового СВК имеют чтезвычайно широкое распространение в пределах Урала. Морфология рудных тел, текстуры руд идентичны рудным телам дунит-гарцбургитового СВК, но обладают значительно меньшими размерами. Руды глиноземистые с преобладающими содержаниями в границах 30–37 % Cr_2O_3. Запасы отдельных месторождений достигают 100–180 тыс. т, преобладают с запасами от нескольких до перых десятков тыс. т.

Наиболее многочисленны месторождения в дунитах ДВКГ комплекса. Особенностью морфологии рудных тел этих месторождений является формирование рудных залежей, состоящих из серии сближенных неустойчивых по простиранию линз, слоев бедных и убогих руд со шлирами средне- и густовкрапленных. Среднее содержание Cr_2O_3 в рудах — от 6–8 до 17 %, в шлирах и в мелких линзах — до 30–40 %. В этом типе своими размерами выделяются месторождение 219 Верх-Нейвинского массва и 5/II Хабарнинского массива, соответственно с ресурсами 270 тыс. т (C_1+C_2) и 1,0 млн т (P_1), но в целом преобладают очень мелкие месторождения с запасами от единиц до первых десятков тыс. т.

Месторождения близкраевого типа встречаются достаточно редко, по строению рудных залежей и составу руд они очень схожи с предыдущими, отличием является размещение рудных залежей в линзообразных телах дунитов среди гарцбургитов в верхней краевой части массивов. Месторождения мелкие, размером от единиц до первых десятков тысяч т, исключением является Курмановское месторождение с отработанными запасами в 270 тыс. т.

Стратиформные месторождения содержат более 80 % запасов и прогнозных ресурсов хромовых руд России. Однако, из-за низкого качества руд Карело-Кольского региона, поставленные на баланс в 2005 г., они к 2020 г. так и не были вовлечены в отработку. Основной объем добычи хромовых руд осуществляется на альпинотипном

месторождении Центральное на Полярном Урале и на Сарановской группе месторождений в Пермской области.

Основные запасы альпинотипных месторождений сосредоточены в Рай-Изской группе месторождений на Полярном Урале (Центральное, Западное, 214 и ряд мелких месторождений Южного и Юго-Западного рудных полей). Мелкие альпинотипные месторождения Среднего и Южного Урала содержат всего 0,01 % запасов и обеспечивают незначительный объем добычи. На территории Алтае-Саянской области, несмотря на обилие альпинотипных массивов и прявлений хромовых руд в них, промышленных месторождений не установлено. Перспективы выявления месторождений хромитов на Чукотке остаются крайне низкими. Основные перспективы увеличения запасов и развития добычи хромовых руд России связаны с месторождениями Карело-Кольского региона и Урала.

Литература

Опубликованная

1. **Анфилогов** В.Н., Краснобаев А.А. Возраст гипербазитов Главного Уральского разлома // ДАН. Т.482, № 4, 2018. С. 418.

2. **Белова** А.А., Рязанцев А.В., Разумовский А.А., Дектярев К.Е. Раннедевонские надсубдукционные офиолиты в структуре Южного Урала // Геотектоника, 2010, № 4, С. 39–64.

3. **Вахромеев** С.А., Зимин И.А., Кожевников К.Е. и др. Уральские месторождения хромита. М.: ОНТИ НКТП СССР. 1936. 240 с.

4. **Добрецов** Н.Л., Молдаванцев Ю.Е., Казак А.П. и др. Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна). Новосибирск: Наука. 1977. 221 с.

5. **Додин** Д.А., Чернышев Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометальные месторождения России. СПб.: Наука, 2000. 755 с.

6. **Золоев** К.К., Волченко Н.А. Коротеев В.А., Малахов И.А. Платинометальное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: 2001. 198 с.

7. **Иванов** О.К. Расслоенные хромитоносные ультрамафиты Урала. М.: Наука. 1990. 243 с.

8. **Колман** Р.Г. Офиолиты. М.: Мир, 1979. 269 с.

9. **Коновалова** О.Г., Прусевич Н.А. Дунит-гарцбургитовые массивы Кузнецкого Алатау и Салаира. Новосибирск: Наука, 1977, 166 с.

10. **Мамонтов** В. П., Докучаева В.А. Геология и рудоносность массива Падос-Тундра на Кольском полуострове // Отечественная геология, 2005, № 6, С 52–60.

11. **Николаев** В.И. Хромитоносные геологические формации с крупными месторождениями и высококачественными рудами // Отечественная геология. 1998 г., № 4. С. 58–63.

12. **Николаев** В.И. Структурное положение хромового оруденения в альпинотипных гипербазитах Урала // Ультрабазит-базитовые. комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения (Материалы третьей международной конференции, том.2. С.79–82). Качканар. 2009.

13. **Николаев** В.И., Руднев А.В. Типы хромоворудных концентраций и закономерности их размещения в альпинотипных массивах Урала.// Руды и металлы, 2016, № 1, С. 15–24.

14. **Павлов** Н.В., Кравченко Г.Г., Чупрынина И.И. Хромиты Кемпирсайского плутона. М.: Наука, 1968. 173 с.

15. **Пейве** А.В. Океаническая кора геологического прошлого // Геотектоника. 1969. № 4. С. 5–23.

16. **Пейве** А.В. Офиолиты и земная кора // Природа. 1974. № 2. С. 18–25.

17. **Перевозчиков** Б. В. Закономерности локализации хромитового оруденения в альпинотипных гипербазитах (на примере Урала). М.: 1995, 46 с. (Геол., методы поисков, разведки и оценки м-ний тверд. полезн. ископаемых: Обзор / АОЗТ «Геоинформмарк», вып.7).

18. **Перевозчиков** Б.В. Реестр хромитопроявлений в альпинотипных ультрабазитах Урала. Пермь: 2000, КамНИИКИГС, 474 с.

19. **Петрология** и метаморфизм древних офиолитов. Под ред. В.С. Соболева, Н.Л. Добрецова. Из-во Наука, Сиб. отд. Новосибирск: 1977. 220 с.

20. **Пинус** Г.В., Ю.Н.Колесник Альпинотипные гипербазиты юга Сибири. М.: Наука, 1966, 211 с.

21. **Поиски**, разведка и оценка хромитовых месторождений (под ред. Т.А. Смирновой, В.И. Сегаловича). М.: Недра, 1987. 166 с.

22. **Пучков** В.Н. Геология Урала и Приуралья. Уфа. 2010. 280 с.

23. **Пушкарев** Е.В. Геологическое строение Хабарнинского мафит-ультрамафитового аллохтона по данным бурения и наземных исследований: взаимоотношения мантийных и коровых комплексов // Офиолиты: Геология, петрология, металлогения и геодинамика. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. 2006. С. 129–137.

24. **Ракаев** А.И.,Мельников Н.Н. и др. Хромовые руды Кольского полуострова, минералого-технологическая оценка, перспективы освоения.// Обогащение руд., 1999, № 6, С.19–24.

25. **Ракаев** А.И., Кулаков А.Н., Чепкаленко Н.А. и др. Технология обогащения хромовой руды Сопчеозерского месторождения // Обогащение руд. 2000, № 6, А. 19–22.

26. **Рудник** Г.Б. Петрогенезис ультраосновных пород Нуралинского массива на Южном Урале // Соотношение магматизма и метаморфизма в генезисе ультрабазитов. М.: Наука, 1965, С. 68–100.

27. **Савельев** А.А., Савельева Г.Н. Офиолиты Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал) // Геотектоника, 1977, № 6, С.46–60.

28. **Савельева** Г.Н.Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. М.: Наука. 1987. 230 с.

29. **Соколов** С.Д. Очерк геотектоники северо-восточной Азии // «Геотектоника», № 10, С. 60–78.

30. **Строение**, эволюция и минерагения гипербазитового массива Рай-Из. Под ред. В.Н. Пучкова, Д.С. Штейнберга. Уро АН СССР, Свердловск:1990. 228 с.

31. **Татаринов** П.М., Красновский Г.М. Алапаевская интрузия ультраосновных пород на Урале и ее месторождения хромистого железняка. М.-Л.: Госгеолтехиздат. 1940. 140 с.

32. **Хромиты** СССР. Т.I. 1937. Т.II. 1940.

33. **Сутурин** А.Н. Геохимия гипербазитов Восточного Саяна. Новосибирск: Наука, 1978, 141 с.

34. **Чащин** В.В., Галкин А.С., Озерянский В.С., Дедюхин А.Н. Сопчеозерское месторождение хромитов и его платиноносность // Геология рудных месторождений. 1999. Т.41, № 6, с. 507–515.

Неопубликованная (фондовая)

35. **Апальков** Ю.А. Промежуточный отчет о геолого-поисковых работах Тогул-Сунгайской партии за 1956–1959 гг. Новокузнецк: 1959.

36. **Афанасьев** А.К. и др. Отчет Результаты групповой геологической съемки м-ба 1:50000 на территории листов Q–42–14-В, Q-42-15-АБВГ, Q-42-26-Б, Q-42-27-АБВГ, Q-42-28-А (в, г), Б (в, г), В, Г и производство доизучения в м-бе 1:50000 листов Q-42-3-В,Г, 1977–1984 гг. Пос. Полярный: 1984.

37. **Беляевских** Г.Г. (отв. исполнитель), Зайков В.В. и др. Отчет по производству поисковых работ на хромиты в южной части Войкаро-Сыньинского гипербазитового массива (по работам 1976–1977 гг.). Воркута: 1978.

38. **Бердюгин** Ю. П., Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000, лист N-41-X1X. Объяснительная записка. Свердловск: 1986, Филиал по Челябинской области ФГУ «ТФГИ по УрФО», инв. № 6495.

39. **Бобров** Е. В. Отчет о ревизионных геологоразведочных работах на Качкинской группе месторождений хромита в 1999–2000 гг. Верхняя Пышма: 2000.

40. **Брисюк** А.В. Отчет о результатах выполненных работ по объекту «Поисковые работы на хромовые руды в пределах Верхне- и Южнопогурейской зон Погурейского блока Войкаро-Сыньинского массива». АО «Росгео», АО «СевЗап ПГО», Москва: 2017.

41. **Булыкин** Л. Д. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Лист N-41-X1X. Серия Южно-Уральская. Свердловск: 1995.

42. **Булыкин** Л.Д. Отчет по теме: «Обобщение и анализ материалов по составу, строению и рудоносности гипербазитовых массивов Среднего Урала для разработки научно-методической программы поисков хромитовых руд на 1996–2005 гг.» Екатеринбург: 1995.

43. **Быков** А.С., Коржнев Н.С., Манаева А.В. Геолого-экономическая оценка месторождений силикатно-окисных руд никеля и кобальта Мартыново-Шалапского никеленосного района. Новокузнецк: 1967.

44. **Варлаков** А. С. Поисково-съемочные работы на Хабарнинском массиве масштаба 1:10 000, 1:25 000. 1968.

45. **Вахромеев** С. А. Состав основных пород и хромистых руд. (Сравнительное изучение Аккаргинских, Алапаевских и Верблюжьегорских месторождений хромита), 1935.

46. **Ведерников** Г.С. Геология и подземные воды полуострова Шмидта на Северном Сахалине. М.: 1960.

47. **Виноградова** В. П. Объяснительная записка к подсчету запасов по месторождениям Качка 1, 3, 4, Серафимовское, Теребентьевское, б. Монетной Лесной дачи Свердловской области В-Пышминского района. Свердловск: 1943.

48. **Владимиров** А.И. Отчет о результатах общих поисков хромитов в северо-западной части Енисейского Кряжа за 1983–1984 гг. Красноярск: 1984.

49. **Власов** А.Н. Отчет по оценочным работам на Курмановском месторождении хромовых руд за 2000–2003 гг. ЗАО УралХром, ОАО Средне-Уральская ГРЭ. Верхняя Пышма: 2004.

50. **Волохов** И.М. и др. Прогнозная металлогеническая карта на хромитовые и никелевые руды и нерудные полезные ископаемые Алтае-Саянской области, связанные с гипербазитовым интрузивным комплексом. Новосибирск: 1961.

51. **Гайкович** М.М. Отчет о результатах выполненных работ по объкту «Поисковые работы на хромиты на Лагортинско-Кершорской площади Полярного Урала». ЗАО «Мирекo», г. Сыктывкар: 2013.

52. **Гайс** С.Н., Пятунин В.К. Отчет о работах Татищевской ГСП на хромиты. Планшеты N-41-85-Г, -97-Б (сев.пол). Свердловск: 1944.

53. **Ганин** В.А., Логинов В.Н., Гриневич Н.Г. Отчет о результатах глубинного геологического картирования м-ба 1:50000 с общими поисками платиноидов, никеля титано-магнетитовых и хромовых руд в пределах Аганозерского, Шалозерского блоков Бураковско-Аганозерской интрузии в 1990–1995 гг. КГЭ. 1995.

54. **Гибадуллин** Р.Ф. Поиски хромитов в северной части Енисейского кряжа. Отчет Приенисейской партии о результатах геофизических работ масштаба 1:50 000 за 1987–1990 гг. Красноярск: 1990.

55. **Глазунов** О.М. Основные черты геохимии массивов и генетические типы хромитов Ильчирского комплекса Восточного Саяна. Иркутск: 1967.

56. **Горбачева** С.А. Отчет о поисковых работах на комплекс полезных ископаемых в зоне сочленения Лапландских гранулитов и гнейсов Беломорского комплекса в 1998–2000 гг. ОАО «Центрально-Кольская экспедиция». Мончегорск: 2000.

57. **Горланов** С. С. Отчет о геологоразведочных работах треста «Союзхромит» за 1938–1940 гг. 1940.

58. **Горшкова** Т.И. Отчет о поисках хромитов на Усть-Порожинском участке (Енисейский кряж) в 1986–1990 гг. пос. Бор: 1990.

59. **Грешилов** А. И. Оценка прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на территории Республики Башкортостан по состоянию на 01. 01. 2003 г. (хромовые руды). Уфа: 2002.

60. **Двоеглазов** Д.А., Кузовков Г.Н., Вагшаль Д.С.и др. Отчет Исетской партии о геологическом доизучении Исетско-Аятской площади в м-бе 1:50000 групповым методом, листы: О-41–74-Г; О-41–85-Г; О-41–86-Б,В,Г (з.п.); О-41–97-А (в.п.), Б,В (в.п.), Г;О-41–98-А,В; О-41–109-А (в.п.), Б; О-41–110-А (с.п.) за 1972–1979 гг. 1979.

61. **Дедюхин** А.Н., Озерянский В.В., Сохарев В.А. Отчет о результатах оценочных и разведочных работах на Сопчеозерском месторождении хромовых руд за 1999–2002 гг.

62. **Дубинин** В. С. Геологическое строение и полезные ископаемые центральной части Буруктальского рудного района (Отчет Кос-Кольской геологосъемочной партии о результатах государственной геол. съемки м-ба 1:50 000, планшеты: М-41–15-В, 27-А, В; 39-А). Оренбург: 1965,

63. **Думчев** А.И «Геологический отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2.17 г. хромовых руд Южного рудного поля ультраосновного массива Рай-Из» ООО ГК «Геокомплекс», г. Челябинск: 2017.

64. **Единцев** Е.С. Ревизионно-опробовательские работы на хромитовое оруденение офиолитовых массивов республики Хакасия. Минусинск: 2001.

65. **Ерышканов** А.Д. Отчёт о геологоразведочных работах на Татищевских месторождениях хромитов в 1938 году, Варненский район, Челябинской области. Челябинск: 1938.

66. **Заикин** С. А. Сводный отчет по геолого-поисковым работам Тогул-Сунгайской и Салаирской партий за 1961–1965 гг., пос. Барит: 1966.

67. **Зайков Е.А.,** Богач Г.И., Кургузкин А.Ф. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов правых притоков р. Витим: Таксима, Талакан, Гулинга. Отчет Таксиминской партии за 1989–1995 гг. Читагеолком. Чита: 1995. 437с.

68. **Звизда** Т.В., Отчёт о групповой геологической съёмке, геологическом доизучении м-ба 1:50 000 и поисках месторождений полезных ископаемых м-ба 1:50 000 на территории листов: P-60–17-А, В, Г, 18-В, Г; 19-В; 29-Б; 30-А, Б; 31-А, Б; 32-А, Б. Анадырь: 1982.

69. **Зенков** И.И., Шилов В.А. и др. Отчет по теме: «Групповое геологическое доизучение масштаба 1:50000 Кировградской площади в пределах листов: О-40–72-Г (в.п.); О-40–84-Б (в.п.); О-40–84-Г (в.п.); О-40–96-В (в.п.), Г; О-40–108-Б, Г (в.п.); О-41–61-В (з.п.); О-41–73-А (з.п.), В (з.п.); О-41–85-А (з.п.), О-41–85-А (ю.-в. четв.), В; О-41–97-А (з.п.), В (з.п.); О-41–109-А (з.п.)» (Работы Кировградской геолого-съемочной партии за 1973–1979 гг.). Свердловск: 1979.

70. **Зимин** И.А. Сарановское месторождение хромита. Научно-промышленный отчет по геологоразведочным работам 1931–1934 гг. Екатеринбург: 1935.

71. **Зиновьев** В.Н. Оценка хромитоносности гипербазитовых массивов зоны Главного Уральского глубинного разлома. Вишневогорск: 2005.

72. **Зотов** А. П. Краткий предварительный отчёт по геологоразведочным работам в Брединском, Джетыгаринском и Тамерланском хромитоносных районах Южного Урала. 1930.

73. **Зуев** В.А. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных на Главном Сарановском месторождении хромитов 1979–1992 гг. пос. Сараны: 1994.

74. **Иванушкин** А.Г. Отчет о результатах поисковых и оценочных работ на хромовые руды в пределах Татищевского гипербазитового массива, проведенных Сосновским филиалом ГУП «Южуралгеологоразведка» в 2000–2002 гг. в Чесменском и Карталинском районах Челябинской области с подсчетом запасов по состоянию на 01.08.2004 г. Челябинск: 2006.

75. **Идкин** П. М. Аккаргинское месторождение хромита. 1935.

76. **Истомин В.П.**, Милин Г.Ф., Огнев В.М. Отчет о результатах поисковых работ Шаманской партии за 1962 г. ЧГУ. Чита: 1963 г. 63 с.

77. **Казаков** Н.В. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на хромовые руды и другие полезные ископаемые на участке «Бол. Варака» в 1993–1996 гг.

78. **Казаков** П. Е., Объяснительная записка к прогнозным картам на хромиты Салаира и Кузнецкого Алатау. 1972.

79. **Казанцев** О.П. Отчет (промежуточный) о результатах поисков хрома и никеля Тогул-Сунгайской партией в центральном Салаире за 1961–1963 гг. Новокузнецк: 1963.

80. **Казинский** В. А. Отчёт по объекту «Поисковые работы в пределах Майницко-Хатырской платиноносной площади (Чукотский АО)». Анадырь: 2005.

81. **Каплин** О.А., Исаев В. А. Результаты поисково-разведочных работ на хромиты, проведенных в 1969–70 гг. на Полярном Урале в пределах ультраосновного массива Рай-Из (Отчет Райизской ГГП за 1969–70 гг.), ПУГРЭ, пос. Полярный: 1971.

82. **Касаткин** Н.Т. Отчет о геологоразведочных работах на Полтавском, Татищевском, Успенском ультраосновных массивах в 1940 г. Свердловск: 1940.

83. **Касаткин** Н.Т. Отчет по геолого-структурной съемке главного рудного поля месторождения хромитов Верблюжьи горы. 1948.

84. **Катанов** С.Г. Поиски хромитов в бассейне верхнего и среднего течения р. Амыл. Отчет за 2000–2003 гг. Минусинск: 2003.

85. **Качевский** Л.К. Стороженко А.А. Геологическое строение и полезные ископаемые северо-западной части Енисейского кряжа //Окончательный отчет Приенисейской опытно-производственной партии по геологосъемочным работам масштаба 1:50 000. Красноярск: 1977 г.

86. **Кениг** В.В., Овечкин А.М., Печенкин Б.В. Отчет о поисково-оценочных работах в юго-западной части массива Рай-Из в 1981–1985 гг. ПУГРЭ. Пос. Полярный: 1985.

87. **Кениг** В.В., Пушкина М.С. Отчет с подсчетом запасов по месторождению хромовых руд «Западное». ЗАО «Север-Хром». Салехард: 2010.

88. **Клочихин** А.В. Геологическое строение северной части Зилаирского мегасинклинория и сопредельных территорий (Планшеты N-40-81-Г (вост. пол), 40–81-Г(зап. пол), 92-А (юж. Пол.), 92-Б, В, Г, 40–93-А, В (зап. Пол.), 40–104-А (сев. пол), Б (сев. пол), 40–105-А (сев-зап. четв). Отчет Кагармановской геологосъемочной партии о геологической съемке м-ба 1:50 000 за 1962–1969 гг. Уфа: 1969.

89. **Козырев** С.М. Минералогические и химико-аналитические исследования платиноносности хромовых руд месторождений массива Рай-Из. ОАО «Ин-т Гипроникель». СПб.: 2001.

90. **Коллеганов** Ю.М. Геологическое строение и полезные ископаемые района междуречья р. р. Амыл-Систигхем. Минусинская комплексная экспедиция. Минусинск: 1964.

91. **Коновалова** О.Г. Объяснительная записка к прогнозной карте на хром. Новокузнецк: 1963.

92. **Копанев** В.Ф. Геологическое доизучение м-ба 1:200 000 и подготовка к изданию Госгеокарты-200), новая серия, листов О-41-XXV и О-41-XXXI Среднеуральской серии (Ольховская площадь). Отчет Ольховской ГСП за 1991–1999 гг. Екатеринбург: 1999.

93. **Копыркин** Г.Г. Отчёт о геологоразведочных работах на Татищевских месторождениях хромитов в 1938 г. 1938.

94. **Корнев** Т.Я. Оценить перспективы выявления месторождений хромитов в северо-западной части Енисейского Кряжа. Красноярск: КНИИГиМС. 1988.

95. **Котельников** В.Г. (отв. исп.) Отчет о результатах работ по объекту «Поисковые работы на хромиты на Хойлинской площади Полярного Урала». Сыктывкар: ЗАО «Мирекo». 2011.

96. **Краснов** В.С. Отчет по общим поискам на участке Становом в 1979–1982 гг., пос Камешок: 1982.

97. **Красулин** В.С. Уфалейские и Иткульские месторождения хромистого железняка. Свердловск: 1936.

98. **Кубашин** Н.Н., Рублева И.А. Отчет о результатах геолого-поисковых работ на хромиты, проведенных на Верхне-Тагильском массиве в Кировоградском районе Свердловской области в 1964–1967 гг. Свердловск:1967.

99. **Кудрявцев** В.И., Федоров В.С. Отчет Агардагской партии по поискам промышленных хромитовых руд в пределах Агардагского ультраосновного массива и на прилегающих к нему участках в 1974–75 гг. ТГРЭ, Кызыл: 1976.

100. **Кудрявцев** В.И., Федоров В.С., Кужугет К.С., Донченко Л.Л. Отчет Агардагской партии по поисковым работам на гравиметрических аномалиях в пределах Агардагского гипербазитового массива, поискам хромитовых руд в его районе в 1976–1978 гг. ТГРЭ, Кызыл: 1979.

101. **Кузнецов** И.Е., Кашинцев Г.Л., Рудник Г.Б. Изучение ультраосновных массивов Полярного Урала с целью их оценки на асбест, и хром. (Оконч. отчет за 1966–1969 гг. Уральской петрографической экспедиции МГУ по договору№ 127 с трестом «Тюменьгеологоразведка». М.: 1969. 320 с.).

102. **Курбежеков** П.М., Турбанов В.Ф. и др. Отчет о результатах геологосъемочных работ на территории планшетов N-41-86-В и -98-А за 1960 г. — Ч.: УГУ, 1963.

103. **Курбежеков** П. М. Геологическая карта Урала масштаба 1:50 000, листы N-41-86-В и N-41-86-А (отчёт Великопетровского геологосъёмочного отряда о результатах геологосъёмочных работ за 1960 г.). Челябинск: 1963.

104. **Кусмауль** Э.Г. Оценка хромитовых месторождений Свердловской области с целью определения степени их геологической изученности, прогнозных ресурсов и перспективы вовлечения в промышленное освоение. Свердловск: 2003.

105. **Латыш** В.М. Отчет о разведочных работах Качкинских месторождений хромита Монетного ультраосновного массива в 1940–1941 гг. 1941.

106. **Лемешев** А.В., Силиванов Р.А. и др. Геологический отчет о результатах поисковых и оценочных

работ на хромовые руды в пределах Енгайского рудного поля ультраосновного массива Рай-Из за 2007–2015 гг., с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2016 г. гг. ОАО «ЧЭМК», Пос. Харп.: ОАО «ЧЭМК». 2016.

107. **Логинов** В.Н. (отв. исп.) Отчет о результатах поисковых и оценочных работ на хромовые руды в пределах Главного хромитового горизонта Аганозерского блока в Пудожском районе Карелии, проведенных в 1990–1994 гг. КГЭ. Петрозаводск: 1995.

108. **Лукин** А.А., Кениг В.В. Отчет с подсчетом запасов по месторождениям хромовых руд Западное и 214. ОАО «Ямальская горная компания», ОАО «Конгор-Хром», 1998–2002 гг. Пос. Полярный: 2003.

109. **Мазур** З.Р. и др. Сводка по Уральским месторождениям хромита. Св.: УГУ, 1961.

110. **Малахов** И.А. Отчет о научно-исследовательской работе «Детальное геолого-структурное картирование и минералого-петрографическое изучение Халиловского ультраосновного массива с целью прогноза хромитового оруденения в его пределах. Екатеринбург: 2002.

111. **Мамина**, В.М., Пуртов В.А. и др. Информационный отчет о результатах незавершенных поисковых работ на хромиты на Первомайском хромитоносном массиве в 1998–2002 гг. Верхняя Пышма: 2003.

112. **Мамонтов** В.П., Мысов С.В. и др. «Отчет о результатах поисковых работ на тальк, проведенных на массиве Падос-Тундра в 1993–1999 гг.».

113. **Марков** Т. А. Отчет о результатах поисковых геолого-геофизических работ на хромиты в пределах Алапаевского ультраосновного массива в 1969–71 гг. Пос. Артемовский: 1972.

114. **Мерчук** Ю.В., Глотов В.И. Поисковые работы на хребте, в районе верхнего течения р. Средней Терси в 1963–1964 гг. Новокузнецк.:1965.

115. **Мельников** А.А. (отв. исп.) Отчет о поисковых работах на хромовые руды МПГ и другие полезные ископаемые в пределах Умбареченского массива в 2000–2003 гг. Апатиты: 2003.

116. **Мкртычьян** Г.А. и др. Поисковые работы на хромиты в пределах Южно-Тувинского гипербазитового пояса на Агардагском участке. ОАО Красноярскгеолсъёмка, Красноярск: 2012.

117. **Никитчин** П.А. Результаты поисково-ревизионных работ на хромиты, проведенных на площади гипербазитовых массивов бассейнов рек Хожей (Центральная Тува) и Билин (Восточная Тува). Кызыл: 1973.

118. **Никифоров** А.В. Отчет по геолого-экономической переоценке месторождения хромитов Хабарнинское «Карьер 5/II». ОАО «Носта» (ОХМК), Орск: 1998.

119. **Николаев** В.И., Никольская Н.Е. и др. Отчет по объекту «Ревизионно-поисковые работы по оценке хромитоносности ультраосновных массивов Сибири, Дальнего Востока, Южного и Среднего Урала» (Отчет за период 2008–2011 гг.). М.: ФГУП «ВИМС». 2011.

120. **Никольская** Н.Е.,Лубнина Н.В., Чернышев А.И. и др. Локальный прогноз хромового оруденения в пределах северной части Райизского и Сыумкеуского ультраосновных массивов с целью конкретизации участков для проведения поисковых работ. ФГУП «ВИМС». М.: 2014.

121. **Нужин** В.В., Лукин А.А., Мадиев А.К. и др. Геологический отчет об основных результатах и объемах работ, выполненных за 2002–2007 гг. по объекту: «Поисковые работы на хромитовые руды в северной части Войкаро-Сыньинского ультраосновного массива (Приполярный Урал). ОАО «Конгор-Хром», пос. Харп: 2007.

122. **Овечкин** А.М. Предварительная разведка хромитового месторождения Центральное (промежуточный отчёт за 1992–1996 г.), Ямалгеолфонд, пос. Полярный: 1998.

123. **Овечкин** А.М., Попов И.И. Отчет за 1985–1999 г. Поисковые работы на хромиты в северной части Войкаро-Сыньинского гипербазитового массива. Пос. Полярный: 1999.

124. **Овечкин** А.М., Перевозчиков Б.В., Кениг В.В. Завершение оценочной стадии работ на хромитовом месторождении Центральное массива Рай-Из. Отчет за 1997–2003 гг. ОАО «Конгор-Хром». Пос. Полярный, Гор. Лабытнанги: 2003.

125. **Овечкин** А.М. Отчет о результатах оценочных работ на хромиты в пределх Южного рудного поля ультраосновного массива Рай-Из. Промежуточный отчет за 2003–2005 гг. ОАО «Конгор-Хром», пос. Харп: 2005.

126. **Овечкин** А.М., Овечкин И.А., Овечкина Н.И., и др. Отчет с подсчетом запасов о результатах разведочных работ на горизонтах +540… +300 хромитового месторождения «Центральное» массива Рай-Из (Полярный Урал) за 2006–2015 гг. ОАО «Конгор-Хром». 2015. ОСП «ГДУ», АО «ЧЭМК», пос. Харп: 2016.

127. **Орлов** О.В. Отчет по поискам хромитов в бассейне нижнего течения р. Порожной. Пос. Бор: 1987.

128. **Панкуль** Л.И. Отчет о результатах работ Магнитогорской хромитовой г-р партии БГТ на месторождении «Верблюжьи горы» за 1933–34 гг. Ленинград-Уфа: 1935.

129. **Панферов** В.В. Геологическое доизучение м-ба 1:50 000 Карабашской площади в пределах листов О-41–121-Г (з. п.); 133-А (в. п.); 33-Б (без с-в четв.); 133-Г; N-41-Б (без ю-з четв.); 13-А (ю-в четв.); 13-Б (з. п.), 13-В (в. п.) и общие поиски на медные руды в пределах Маукско-Коркодинской и Ольховской колчеданоносных зон (1983–1989 гг.). Свердловск.

130. **Панферов** Ю. И. Геологическое строение и полезные ископаемые Чесменской площади. Челябинск: 1995.

131. **Перевозчиков** Б.В., Овечкин А.М. и др. Отчет о поисковых работах на хромиты в пределах Южного рудного поля на Райизском ультраосновном массиве за 1976–77 гг. ПУГРЭ. Пос. Полярный: 1978.

132. **Перевозчиков** Б.В., Овечкин А. М. Отчет о поисково-оценочных работах на хромиты в пределах Южного рудного поля Райизского массива ‘отчет Райизской ГПП за 1978–80 гг. ПУГРЭ, пос. Полярный: 1981.

133. **Перевозчиков** Б.В., Попов И.И., Овечкин А.М. Отчет «Прогнозная оценка хромитоносности гипербазитов Войкаро-Сыньинского массива». ОАО «СибНАЦ». Тюмень: 2000.

134. **Печенкин** Б.В. Отчет по поискам богатых и контрастных типов хромитовых руд на массиве Сыум-Кеу, Полярный Урал. Отчет о результатах геолого-геофизических работ Сыумкеуского поискового отряда за 1996–2002 гг. ОАО Полярно-Уральское ГГП. 2002.

135. **Печенкин** Б.В., Руднев А.В., Алексеева А.К. Поисковые работы на хромовые руды на Погурей-Лабогейском участке Погурейского блока Войкаро-Сыньинского массива в 2011–2013 гг. Лабытнанги: ОАО «ПУГГП». 2013.

136. **Плотников** В.П., Овечкин А.М., Печенкин Б.В. и др. Отчет по детальной гравимагнитной съемке масштаба 1:50000 с целью поисков хромитового оруденения на Нумсоимском участке Войкаро-Сыньинского массива. ПУГРЭ. Пос. Полярный: 1991.

137. **Подгорних** В.В. и др. Отчет «Прогнозно-поисковые работы на хромовые руды в пределах Олыся-Мусюрского и Синотвожского массивов». Саранпауль: 2010.

138. **Пономарев** И. С. Отчет о результатах геолого-поисковых работ на хромиты на Ключевском ультраосновном массиве, проведенных Сысертской ГПП в Свердловской области за 1964–1969 гг. Свердловск: 1970.

139. **Попов** И.И., Печенкин Б.В. Прогнозно-поисковые работы на хромовые руды в южной части ультраосновного массива Сыум-Кеу в 2003–2007 гг. Пос. Лабытнанги: ОАО «ПУГГП». 2007.

140. **Посталовский** М.А. Отчет о проведенных поисковых работах на хромиты в пределах центральной части Аккаргинского массива в 1990–1995 гг. Пос. Домбаровский: 1995.

141. **Прусевич** А.М. Отчет о геолого-поисковых работах Нефелиновой партии за 1962–63 гг. 1963.

142. **Руднев** А.В., Самков В.С. и др. Отчет по объекту «Поисковые работы на хромитовые руды в пределах Верблюжьегорского и Хабарнинского ультрабазитовых массивов (Южный Урал)». М.: ФГУП «ВИМС». 2014.

143. **Савельев** А.А., Савельева Г.Н., Граудинь А.Э. Прогнозная металлогеническая карта Войкаро-Сыньинского гипербазитового массива масштаба 1:50000. Отчет тематической партии по работам 1969–1971 гг. Воркутинская комплексная геологоразведочная экспедиция. Воркута: 1972.

144. **Сергеев** В. К. Отчет о поисково-оценочных работах на хромиты в пределах Промежуточного участка в Горнозаводском районе Пермской области за 1976–1983 гг. Пермь: 1986.

145. **Секерин** А. П., Секерина Н. В., Вепрев Ю. С. Отчет о результатах поисковых работ на нефрит на Шаманском гипербазитовом массиве в Байкало-Муйском базит-гипербазитовом поясе за 1976 г. ГГПП «Иркутсксамоцветы», 1977.

146. **Селиванов** Р.А. Геологический отчет о результатах поисковых и оценочных работ на хромовые руды в пределах Енгайского рудного поля ультраосновного массива Рай-Из за 2007–2010 гг. ОАО «ЧЭМК», пос. Харп: 2010.

147. **Сержантов** Н.Ф, Юркин В.В. и др. Ревизионно-поисковые работы на хромиты на юге Красноярского края (Верхнеамыльский хромитоносный район и Шадатский массив). Отчет ГПКК «КНИИГиМС» за 2008–2011 гг. Красноярск: 2011.

148. **Силкин** В.Г. Составление прогнозно-металлогенической карты хромитоносности бассейнов рек Анадырь, Великая, м-ба 1:500 000 за 1970–1973 гг. 1973.

149. **Смирнова** Т.А. Изучение геохимических особенностей и оценка хромитоносности ультрабазитов Северо-Востока СССР. ВИМС, М.: 1973.

150. **Сначев** В. И. Габбро-гипербазитовые массивы Южного Урала. Петрология и металлогения. Уфа: 2002.

151. **Сорокин** Ю.П. Отчет о результатах поисково-картировочных работ на хромиты в пределах средней части Восточно-Тагильского массива за 1990–2001 гг. Нижний Тагил: 2001.

152. **Станкевич** К.К. Промышленный отчет по детальным поисковым разведкам хромитов Халиловско-Хабарнинских месторождений Оренбургской области. 1934.

153. **Тевелев** Ал.В., Геологическое строение и полезные ископаемые территории листа N-41-XIX (Чесма). Отчёт по теме «Составление и подготовка к изданию Геолкарты РФ масштаба 1: 200 000, серия Южноуральская, лист N-41-XIX за 1993–1999 гг.» (Чесменский, Варненский, Верхнеуральский, Нагайбакский районы). М.: 2001.

154. **Тевелев** Ал.В., Геологическое строение и полезные ископаемые территории листа N-41-XXV (Карталы). Отчёт по объекту «Геологическая съёмка и геологическое доизучение масштаба 1:200 000 территории листа N-41-XXV (Карталы) и подготовка к изданию геологической карты» за 2000–2003 гг. М.: 2004.

155. **Тихомиров** И.П. Отчет по объекту «Уточнение геологического строения и характеристика рудоносности Верхне- и Южнопогурейской рудоносных хромитоносных зон Погурейского блока». М.: ФГБУ «ВИМС». 2017.

156. **Тищенко** В.Т. Отчет по глубинному геологическому картированию м-ба 1:50 000 территории листов М-40–9-В (в, г); М-40–21-А, В; М-40–33-А, В (а, б) в 1978–1983 гг. (ст. Халилово). Оренбург: 1983.

157. **Туманов** А.Е. и др. Отчет о результатах поисковых работ на хромиты на площади Успенского ультра-базитового массива. ЧУТГУ, 1968.

158. **Турчинов** И.А., Безпечинский В.С., Кривенко В.А. Геологическое строение и полезные ископаемые района горы Шаман. Окончательный отчет по материалам геологосъемочных и поисковых работ масштаба 1:50 000 за 1968–1969 гг. ЧГУ. Чита: 1970. 199 с.

159. **Фатин** В.П. Промежуточный отчет Чумышской геофизической партии за 1964 г. Новокузнецк: 1965.

160. **Филиппов** Г.В. Отчет по теме: «Оценка перспектив на хромитовое оруденение зоны сочленения Западного Саяна с Минусинской и Тувинской котловинами». Закономерности размещения и оценка перспектив хромитового оруденения Амыльского, Ойско-Калдарского и Хопсекского рудоносных районов». Красноярск: 1973.

161. **Филиппов** Г. В. Отчет по теме: «Программа поисковых работ на хромиты в южных районах Красноярского края». Красноярск: 1994.

162. **Филонов** В.П., Быкова Л.С. Отчёт о поисках хромитов на Апшакской площади за 1994–2001 гг. Уфа: 2001.

163. **Холяндра** Л.И. Отчет по работам Усинской и Шадатской партий за 1961–1962 гг. Минусинск: 1962.

164. **Чалых** А. Я. Геологический отчет по результатам поисково-разведочных работ на хромиты за 1970–1972 гг. 1972.

165. **Шагина** Р. Н. Геологическая карта Урала масштаба 1:50 000, листы N-41-74-А, В; N-41-85-А; N-41-85-Б, Г (Отчёт Чесменского геологосъёмочного отряда о результатах геологосъёмочных работ за 1958 г.). Челябинск: 1965.

166. **Шашкин** В.М. (отв. исп.) Отчет о поисковых и оценочных работах на Тягозеро-Аганозерском участке недр в Пудожском районе Республики Карелия в 2001–2006 гг. и ТЭО временных кондиций участка Кукручей Шалозерского рудопроявления. ЗАО «Норит». М.: 2006.

167. **Шкварников** С.Н., Гумменшайнер А.Я. и др. Производство общих поисков хромитов на Порожинской площади в 1984–1985 гг. //Отчет Порожинской гравиметрической партии о гравимагнитных работах масштаба 1:10 000. Красноярск:1986.

168. **Шолохнев** В.В. Отчет «Количественная и геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов руд хрома на территории Мурманской области по состоянию на 01.01.2002 г.» ОАО «Кольский геологический информационно-аналитический центр». 2003.

169. **Шумихин** Е.А. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на известных проявлениях вкрапленных хромитовых руд по объекту «Средний Крака» за 1977–1979 гг. Уфа: 1979.

170. **Шумихин** Е.А. Отчет о результатах общих поисков вкрапленных хромитовых руд на объекте «Нуралинский массив» за 1978–1980 гг. Уфа: 1980.

171. **Юркин** В.В., Сержантов Н.Ф. Поисковые работы на хромовые руды на Восточном участке Агардагского гипербазитового массива в Республике Тыва в 2013–2015 гг. АО «Красноярскгеолсъемка». Красноярск: 2015.

172. **Юрьев** А.А. Геологический отчет о результатах работ по объекту «Ревизионно-поисковые работы на обломочные хромовые руды в центральной части Успенского узла». Окончательный отчет по результатам работ, проведенным в 2008–2011 гг. ФГУГП «Запсибгеолсъемка», п. Елань: 2011 г.

173. **Ярославцева** Е.М. Геологическое строение и полезные ископаемые листов N-45-76-Г, 77-В (отчет Аламбайской партии о геолого-съемочных и поисковых работах м-ба 1:50000, проведенных в 1975–1978 гг.). Пос. Урск: 1978.

Научное издание
ФГБУ «ВИМС»

Николаев Владимир Иванович,
Казеннова Антонина Дмитриевна (ФГБУ «ВИМС»),
Никольская Наталья Евгеньевна,
Сергеев Николай Степанович,
Самков Владимир Сергеевич (ОАО «УГСЭ»),
Долгушин Сергей Степанович (ФГУП «СНИИГиМС»),
Сержантов Николай Федорович (ГПКК «КНИИГиМС»)

ХРОМИТОНОСНЫЕ ПРОВИНЦИИ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРОМОВЫХ РУД РОССИИ

Редактор А.А. Антоненко

Оформление и макет Е.А. Машковцева
Компьютерная верстка Е.О. Василёва, А.В. Барышников

Подписано в печать 20.04.2021 г.
Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 18,2
Тираж 100 экз. Заказ № 6.

Редакционно-издательский сектор (РИС) ВИМС.
119017, Москва, Старомонетный пер., д. 31. Тел. (495) 950 3180
Отпечатано на ризографе в РИС ВИМС.