

Академия наук СССР
Дальневосточный научный центр
Северо-Восточный комплексный
научно-исследовательский институт

Г.Г.Дмитренко, А.Г.Мочалов,
С.А.Паланцян

ПЕТРОЛОГИЯ И ПЛАТИНОНОСНОСТЬ
ЛЕЙЦИТОВЫХ МАССИВОВ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ

Препринт

Магадан 1990

Дмитриенко Г.Г., Мочалов А.Г., Паланджян С.А. Петрология и платиноносность лерцолитовых массивов Корякского нагорья. Препринт. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1990, 93 с.

Впервые для Северо-Востока СССР приведена детальная характеристика вещественного состава лерцолитового типа ультрамафитов офиолитовой ассоциации на примере Эльденьрского и Тамватнейского массивов. Рассмотрены некоторые вопросы петрогенезиса перидотитовых комплексов в зависимости от геодинамических обстановок офиолитообразования. Главное внимание уделено минеральному составу пород: приведены данные 322 микрондовых анализов породообразующих и рудных (хромиты) минералов. Впервые достаточно подробно, по данным 201 анализа, изучен состав минералов платиновой группы в лерцолитовом массиве (Тамватней).

Печатается по решению редакционно-издательского совета Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ДВО АН СССР

Рецензенты: к.г.-м.н. Б.С.Андреев, к.г.-м.н. В.В.Акинин

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа продолжает препринтную публикацию новых данных по химическим составам породообразующих, аксессуарных и рудообразующих минералов альпинотипных ультрамафитов Корякского нагорья. Предлагаемая публикация, как и предшествовавшие ей препринты [10], содержит фактический материал, наиболее полно характеризующий особенности химического состава сосуществующих минералов представительных массивов альпинотипных перидотитов. Целесообразность публикации больших объемов новой аналитической информации обусловлена, в первую очередь, малочисленностью данных в большинстве научных статей; не случайно аналитический материал, опубликованный нами в предыдущих препринтах, сразу же был использован исследователями для обоснования теоретических выводов по петрологии и рудной минерализации ультрамафитов [18, 19, 27, 31, 35]. Другой аспект научной значимости рассматриваемых публикаций заключается в постоянно растущем интересе широкого круга исследователей к вопросам тектонической истории, магматизма, метаморфизма и металлогении Корякского нагорья — одного из наиболее интересных регионов Тихоокеанского пояса, в пределах которого широко развиты офиолитовые ассоциации палеозоя и мезозоя, в том числе и крупные массивы альпинотипных перидотитов [20, 55].

Детальное изучение минерального вещества, слагающего магматические и метаморфические комплексы (в том числе остаточные, реститогенные ультрамафиты), является одним из наиболее перспективных направлений исследований в области петрологии верхней мантии и региональной металлогении складчатых областей Тихоокеанского пояса. Накопленный к настоящему времени фактический материал по топоминералогии мантийных (остаточных) перидотитов складчатых областей Тихоокеанского кольца и других регионов показывает недостаточную обоснованность прежних представлений о петрографическом и петрохимическом однообразии перидотитовых серий в офиолитовых ассоциациях, о существовании "мирового типа" гарцбургита. Сравнительное изучение альпинотипных массивов разных регионов (Вуринос в Греции, Тиебаги в Новой Каледонии) выявило заметные различия платиновой минерализации в перидотитовых и гарцбургитовых массивах [42]. Все эти различия при более детальном исследовании пород и рудных концентраций выявляются и



ВВЕДЕНИЕ

3299

Настоящая работа продолжает препринтную публикацию новых данных по химическим составам породообразующих, аксессуарных и рудообразующих минералов альпинотипных ультрамафитов Корякского нагорья. Предлагаемая публикация, как и предшествовавшие ей препринты [10], содержит фактический материал, наиболее полно характеризующий особенности химического состава сосуществующих минералов представительных массивов альпинотипных перидотитов. Целесообразность публикации больших объемов новой аналитической информации обусловлена, в первую очередь, малочисленностью данных в большинстве научных статей; не случайно аналитический материал, опубликованный нами в предыдущих препринтах, сразу же был использован исследователями для обоснования теоретических выводов по петрологии и рудной минерализации ультрамафитов [18, 19, 27, 31, 35]. Другой аспект научной значимости рассматриваемых публикаций заключается в постоянно растущем интересе широкого круга исследователей к вопросам тектонической истории, магматизма, метаморфизма и металлогении Корякского нагорья — одного из наиболее интересных регионов Тихоокеанского пояса, в пределах которого широко развиты офиолитовые ассоциации палеозоя и мезозоя, в том числе и крупные массивы альпинотипных перидотитов [20, 55].

Детальное изучение минерального вещества, слагающего магматические и метаморфические комплексы (в том числе остаточные, реститогенные ультрамафиты), является одним из наиболее перспективных направлений исследований в области петрологии верхней мантии и региональной металлогении складчатых областей Тихоокеанского пояса. Накопленный к настоящему времени фактический материал по топоминералогии мантийных (остаточных) перидотитов складчатых областей Тихоокеанского кольца и других регионов показывает недостаточную обоснованность прежних представлений о петрографическом и петрохимическом однообразии перидотитовых серий в офиолитовых ассоциациях, о существовании "мирового типа" гарцбургита. Сравнительное изучение альпинотипных массивов разных регионов (Вуринос в Греции, Тиебаги в Новой Каледонии) выявило заметные различия платиновой минерализации в перидотитовых и гарцбургитовых массивах [42]. Все эти различия при более детальном исследовании пород и рудных концентраций выявляются и



пределах одного крупного складчатого сооружения; примером чего могут служить полученные нами данные по альпинотипным перидотитам и хромититам Корякского нагорья [9, 10; настоящая работа]; в пределах которого известны массивы лерцолитового, гарцбургитового, дунит-гарцбургитового состава. Химические вариации ультрамафитов, хромититов, слагающих их минералов, как это считает большинство исследователей, отражают различные степени преобразования (главным образом частичного плавления и метаморфизма) первичных, неистощенных перидотитов верхней мантии, имеющего место на границах и внутри литосферных плит в разных геодинамических обстановках, соответствующих рифтовым зонам срединно-океанических хребтов, трансформным разломам, участкам мантийных струй, энзиматическим островным дугам [33, 45, 46].

В предлагаемой работе изложены результаты изучения химических составов породообразующих, акцессорных и рудных минералов двух существенно лерцолитовых массивов Корякского нагорья - Эльденьского и Тамватнейского. Эти данные представляют значительный научный интерес в связи с тем, что альпинотипные лерцолитовые массивы сравнительно редки, в отличие от существенно гарцбургитовых. Они относятся как к "корневому", так и к офиолитовому типам [16]; офиолитовые массивы обычно более истощены и содержат заметные количества гарцбургитов. Многие лерцолитовые массивы (Ронда, Бени-Бушера, Тиебаги, Нурали, Крака и другие) хорошо изучены петрологически; однако рудная минерализация альпинотипных перидотитовых комплексов детально исследована главным образом в гарцбургитовых массивах. Единственным примером крупного гарцбургит-лерцолитового комплекса, в пределах которого выявлены и хорошо изучены промышленное оруденение хромитов и минерализация платиноидов, является массив Тиебаги в Новой Каледонии [42]. В связи с этим приведенные в настоящей работе новые данные по породообразующим и рудным минералам Тамватнейского массива существенно дополняют сведения о химической петрологии и рудной минерализации лерцолитовых серий.

Для изучения химического состава минералов мы старались отобрать пробы наиболее представительных разновидностей ультрамафитов и хромититов. Так, в пределах Тамватнейского массива большая часть проб характеризует участок горы Шаманьей и к востоку от неё, где развиты менее серпентинизированные перидотиты с заметными вариациями содержания диопсида, а также участки наиболь-

шего развития мелких концентраций хромита. В Эльденырском массиве изучены минералы перидотитов как в пределах самого массива, так и из крупных глыб, включенных в серпентинитовый меланж. Породы в обоих объектах серпентинизированы, поэтому большая часть минералов анализировалась в цементно-полированных препаратах; для некоторых менее серпентинизированных проб перидотитов Эльденырского массива анализы выполнены также и в прозрачно-полированных шлифах. Минералы платиновых элементов извлечены при дроблении и обогащении в тяжелых жидкостях небольших (1-3 кг) штучных проб хромититов. Все химические анализы минералов выполнены на микроанализаторе "Камебак" в СВНИИ ДВО АН СССР; условия выполнения анализов описаны в работе [9].* Образец диопсидового гарцбургита М-27 из коллекции М.С.Маркова. В приложении 2 приведены также анализы минералов перидотитов Тамватнейского массива по материалам Л.Д.Лавровой [17], эти пробы обозначены индексом "Л" (микроанализатор "Камебак", ЦНИГРИ). Для породообразующих минералов вычислены средние составы из нескольких определений в индивидуальных зернах, при условии отсутствия значимой дисперсии величин; в табличных приложениях число определений показано отдельной строкой.

Авторы считают своим приятным долгом выразить искреннюю признательность Э.А.Багдасарову, В.Я.Борходоеву, О.К.Калалниковой и Г.А.Меркулову за практическую помощь в проведении аналитических исследований, Л.Д.Лавровой - за предоставление анализов минералов.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛЕРЦОЛИТОВЫХ МАССИВОВ

Тектоническая позиция

Корякское нагорье и прилегающие к нему с севера и запада морфоструктуры представляют собой сложно построенную складчатую систему, в пределах которой офиолиты приурочены к тектоническим зонам с покровно-чешуйчатым строением, разделённым зонами развития флишевых и олигостромовых комплексов [40]. Зоны развития

* В двух пробах лерцолитов Эльденырского массива (П 529/1, П 525/1 - в приложении 2 порядковые номера 28-31, 36, 37) минералы анализировались Э.А.Багдасаровым (микроанализатор "Камебак", ВСЕГЕИ, Ленинград).

офиолитов рассматриваются в качестве чужеродных тектоно-стратиграфических комплексов (террейнов) главным образом островодужного происхождения, аккреция которых происходила в течение поздней юры и всего мелового периода [36, 38, 39]. В строении некоторых зон, наряду с островодужными, принимают участие также и тектонические фрагменты (блоки, пластины, чешуи) коры древних океанических бассейнов, отдельные комплексы которой датируются ранним-средним палеозоем, поздним палеозоем-триасом, средним-поздним мелом, тогда как островодужные вулканогенные серии региона формировались главным образом в поздней юре - раннем мелу [55]. Имеются данные, позволяющие датировать и более древние, поздне-триасовые-позднеюрские островодужные комплексы (контрастные вулканогенные и плутонические) в Майницкой зоне [3, 14, 37, а также неопубликованные данные С.А.Паладжяна]. С последними структурно связаны наиболее истощённые дунит-гарцбургитовые серии, состав минералов которых изучен нами ранее [10] (Красногорский, Чирьнайский, Среднегорский массивы, вероятно и часть ультрамафитов Верхне-Хатырского меланжа). Менее истощённые гарцбургитовые и лерцолитовые комплексы, широко развитые в Пенжинском районе (полуостров Блистратова, мыс Валигген, Кузьмский массив) ассоциируют с фрагментами островодужных и окраинноморских толеитовых серий поздней юры - раннего мела. Вероятные геодинамические обстановки становления лерцолитовых комплексов Тамватнея и Эльденъра и ассоциирующих с ними вулканогенных и плутонических образований будут обсуждены ниже.

В современной тектонической структуре Корякского нагорья лерцолитовые массивы приурочены к разным по тектоническому строению и разновозрастным (по времени формирования аллохтонных комплексов) тектоно-стратиграфическим зонам. В пределах внутреннего, Пенжинско-Пекульнейского офиолитового пояса лерцолиты преобладают в составе перидотитовых массивов "Майнского сегмента" [40] (Усть-Бельские горы и северная часть Алганского кряжа). В этом районе, относящемся к Таловско-Майнской тектонической зоне, сопряжены фрагменты среднепалеозойских (?) и позднеюрских-валанджских офиолитов. К первым из них относятся как крупнейший в регионе Усть-Бельский массив, в строении которого, помимо лерцолитов, широко развиты гарцбургиты, дуниты, породы дунит-верлит-широксенитовой серии, так и лерцолитовый массив Эльденър. На востоке нагорья, в пределах тектонически совмещённых фрагментов

позднеюрских-раннемеловых островодужных структур Майницкой тектонической зоны, обнажен Тамватнейский лерцолитовый массив. В отличие от расположенных юго-восточнее кулисообразных полос серпентинитового меланжа, контролирующих размещение гарцбургитовых тел, Тамватнейский массив не связан с меланжем и вместе с обнаженными здесь породами офиолитовой ассоциации представляет собой, по-видимому, фрагмент самостоятельной структурно-формационной зоны, индивидуализированной уже на ранних стадиях существования позднеюрской-раннемеловой островодужной системы.

Тамватнейский массив

Один из наиболее крупных лерцолитовых массивов офиолитового типа, ультрамафиты которого обнажены на площади в 210 кв.км, занимает большую часть гор Тамватней на северо-восточном крае Корякского нагорья. Ультрамафиты, вместе с другими породами офиолитовой серии, слагают крупное горстовое поднятие длиной 36 км, при ширине до 13 км, крылья которого сложены толщами неогена (на южном фланге скрытыми под четвертичными отложениями). По северному краю тектонический блок офиолитов граничит со средне-позднемеловыми осадочными толщами Алгано-Беликореченской зоны, заполняющими пространство между Майницким и Усть-Бельским тектоно-стратиграфическими комплексами.

Большинство предыдущих исследователей *) рассматривали массив как магматическое тело перидотитов, интродуцировавшее в вулканические и осадочные толщи J_3-K_1 . Иную трактовку строения массива предложили М.С.Марков, С.А.Паланджян, Л.Д.Лаврова [20], интерпретировавшие офиолиты гор Тамватней как аллохтонную структуру со складчато-чешуйчатым строением. Согласно указанным авторам, офиолиты Тамватнея стратифицированы. В их основании залегает перидотитовый комплекс, структурно выше расположены плутонические породы - габбронориты, кумулятивные ультрамафиты. Верхние горизонты офиолитов сложены габбродиабазами, плагиогранитами, вулканическими и вулканогенно-обломочными толщами.

Офиолиты в центральной части поднятия рассечены мощным продольным разломом на два крупных блока, каждый из которых, в свою

*) Краткие сведения о геологической изученности Тамватнейского массива приведены в работе [20]; новые данные по геологии, петрографии и хромитовости получены С.Д.Ромушкевичем (1985 г., неопубликованная работа).

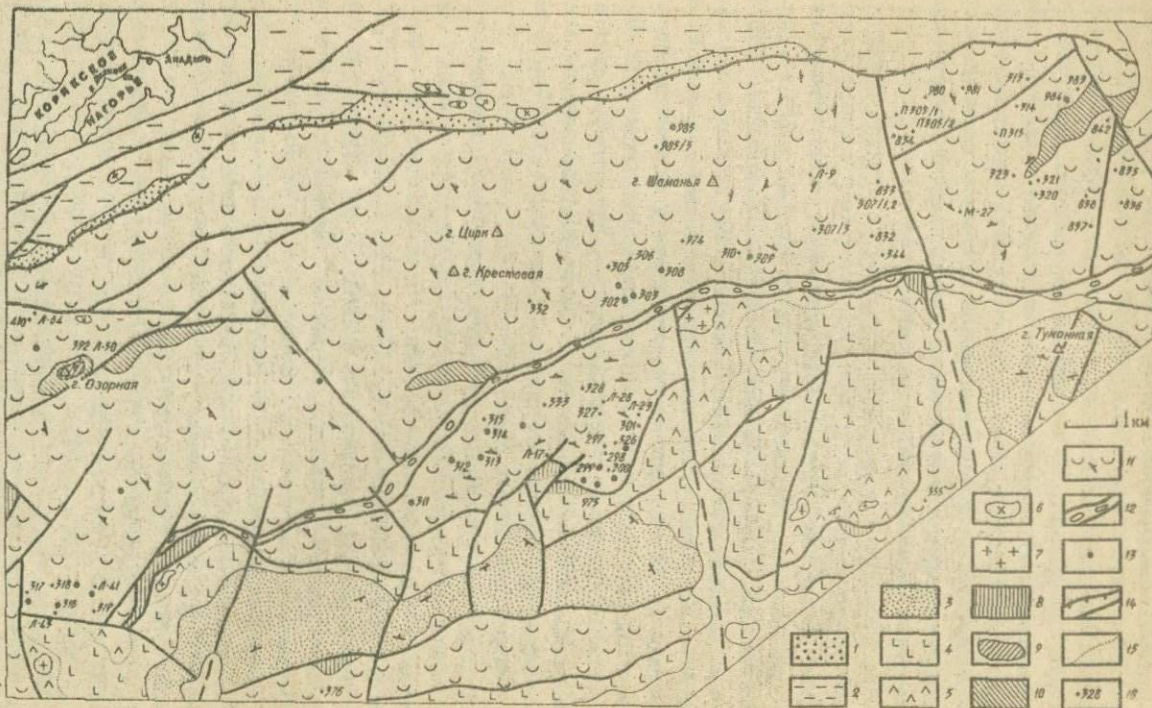


Рис. 1. Геологическая карта центральной части Тамватнейского массива. При составлении карты использованы материалы Л.Д.Лавровой, А.А.Мануйлова, М.С.Маркова, А.П.Пермякова, И.С.Розенблюма, С.Ю.Ромушкевича, В.Г.Силкина, В.Е.Стерлиговой.

I - олигоцен(?) - миоцен: песчаники, гравелиты, конгломераты, известняки; 2 - апт-альб, тамватнейская свита: песчаники, гравелиты, туфы, алевролиты, конгломераты; 3-5 - вулканогенные и туфогенные толщи поздней юры-готерива(?): 3 - туфы, туффиты, вулканомиктовые песчаники, гравелиты, аргиллиты, конгломераты; 4 - подушечные лавы спилитизированных диабазов, кварцевых диабазов, базальтов; 5 - вулканы среднего и кислого состава, местами насыщенные дайками и силлами диабазов, кварцевых кератофиров; 6 - поздний мел-палеоген(?): гранодиорит-порфиры, диорит-порфиры; 7-10 - plutонические породы поздней юры-готеривской офиолитовой ассоциации: 7 - плагиограниты; 8 - габбро-диабазы, кварцевые и амфиболовые габбро (интрузивные тела, дайки, силлы); 9 - плагиоклазсодержащие кумулятивные перидотиты; 10 - такситовые габбронориты; II - метаморфические перидотиты: лерцолиты, диопсидовые гарцбургиты, линзы дунитов, вебстеритов, с показом элементов залегания полосчатости перидотитов; 12 - зона Главного разлома; 13 - мелкие подиформные тела хромититов вкрапленного и массивного строения; 14 - надвиги и крутопадающие разломы; 15 - фациальные переходы; 16 - точки отбора проб анализированных минералов

очередь, разбит продольными и поперечными крутопадающими нарушениями на меньшие по размерам блоки и тектонические пластины с южной и юго-восточной вергентностью (рис.1). Вся северная часть массива представляет собой наиболее крупный тектонический блок, поднятый относительно остальной части и надвинутый к северу на обломочные толщи апт-альбского и олигоцен-миоценового возрастов; однако, согласно данным, полученным при геологоразведочных работах, на глубине около 100 м. северный тектонический контакт массива имеет близвертикальное залегание, т.е. надвинуты к северу лишь приповерхностные горизонты массива. В этой тектонической зоне локализованы рудные тела Тамватнейского ртутно-вольфрамового месторождения [2]. Северный блок массива в своей центральной, наиболее поднятой части почти целиком сложен перидотитами и другими фациями ультрамафитов, здесь же расположены не-

большие тела крупнозернистых габброноритов, интрузирующих перидотиты. В восточном и западном краях северного блока, в пределах относительно опущенных его фрагментов, обнажены также породы вулканогенного и субвулканического комплексов. С юга существенно перидотитовый блок ограничен упомянутой выше мощной крутопадающей зоной разлома, заполненной перетёртым серпентинитовым материалом, местами представляющим собой мономиктовый меланж с небольшими глыбами вулканитов, диабазов, габброидов. Южнее зоны разлома расположена опущенная часть массива, где обнажены все породы офиолитовой ассоциации; здесь выделяются линейно вытянутые тектонические блоки синформного строения, в пределах которых развиты породы диабазового (субвулканического), вулканогенного и обломочного комплексов, и горстовые антиформные поднятия, сложенные комплексом серпентинизированных перидотитов. Породы диабазового, вулканогенного и обломочного комплексов слагают наиболее крупную сложно дислоцированную пластину мощностью около 1.5 км (длина её 23 км, при ширине до 5 км), разбитую поперечными нарушениями на блоки. Общее синформное строение этой стратифицированной пластины вырисовывается по пространственному расположению отдельных комплексов пород. Северный край пластины опрокинут к югу; контакты с перидотитами повсеместно тектонические. В некоторых участках (междуречье Озёрной-Звонкий, Вельмыеем-Галечный, Крестовая-Вельмыеем, а также в юго-восточном крае массива, за пределами прилагаемой геологической карты) в зоне контактов с диабазовым комплексом перидотиты насыщены дайкообразными телами габбродиабазов, пегматоидных габброноритов; линейные полосы таких участков развития габброидных инъекций в перидотитах имеют протяженность 5-10 км (они были закартированы в 1978 году М.С.Марковым и Л.Д.Лавровой). Это обстоятельство позволяет предполагать, что амплитуды смещения пластины гиабиссальных-вулканогенных образований относительно перидотитового комплекса в целом невелики, и прилегающие к полям диабазов и вулканитов участки перидотитового комплекса относятся к его верхним горизонтам, подстилавшим базиты во время формирования офиолитовой ассоциации.

Рассмотрим главные особенности состава пород, слагающих офиолитовую ассоциацию Тамватнейских гор.

Перидотитовый комплекс. Ультрамафиты массива представлены главным образом лерцолитами и тесно связанными с ними гарцбургги-

тами; другие их разности слагают всего несколько процентов обнаженной площади. Перидотиты сильно серпентинизированы, что не позволяет при полевых наблюдениях (иногда и при изучении шлифов) достаточно уверенно определять принадлежность пород к перцолитам или гарцбургитам; последнее обстоятельство связано также с недостаточной обоснованностью петрографического разграничения этих пород. При изучении шлифов и протолочных проб установлено, что подавляющее большинство образцов перидотитов содержат варьирующие количества диоксида. Составы сосуществующих минералов перидотитов Тамватнейя показывают, что, за единичными исключениями, даже небольшие количества диоксида равновесны с энстатитом и шпинелью (если применять критерии Ш.-К. Мерсье и др. [51], ковариации Cr/Al), т.е. перидотиты массива относятся к перцолитовому парагенезису. Заметные вариации содержания магмофильных компонентов в валовых анализах пород свидетельствуют о том, что в составе перидотитового комплекса имеются разности с неодинаковой степенью истощенности. Их разделение произведено на основании статистической картины распределения нормативного плагиоклаза (рис.2) - параметра, отражающего уровни концентрации главных магмофильных компонентов (Si, Ca, Al, Na). Гистограмма,

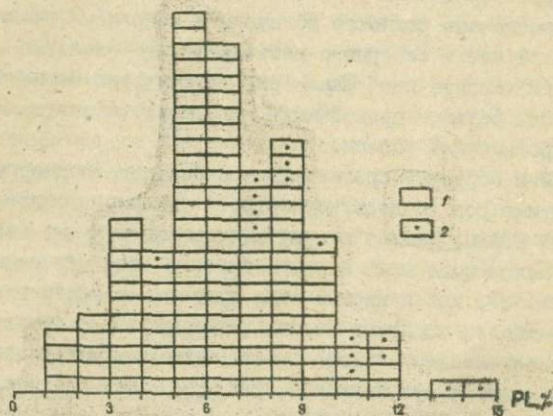


Рис.2. Гистограмма величин нормативного плагиоклаза в перидотитах и гарцбургитах Тамватнейского (1) и Зыденевского (2) массивов

основанная на 108 анализах перидотитов Тамватнея, позволяет условно разделить выборку на три группы по величинам нормативного плагиоклаза: 1-5% (гарцбургиты), 5-7% (истощенные лерцолиты), 7-12% (слабо истощенные лерцолиты). Содержания нормативного диоксида (рассчитанного в "шпинелевой фации") в выделенных группах перидотитов составляют соответственно 0-6%, 4-9%, 7-14%. Судя по представительной выборке анализов, характеризующих большую часть массива, гарцбургиты в составе перидотитового комплекса Тамватнея составляют примерно четвертую часть анализируемых пород; наиболее распространены истощенные лерцолиты - 42%. Гарцбургиты развиты преимущественно в северо-восточной части массива, в блоке, вмещающем габбровое тело ручья Мелкого, западнее, вокруг габброидных тел района горы Озорной, а также в пределах южной полосы выходов перидотитов.

В лерцолитах, иногда и в гарцбургитах, развита полосчатость, по-видимому, метаморфического типа; С.Д.Ромушкевич, детально изучивший полосчатость лерцолитов, выделяет шесть разновидностей (комбинаций) полосчатого чередования слоев, обусловленных варьирующими количествами пироксенов. Широко распространены также перидотиты с массивной текстурой. Типичны порфирокластические структуры, в отдельных участках сохранились породы с протогранулярным сложением *); в зонах катаклаза развиты милонитовые структуры. Перидотиты в целом интенсивно серпентинизированы; менее измененные разности обнажены в некоторых участках приводораздельной части северного тектонического блока, в частности, в участке массива горы Шаманьей. Максимально серпентинизированные породы развиты продольными полосами, вытянутыми вдоль наиболее протяженных разломов.

Дуниты образуют сравнительно небольшие (мощностью от десятков сантиметров до десятков метров) линейно-вытянутые тела линзовидной формы, мелкие шпильки, маломощные секущие тела в перидотитах. Маломощные жилы и широкообразные тела пироксенитов (чаще вебстеритов), как и многие тела дунитов, развиты главным образом в наиболее поднятых блоках перидотитового комплекса. В широкой экзоконтактной зоне габброноритовых интрузивов (например, на участке руч. Мелкого), развиты также плагиоклазовые лер-

*) В названиях структур перидотитов применена терминология Е. -И. Мерсье и А. Николая [52].

политы, кортландиты, пегматоидные пироксениты, горнблендиты. С.Д.Ромушкевич (1985 г.) изучил небольшие секущие тела троктолитов и их меланократовых разновидностей-гарризитов в зонах контактов перидотитов с габброидами. По данным Т.А.Смирновой (1973 г., неопубликованная работа), в полях лерцолитов локализованы небольшие зоны (мощностью до 50 м) "дунит-перидотит-пироксенитового комплекса" - тонкополосчатого и шпирового чередования дунитов, орто- и клинопироксенитов, перидотитов (преобладающих верлитов, а также лерцолитов и гарцбургитов).

Петрохимические особенности главных типов пород перидотитового комплекса характеризует таблица I. Обращает внимание падение железистости от лерцолитов, через гарцбургиты к дунитам, отражающее последовательное истощение пород в этом направлении. Последнее обстоятельство иллюстрируется также уменьшением величин нормативных диопсида, плагиоклаза, ростом коэффициента $RO: SiO_2$. Плагиоклазовые лерцолиты не являются химическими аналогами шпинелевых лерцолитов и отличаются от последних повышенными содержаниями "магмофильных" компонентов - Al, Ca, Fe, Na. Однако геологическая позиция и роль в строении массива не позволяют рассматривать плагиоклазовые лерцолиты в качестве наименее истощённых фаций мантийного перидотитового комплекса. Микроструктуры этих пород свидетельствуют скорее в пользу их кумулятивного и (или) импреньационного происхождения. Приуроченность плагиоклазовых перидотитов, а также троктолитов и гарризитов к зонам контакта перидотитового комплекса с плутоническими габброидами позволяет предполагать формирование этих пород в результате проявления какого-либо механизма воздействия основной магмы или связанных с ней флюидных систем на метаморфические перидотиты [28; 54]. По предположению С.Д.Ромушкевича, троктолиты и гарризиты представляют собой гибридные породы.

Степень серпентинизации ультрамафитов, определённая по соотношению в породах воды, кремнезёма и оснований [II], в целом высокая (табл. I), в том числе и для нормативных лерцолитов, и достигает максимума в дунитах; это свидетельствует об отсутствии заметных алдохимических изменений при серпентинизации пород.

Хромитовая минерализация Тамватнейского массива детально изучена Т.А.Смирновой (1973 г.), [34], В.Г.Сидкиным и В.Е.Стерлиговой (1973 г.), С.Д.Ромушкевичем (1985 г.). Небольшие концентрации хромитов, не имеющие промышленного значения, расположены

Таблица I

Средний химический состав ультрамафитов (масс.%)

	I	2	3	4	5	6
n	II	28	45	35	3	13
SiO ₂	<u>34.00</u>	<u>38.80</u>	<u>39.20</u>	<u>39.10</u>	<u>40.00</u>	<u>39.87</u>
	0.65	1.23	1.20	1.24	0.49	1.28
TiO ₂	<u>0.02</u>	<u>0.02</u>	<u>0.02</u>	<u>0.05</u>	<u>0.09</u>	<u>0.15</u>
	0.02	0.02	0.01	0.05	0.03	0.07
Al ₂ O ₃	<u>0.60</u>	<u>1.48</u>	<u>1.94</u>	<u>2.71</u>	<u>4.50</u>	<u>3.00</u>
	0.41	0.44	0.24	0.36	1.10	0.70
Cr ₂ O ₃	<u>0.23</u>	<u>0.26</u>	<u>0.29</u>	<u>0.24</u>	<u>0.33</u>	<u>0.36</u>
	0.11	0.06	0.08	0.06	0.17	0.09
Fe ₂ O ₃	<u>5.13</u>	<u>5.06</u>	<u>4.39</u>	<u>4.27</u>	<u>3.70</u>	<u>2.68</u>
	1.41	0.95	0.94	0.86	0.15	1.13
FeO	<u>2.28</u>	<u>2.80</u>	<u>3.56</u>	<u>3.57</u>	<u>4.57</u>	<u>5.13</u>
	1.36	0.86	1.06	1.07	0.40	1.04
MnO	<u>0.10</u>	<u>0.11</u>	<u>0.13</u>	<u>0.14</u>	<u>0.08</u>	<u>0.10</u>
	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.07
MgO	<u>41.20</u>	<u>38.90</u>	<u>37.80</u>	<u>37.20</u>	<u>32.91</u>	<u>38.36</u>
	1.10	1.44	1.53	1.45	0.27	1.67
CaO	<u>0.39</u>	<u>0.67</u>	<u>1.52</u>	<u>2.05</u>	<u>3.56</u>	<u>2.46</u>
	0.43	0.41	0.41	0.45	0.22	0.39
Na ₂ O	<u>0.05</u>	<u>0.06</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>	<u>0.11</u>	<u>0.26</u>
	0.05	0.04	0.04	0.07	0.05	0.12
П.п.п. (H ₂ O ⁺)	<u>14.70</u>	<u>11.50</u>	<u>10.40</u>	<u>10.20</u>	<u>8.94</u>	<u>6.98</u>
	1.39	2.06	2.23	2.44	0.38	2.18
RO:SiO ₂	<u>1.98</u>	<u>1.66</u>	<u>1.62</u>	<u>1.61</u>	<u>1.46</u>	<u>1.61</u>
	0.04	0.09	0.08	0.07	0.01	0.08
F	<u>8.67</u>	<u>9.7</u>	<u>10.2</u>	<u>10.2</u>	<u>12.0</u>	<u>10.1</u>
	1.4	0.6	0.7	0.8	0.5	0.6
S	<u>0.99</u>	<u>0.81</u>	<u>0.75</u>	<u>0.74</u>	<u>0.73</u>	<u>0.57</u>
	0.09	0.18	0.17	0.19	0.03	0.26
O1	<u>94.7</u>	<u>71.0</u>	<u>66.7</u>	<u>64.8</u>	<u>47.8</u>	<u>66.9</u>
	2.5	1.7	6.9	6.2	1.5	7.0
D1	<u>2.1</u>	<u>3.4</u>	<u>7.0</u>	<u>9.6</u>	<u>16.5</u>	<u>11.4</u>
	2.0	1.7	1.7	1.9	0.6	2.5
P1	<u>1.5</u>	<u>3.4</u>	<u>6.0</u>	<u>8.7</u>	<u>14.3</u>	<u>9.6</u>
	1.3	1.1	0.5	1.1	3.5	2.5

Числитель - среднее арифметическое, знаменатель - стандартное отклонение; n - число анализов; $R_0:SiO_2$ - (основность), F - (железистость), S - (степень серпентинизации) - по [11] ; $O1$, Di , Pl - нормативные оливин, диопсид, плагиоклаз ($O1$ и Di рассчитаны в "шпинелевой фации", т.е. без определения нормативного плагиоклаза).

1-5 - Тамватней, 6 - Эльденыр. 1 - дуниты; 2 - гарцбургиты; 3 - истощенные лерцолиты; 4,6 - слабоистощенные лерцолиты; 5 - плагиоклазовые лерцолиты

как в северном, наиболее поднятом, блоке перидотитов, так и в лерцолитовых полях южной части массива (рис.1). В последнем случае выходы хромититов расположены полосой шириной до 1 км, примакающей с севера к краю тектонической пластины вулканического и диабазового комплексов. В южной полосе развития хромититов расположено наибольшее число проявлений; два из них, по данным Т.А.Смирновой, локализованы в полосчатых образованиях пироксенит-дунит-перидотитового комплекса.

Морфология хромитовых проявлений различна. Чаще всего это прожилково-шпиревые сегрегации массивного средне- и крупнозернистого хромита среди перидотитов. Рудные сегрегации оконтурены, как правило, небольшой по мощности оторочкой дунита (аподунитового серпентинита). Размеры таких сегрегаций, судя по высыпкам, не превышают первых десятков сантиметров. Лишь в одном случае, в районе г.Шаманьей, обнаружено более крупное тело хромитовых руд, мощностью около 1 м и длиной более 100 м. Мощность прожилков сплошного мелкозернистого хромита в лерцолитах варьирует в пределах 2-4 см. Менее распространен густовкрашенный тип хромитовой минерализации. Участки густовкрашенного хромита, в виде струйчатых обособлений, наблюдаются преимущественно в пределах маломощных прослоев дунита среди грубополосчатых лерцолитов. При этом относительно крупные блоки дунитов, размером в несколько сотен квадратных метров и более, не содержат заметных скопленных хромитовых руд.

Химический состав хромита в рудных сегрегациях довольно однообразен и не зависит от петрографического состава вмещающих пород. Все опробованные нами рудопроявления характеризуются примерно одинаковым составом хромита по содержанию в нем хрома ($Cr_2O_3=52-64$ вес.%) и алюминия ($Al_2O_3=7-16$ вес.%). Несколько ли-

ре вариации содержаний магния и железа ($f = 25-57$ мол.%), роль окисного железа незначительна ($Fe_2O_3 = 2.65-6.32$ вес.%). Таким образом, главная особенность хромитовой минерализации Тамватнейского массива заключается в наличии высокохромистых рудных сегрегаций на фоне преобладающих существенно глиноземистых составов аксессуарной вкрапленности окисно-рудной фазы перидотитов (см. рис. 5). Такое соотношение составов существенно отличает лерцолитовую серию Тамватнея от дунит-гарцбургитовых массивов Майницкой зоны, в которых составы рудных сегрегаций частично или полностью перекрывают основные параметры состава аксессуарной вкрапленности [10].

Прожилково-шпировые выделения хромита содержат постоянную примесь розового хлорита - кеммерерита. Последний, как и в хромититах дунит-гарцбургитового типа массивов, заполняет интерстициальные полости в густовкрапленной массе хромита, а также образует негативные включения октаэдрического облика. Нередко на извлеченных из хромита октаэдрах хлорита наблюдаются отпечатки индукционных граней хромита, свидетельствующие о совместном росте матрицы и включения.

Габброиды представлены небольшими плутоническими телами габроноритов, а также дайкообразными телами и жилами пегматоидного сложения. Большая часть габроноритов сосредоточена в северной части массива, наиболее поднятой и эродированной. Плутонические тела габроноритов, длиной 2-3,5 км и шириной до 0,7 км, целиком расположены в пределах перидотитового комплекса и структурно не связаны с подущечными лавами и диабазами. В наиболее крупном поле выходов мафитов в верховьях ручья Озорного (за пределами карты рис. 1) породы дифференцированы от габроноритов, через мелкозернистые амфиболовые габбро, к кварцевым диоритам и плагиогранитам. В широких экзоконтактовых зонах некоторых габроноритовых тел в перидотитах развиты рои даек и жил габброидов, часто пегматоидного сложения. Данные по отдельным участкам массива (участок ручья Мелкого на востоке, район горы Озорной на западе) показывают, что перидотиты, окружающие тела габроноритов, на расстоянии до нескольких километров от контакта истощены, о чём свидетельствует рост величин хромистости аксессуарных шпичелей (рис. 6).

Эти данные позволяют предполагать, что габброиды северного блока Тамватнейского массива представляют собой небольшие плуто-

нические тела, залегающие целиком внутри перидотитов на сравнительно более глубоких горизонтах обнаженной части разреза последних. Пироксениты и верлиты, по-видимому, маркируют донную часть этих магматических камер. Время внедрения габброидов геологическими наблюдениями определить невозможно; по данным И.А. Загрузиной [13], определение K-Ar возраста рассматриваемых пород даёт интервал величин 122-138 млн. лет, что позволяет предполагать валанжин-готеривский возраст габброидов Тамватнея.

Особенностью петрохимии габброноритов являются пониженная титанистость ($TiO_2 < 0.3\%$), высокие величины магнезиальности ($100 \cdot MgO / (MgO + FeO) = 74-84$, отражающие их фракционированную природу. Мелкозернистые разности (главным образом амфиболовые габброиды) по указанным параметрам ближе к диабазам и подушечным базальтам и относятся к умеренно-титанистым примитивным толеитам.

Вулканогенный комплекс и субвулканические образования. Пластовые тела и дайки диабазов, долеритов, кварцевых порфиров обнажены фрагментарно в краевых частях тектонических пластин вулканогенных и гиабиссальных пород. Междайковые пространства сложены базальтами, а также вулканитами среднего и кислого состава. Более крупные выходы последних также приурочены к краевым частям указанных тектонических пластин и слагают нижние горизонты вулканогенного комплекса, основная часть которого сложена подушечными лавами базальтов, кварцевых базальтов, вулканическими и жильными диабазами.

Андезитойды (главным образом андезизбазальты) отличаются повышенными содержаниями MgO (6-11%) и по химизму соответствуют "переходным бонинитам" [43]. Повышенными содержаниями SiO_2 (52-61%) и MgO (> 6%) обладают также некоторые полнокристаллические породы диабазового комплекса. Магнезиальные андезизбазальты близки к бонинитоидам и по таким параметрам химизма, как низкие величины CaO/Al_2O_3 (0.3-0.54) и CaO (5-7.7%); в целом невысокие содержания TiO_2 (0.3-0.9%). Однако типичные бониниты с характерным для них минеральным парагенезисом не наблюдались. Магнезиальные андезизбазальты ассоциируют с натровыми липаритами, липарито-дацитами, дацитами; эта часть вулканического комплекса интродуцирована небольшими телами плаггиогранитов, тоналитов.

Базальты и диабазы подушечных лав и даек по нормативному составу относятся к оливин-гиперстеновым типам, значительно реже к разностям с небольшим избытком щелочей (натрия). Химические



5229

анализы характеризуют эти породы как низко- и умереннотитанистые ($TiO_2=0.4-1.4\%$) толеиты, большая часть которых по величинам $100MgO/(MgO+FeO)=62-72$ приближается к примитивным базальтам, однако часть образцов характеризуется пониженной величиной указанного параметра (50-62%). Интерпретация имеющихся петрохимических данных позволяет предполагать, что состав вулканических и гипабиссальных пород отражает формирование офиолитов Тамватнейских гор в геодинамических обстановках "додугового спрединга" [29] или раскрытия сравнительно небольших задуговых котловин. При отсутствии представительных геохимических данных эти вопросы не могут получить более конкретного решения.

Согласно А.П.Ставскому и др. [37], вулканические и туфогенные породы Тамватнея относятся к келловей-готерийскому Тополевскому комплексу, представляющему собой, по мнению указанных исследователей, образования осевой вулканической гряды островодужной системы. Фрагменты этой вулканической структуры обнажены в 40 км к ВВД от Тамватнейских гор, в бассейне рек Научирыный и Ягельная; её фундамент слагает полная офиолитовая ассоциация СОХ-типа, включающая высокотитанистые базальты, дайковый комплекс, кумулятивные габбро и ультрамафиты, а также дуниты, гарцбургиты и лерцолиты [37]. Несмотря на определенные черты сходства вулканических толщ Тамватнея и Тополевского комплекса (присутствие в обоих разрезах "переходных андезитобазальтов" и магнезиальных базальтов [7]), эти два участка развития офиолитов существенно различаются по составу и строению ультрамафит-габбрового фундамента. Последнее обстоятельство наиболее ярко отражено в лерцолитовом, относительно слабо истощённом составе перидотитов Тамватнея, при более значительной роли дунитов и гарцбургитов в строении ультрамафитов Ягельного комплекса. Эти факты позволяют отнести офиолиты Тамватнейского и Ягельного массивов к разновозрастным, но разнотипным образованиям, сформировавшимся в разных геодинамических обстановках и на различном по составу и строению фундаменте.

Эльденырский массив

В отличие от других относительно крупных выходов ультрамафитов, Эльденырский массив остался за рамками исследований петрологов, изучавших альпинотипные перидотиты Корякского нагорья; его описания отсутствуют в фундаментальных сводках по данному региону [5,28], хотя он и упомянут в них. Массив впервые выде-

лен В.А.Лоргусом в 1956 году; более детальное картирование этой территории выполнено в начале 60-х годов В.Г.Силкиным, В.Г.Кальняновым, В.Г.Куприенко, В.А.Захаровым. В.Г.Силкиным установлен существенно перидотитовый состав перидотитов Эльденырского массива. Приведенные в настоящей работе данные основаны на материалах, полученных при полевом изучении массива и окружающих его структур С.А.Паланджяном и А.Н.Петровым в 1980 г.

Эльденырский массив расположен юго-западнее Усть-Бельского, в северном окончании Алганских гор (междуречье Чигейвеем - Лев. Коначан).Выходы ультрамафитов с перерывами прослеживаются на 25 км, при ширине до 8 км.Центральное место занимает массив перидотитов, слагающих морфоструктуру горы Эльденыр, обнаженная площадь его около 45 км². Почти со всех сторон перидотитовый массив окружён серпентинитовым меланжем (рис.3), который продолжается и далее на юго-запад, в левобережье р.Ильгвеем. На востоке и юго-востоке ультрамафиты по системе крутых близмеридиональных и северо-восточных разломов контактируют с осадочными толщами мелового-раннепалеогенового возраста. Толща флишеидного чередования песчаников, алевролитов, аргиллитов включает горизонты олистостромовых образований, глыбы в которых представлены базальтами, кремнистыми породами, крупными отторженцами ("экзотическими глыбами") органогенных известняков и песчаников с фауной

D₂₋₃ и C₁. Предыдущие исследователи относили отдельные участки указанной толщи к валанжину и к различным ярусам девона и карбона, в зависимости от датировки хорошо обнажённых выходов палеозойских известняков и песчаников; однако наши наблюдения позволяют рассматривать последние как крупные олистолиты в отдельных горизонтах флишеидной толщи валанжина [40]. Крупные глыбы известняков D₂₋₃ включены и в серпентинитовый меланж левобережья р.Ильгвеем. Юго-западнее валанжинских отложений расположены выходы угленосной толщи позднего мела-палеогена, в песчаниках и гравелитах которой обильны обломки ультрамафитов [20]. Комплексы ультрамафитов, серпентинитового меланжа, флишевых и олистостромовых отложений образуют ядро горстового поднятия, крылья которого сложены вулканогенными и обломочными молассовыми комплексами позднего палеогена-раннего неогена. Восточнее этой крупной горстовой структуры, в правобережье р.Прав. Коначан, обнажены тектонические блоки позднеюрских-валанжинских вулканогенных, кремнистых и обломочных пород и структурно свя-

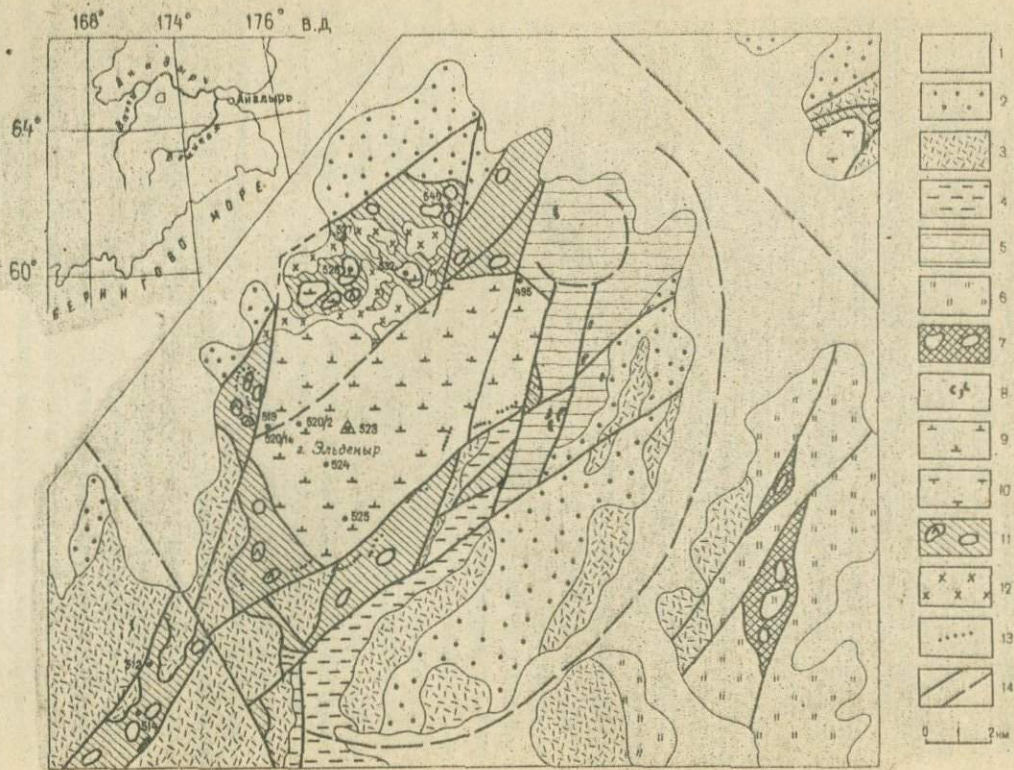


Рис.3. Геологическая карта массива Эльденур. (При составлении карты использованы материалы А.Н.Петрова, В.Г.Силкина и В.Г.Куприенко).

I - современные отложения; 2 - олигоцен-миоцен: конгломераты, песчаники; 3 - олигоцен: андезиты, андезито-базальты, дациты; 4 - поздний мел-палеоген: песчаники, алевролиты, гравелиты с прослоями углей; 5 - валанжин: песчаники, алевролиты, гравелиты, конгломераты, олистостромовые горизонты; 6,7 - фрагменты офиолитовой ассоциации поздней пры(?) - валанжина: 6 - спилиты, базальты, кремнистые породы, песчаники, алевролиты; 7 - мономиктовый серпентинитовый меланж; 8 - экзотические блоки известняков и песчаников среднего-позднего девона и раннего карбона; 9 - перцолиты; 10 - гарцбургиты, дуниты; II - полимиктовый серпентинитовый меланж, с глыбами метабазальтов, плагиогранитов, габбро, анортозитов, верлитов, гарризитов, троктолитов, перцолитов; 12 - субвулканические тела диоритовых порфиритов (олигоцен); 13 - дайки гипабиссальных гранитоидов, щелочных сиенитов, альбититов (палеоцен-эоцен); 14 - разломы (картируемые и предполагаемые по элементам морфоструктуры)

занного с ними мономиктового серпентинитового меланжа.

Перидотитовый массив горы Эльденур почти нацело сложен перцолитами. Преобладают разности крупнозернистого сложения, обычно нарушенного процессами дробления зерен и петельчатой серпентинизации; в большинстве случаев сохранились реликты первичных структур. Наиболее распространены протогранулярные структуры (образцы 501/1, 520/2, 521/1, 523/1, 528/1 и др.), с переходами в порфирокластические и мозаичные; широко развиты порфирокластические, наблюдаются также эквигранулярные (табулярные и мозаичные) и переходные между двумя последними типами структур. Оливин и пироксены иногда сильно деформированы, с интенсивным развитием полос излома. Шпинель глиноземистая, ксеноморфная, образует червеобразные выделения, иногда в форме остролиста (в порфирокластических разностях). В отдельных образцах, отнесенных к гарцбургитам (например, образец 525/1), количество диопсида меньше 5%, в них заметно падает и содержание энстатита. Текстура перидотитов обычно массивная, реже полосчатая, обусловленная вариациями содержаний пироксенов, расположенных в таких разностях линейно. С участками полосчатых перидотитов связано развитие маломощных линзовидных тел дунитов, прослоев и шпиров пир-

роксенитов (вебстеритов).

По химическому составу (табл. I) лерцолиты Эльденыра представляют собой наименее истощённые разновидности перидотитов, обнажённых в пределах Корякского нагорья. От слабо истощённых лерцолитов Тамватнея они отличаются несколько повышенными содержаниями Al_2O_3 , CaO , Na_2O , TiO_2 , соответственно повышены нормативные плагиоклаз и диопсид; величины $RO:SiO_2$, F в этих группах лерцолитов одинаковы. Степень серпентинизации лерцолитов Эльденыра заметно ниже, чем для аналогичных пород Тамватнея.

Большая часть массива, а также крупные лерцолитовые глыбы в меланже севернее г. Эльденыр, претерпели раннюю (петельчатую) серпентинизацию умеренной степени. Перидотиты восточной и юго-восточной частей массива интенсивно антигоритизированы; это касается и лерцолитов, включённых в серпентинитовый меланж юго-западного края структуры. В антигоритизированных частях перидотитов шпинель метаморфизована (заменена магнетитом) и окружена "рубашкой" хлорита; пироксены замещены амфиболами и хлоритом, однако реликты свежих пироксенов сохраняют содержания кальция и алюминия, типичные для лерцолитов (обр. П 525/1).

Антигоритизация и связанные с ней метаморфические изменения перидотитов, как отмечено, тяготеют к юго-восточной части массива, характерной особенностью которой является развитие даек щелочных и субщелочных пород, интрузирующих ультрамафиты в зоне тектонического контакта с блоками угленосной молассы и серпентинитового меланжа. В истоках р. Снежной нами изучена зональная дайка щелочного микросиенита (содержания $Na_2O=6.1-6.4\%$, $K_2O=6.2-7.2\%$), в контактах с которой ультрамафиты превращены в тремолит-антигоритовые породы; В. Г. Силкин указывает наличие в этой зоне дайки альбитита. Абсолютный возраст щелочного сиенита определён[§] в 53-65 млн. лет, что свидетельствует о синхронности этой фазы магматизма с угленосной молассой. В северном крае массива лерцолиты и серпентинитовый меланж интродуцированы дайками и пластобразными, сложной формы телами гипабиссальных гранитоидов (дацитов, кварцевых диорит-порфиритов); по данным В. А. Захарова, К-Аг возраст дацита северного склона г. Эльденыр 20.5 млн.

[§] Здесь и далее приведены результаты определения возраста К-Аг методом по породе, выполненные по материалам С. А. Паланджяна в лаборатории абсолютной геохронологии СЕКЦИИ А. Д. Лискиным.

лет. По-видимому, внедрение этих гипабиссальных тел завершает олигоценый андезитодацитовый вулканизм и синхронно накоплению верхних горизонтов обломочного комплекса олигоцена-миоцена.

Серпентинитовый меланж характеризуется заметным разнообразием состава пород, включенных в него в виде сглаженных, удлиненных глыб разной величины. Самые крупные из них сложены перцолитами, в том числе наименее истощенными разностями последних, и расположены непосредственно севернее массива; аполерцолитовые серпентиниты и антигоритизированные перцолиты наблюдаются и в южном крае меланжа. В наиболее северной его части, а также на западе структуры в меланж включены крупные глыбы, сложенные плагиоклазсодержащими дунитами и перидотитами, троктолитами, анортозитами, меланократовыми габбро, габбро-амфиболитами, а также апобазитовыми альбит-эпидотовыми сланцами, мусковитовыми плагиогранитами; в юго-западной полосе меланжа развиты крупные глыбы мраморизованных известняков среднего-позднего девона. Возраст плагиогранитов, по данным K-Ar датирования, среднеурский (172-183 млн.лет) и раннемеловой (106-123 млн.лет).

Хромитовые концентрации в ультрамафитах Эльденьрского массива не обнаружены. В аллювии водотоков, дренирующих массив, уже давно отмечалось присутствие осмистого иридия, содержания которого в верхних горизонтах аллювия достигают $0,07 \text{ г/м}^3$ [4]. Более детальные сведения о химическом составе минералов группы платины из аллювиальных отложений приведены в работе А.Ф.Тремасова и В.В.Крячко [41]; хотя местонахождение изученного объекта авторами замечки и редколлегией журнала завуалировано, нетрудно догадаться, что речь идет об Эльденьском массиве. Указанными исследователями описано несколько относительно крупных выделений зерен минералов системы Os - Ir - Ru, изоферроплатины, с включениями сульфидов платиновых металлов. Однако вопрос источника этих минералов остается открытым. По данным В.Г.Силкина и В.Г.Куприенко (неопубликованная работа, 1965 г.), минералы группы платины обнаружены в водотоках бассейна р.Лев.Коначан, размывающих, по нашим наблюдениям, не только ультрамафиты массива, но и выходы серпентинитового меланжа, а также в водотоках бассейна р.Чигейвеем, расположенных вдали от ультрамафитов, но дренирующих выходы обломочных толщ олигоцена-миоцена. Последние, как показывают результаты детального изучения минералов платиноидов и золота из золотоносных россыпей этого района [6,24,30], явля-

ются промежуточными коллекторами. Высокохромистый состав хром-шпинелидов, ассоциирующих с минералами группы платины в аллювиальных отложениях [41], свидетельствует о том, что весь комплекс этих рудных минералов ультрамафитов связан с наиболее истоощёнными фациями последних — дунит-хромитовыми телами, не обнаруженными в пределах Эльденырского лерцолитового массива. Наиболее вероятными коренными источниками минералов платиноидов, распространённых в аллювиальных водотоках района Эльденырского массива, можно считать былые хромитоносные горизонты перидотитового комплекса (аналогичные обнажённым в настоящее время в некоторых участках Усть-Бельского массива дунитовым телам), которые были дезинтегрированы при тектонических срывах и формировании серпентинитового меланжа, а также при накоплении морских и лагунно-континентальных обломочных фаций олигоцена-миоцена. Об этом свидетельствуют данные по химическому и минеральному составу зёрен платиноидов из аллювия Эльденырского района [41], аналогичных платиноидам детально изученных россыпных проявлений района Усть-Бельского массива и прилегающей с севера к Эльденырскому массиву Таловско-Мауринской впадины [24,30]. В свете сказанного, претензии А.Ф.Тремасова и В.В.Крячко на выявление платиновых минералов в лерцолитовом массиве представляются необоснованными.

Таким образом, Эльденырский лерцолитовый массив является тектоническим блоком, структурно тесно связанным с серпентинитовым меланжем. Наличие в составе последнего, наряду с лерцолитами, также и фрагментов пород переходного ультрамафит-габбрового комплекса, габброидов, metabазитов, позволяет считать лерцолиты Эльденырского массива частью перидотитового фундамента офиолитовой ассоциации, более полно представленной севернее, в пределах Усть-Бельского массива. Возраст рассматриваемых офиолитов пока не обоснован прямыми датировками вулканогенно-кремнистых комплексов. А.А.Александров [1] и Г.Е.Некрасов [20] относят офиолиты Усть-Бельских гор к среднему палеозою. Верхняя возрастная граница офиолитовой ассоциации определяется в Отрожненском блоке (в 25 км к ССВ от Эльденырского массива), где обнажена наиболее представительная последовательность габброидов, диабазов и вулканических пород основного состава. В пределах габбровой части разреза локализована серия даек порфировых гранитоидов, по особенностям петрографического и химического составов

не относящихся к офиолитовой ассоциации. В трёх образцах гранитоидов из нашей коллекции определения абсолютного возраста К-Аг методом дали величины 204-212 млн. лет; в рукописных работах А.А.Александрова и В.А.Захарова приводятся датировки в интервале 178-218 млн. лет. Эти данные позволяют предполагать, что офиолиты Усть-Бельских гор и Эльденюра в позднем триасе-средней пре были вовлечены в структуру раннемезозойской островной дуги.

ВОПРОСЫ ПЕТРОЛОГИИ

Особенности состава породообразующих минералов

Характеристика химического состава породообразующего парагенезиса лерцолитовых массивов основана преимущественно на анализах сосуществующих минералов. Реестр изученных образцов пород приведен в приложении I, а микронзондовые анализы - в приложении 2. Сосуществующие минералы наименее истощенных лерцолитов Эльденюрского массива охарактеризованы по шести пробам; в образце гарцбургита (П 525/I, $RO: SiO_2=1.84$, нормативный плагиоклаз 4.2%, диопсид 5.2%), интенсивно антигоритизированного, реликтов первичных зерен шпинели не обнаружено. В других пробах изучены составы сохранившихся зерен оливина, иногда также диопсида и шпинели. Данные по Эльденюру дополняют анализы сосуществующих минералов двух проб перидотитов Усть-Бельского массива - лерцолита и диопсидсодержащего гарцбургита; они не включены в таблицы приложения, но спроектированы на ряд диаграмм. Породы Тамватнейского массива изучены более детально: сосуществующие минералы лерцолитов охарактеризованы по 23 пробам, диопсидсодержащих гарцбургитов - по 14 пробам; изучены также составы минералов дунитов, хромититов, пироксенитов, габброноритов. Столь обширный материал по химическому составу минералов одного лерцолитового массива приводится впервые. Полученные аналитические данные в дальнейшем могут стать основой более детального петрологического исследования лерцолитов Корякского нагорья; в настоящей работе приведены лишь предварительные результаты, освещающие главным образом вопросы оценки геодинамических обстановок уравнивания перидотитов, соответствующих им температур и давлений.

Параллельно с настоящим исследованием нами проведено изучение вариаций химических составов сосуществующих пироксенов и шпинелей мантийных перидотитов, принадлежащих различным современным и древним геодинамическим обстановкам - субконтиненталь-

ной верхней мантии, предокеаническим абиссальным бассейнам, срединно-океаническим хребтам развитых океанов, океаническим границем скольжения (крупным трансформным разломам), энсиматическим островным дугам; использованы литературные материалы, а также новые данные авторов настоящей работы. В результате были разработаны дискриминационные диаграммы, частично использованные в настоящей работе (см. рис. 7, 8, 10, 11); полностью эти результаты войдут в отдельную публикацию. На указанные диаграммы нанесены также опубликованные нами ранее данные [10] по составам минералов гарцбургитовых (Елистратовский, Длинногорский) и крайне истощенных дунит-гарцбургитовых (Красногорский, Чирьнайский) массивов, что позволяет видеть специфику минералов лерцолитового парагенезиса и их принадлежность к комплексам, сформировавшимся в тектонических обстановках различных структур древних океанических бассейнов.

Оливины. Данные по главному параметру химического состава оливинов - величине железистости - приведены на гистограмме рис. 4. Подавляющее большинство лерцолитов и фациально связанных с ними диоксидсодержащих гарцбургитов содержат более железистый оливин ($f = 8.5-11\%$), чем гарцбургиты дунит-гарцбургитовых массивов ($f = 7.2-8.8\%$). Величины $f = 8.5-11\%$ характерны для оливинов перидотитов срединно-океанических хребтов и пассивных окраин океанов [45]. Следует отметить, что большая часть изученных лерцолитов Эльденьрского массива характеризуется несколько пониженной железистостью оливинов ($f = 8.6-9.5\%$), в отличие от лерцолитов Тамватнея ($f = 9.5-10.2\%$). Лерцолиты Эльденьры с более железистыми оливинами залегают в виде глыб в меланже. Крайне магнезиальный состав характерен для оливинов, включенных в октаэдрические хромшпинелиды в дунит-гарцбургитовых массивах (за единичными исключениями, величины f для них варьируют в пределах 6-7.4%); однако в этом интервале располагаются также составы оливинов из отдельных образцов сильно истощенных пород (дунитов, гарцбургитов) лерцолитовых массивов. Оливины гарцбургитовых массивов (рис. 4 В) занимают промежуточное положение и аналогичны таковым перидотитов, драгированных на островодужных склонах глубоководных желобов ($f = 8-9\%$).

Хромовые шпинели. Особенности химического состава аксессуарных и рудных хромшпинелидов отражены на диаграмме $Cr/(Cr + Al) - Fe/(Fe + Mg)$ (рис. 5). Здесь не показаны шпинели Эльденьрского и Усть-Бальского массивов, точки которых целиком располагаются

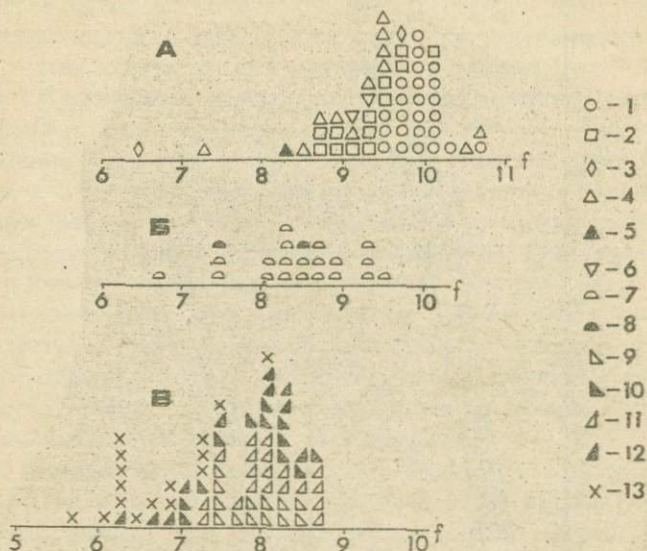


Рис.4. Гистограмма величин $f = 100\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ оливинов из метаморфических перидотитов и дунитов Корякского нагорья. А - лерцолитовые массивы; Б - гарцбургитовые массивы (гарцбургиты содержат 25-45% энстатита); В - дунит-гарцбургитовые массивы (гарцбургиты обогащены оливином, содержание энстатита 10-25%).

1-3 - Тамватнейский массив (1 - лерцолиты; 2 - диопсидовые гарцбургиты; 3 - дуниты); 4,5 - Эльденырский массив (4 - лерцолиты; 5 - дуниты); 6 - Усть-Бельский массив, лерцолиты; 7,8 - Елистратовский и Длинногорский массивы (7 - гарцбургиты; 8 - дуниты); 9,10 - Красногорский массив (9 - гарцбургиты, 10 - дуниты); 11,12 - Чирьнайский массив (11 - гарцбургиты, 12 - дуниты); 13 - включения оливина в октаэдрических хромшпинелидах

в пределах акцессориев Тамватнея. Поскольку величины Fe_2O_3 в акцессорных шпинелях перидотитов невелики, рассматриваемая диаграмма отражает все главные особенности состава хромшпинелидов пород перидотитового комплекса.

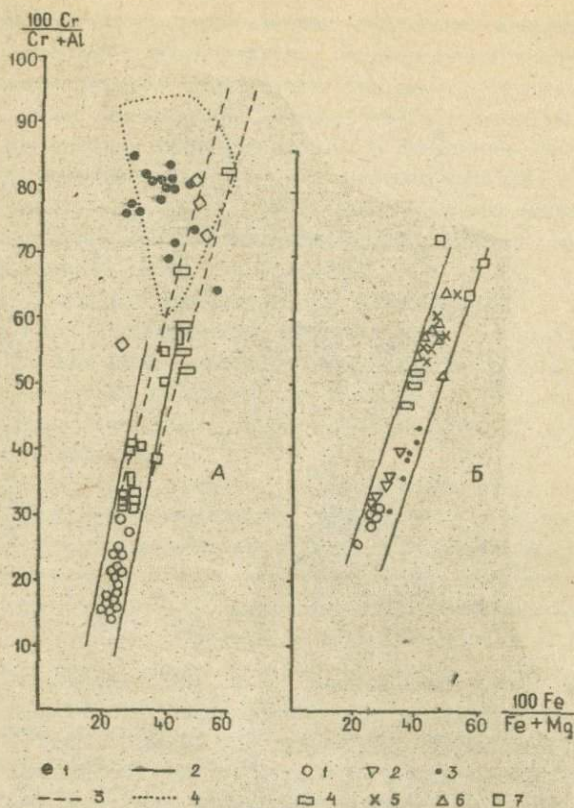


Рис.5. Эволюция составов хромовых шпинелей в перidotитовых массивах Корякского нагорья. А - рудные и акцессорные шпинели в керцолитовых и гарцбургитовых комплексах: 1 - в хромититах Тамватнейского массива; 2 - тренд эволюции составов ксеноморфных акцессориев в перidotитах керцолитовых массивов; 3 - то же, идиоморфных акцессориев в гарцбургитовых и дунит-гарцбургитовых массивах; 4 - поле составов хромититов в гарцбургитовых сериях Красногорского и Чирьнайского массивов. Остальные знаки см.рис.4,7. Б - примеры составов октаэдрических акцессориев в Тамватнейском массиве: 1 - диопсидовый гарцбургит, обр.837/1; 2 - плагиоклазсодержащий керцолит метаморфический, обр.ПЗ15/1; 3 - диопсидовый гарцбургит, обр.981; 4 - то же, обр.323; 5 - верлит, обр.835/1; 6 - плагиоклазовый керцолит кумулятивный, обр.392/1; 7 - пегматонидный пироксенит, обр.322

Наиболее яркая черта химического состава аксессуарных шпинелей лерцолитов - высокоглиноземистый состав; подавляющая часть аксессуариев характеризуется величинами $Cr/(Cr+Al)$ ниже 0,25. Это обстоятельство свидетельствует о том, что лерцолиты претерпели лишь слабую степень частичного плавления [46], в отличие от большей части перидотитов срединно-океанических хребтов [25,46]. Более хромистые шпинели гарцбургитов образуют с аксессуариями лерцолитов единый тренд, подчиняющийся общей для остаточных (реститовых) перидотитов закономерности - прямой корреляции величин хромистости и железистости. Данные по составу аксессуарных шпинелей перидотитов центральной части Тамватнейского массива, нанесенные на карту этого участка (рис.6), наглядно иллюстрируют рост хромистости с приближением к телу габброноритов, отражая, очевидно, рост степени частичного плавления перидотитов в этом направлении. Следует отметить, что в лерцолитах, непосредственно вмещающих дунит-хромитовые обособления, состав шпинели остается низкохромистым.

Все указанные особенности состава типичны для ксеноморфных шпинелей лерцолитов и фациально связанных с ними гарцбургитов. Такие зерна шпинели образуют сравнительно крупные выделения (до 2-3 мм в длину) и часто содержат включения оливинов и пироксенов; характерен выдержанный химический состав различных зерен, извлеченных из одной и той же пробы. Наряду с этим, в некоторых образцах лерцолитов Тамватнейского массива и практически во всех образцах гарцбургитов развита также и другая (очевидно, более поздняя) генерация хромовой шпинели, представленная округлыми зернами и правильными кристаллами октаэдрического облика. Особенностью хромшпинелидов этого морфологического типа является заметно варьирующий состав различных зерен в одном и том же образце породы (рис.5,В), при этом степень идиоморфизма аксессуариев тем выше, чем больше содержание в них хромитового и магнхромитового миналов. Характер эволюции составов идиоморфных хромшпинелидов (направление ковариаций хромистости и железистости) остается прежним, однако налицо несколько более крутой наклон тренда (рис.5,В), связанный с опережающим ростом железистости минералов. Последнее обстоятельство характерно также для идиоморфных хромшпинелидов из дунитов, веритов, пироксенитов Тамватнейского массива, фигуративные точки которых проектируются на тренд эволюции составов аксессуариев наиболее ис-

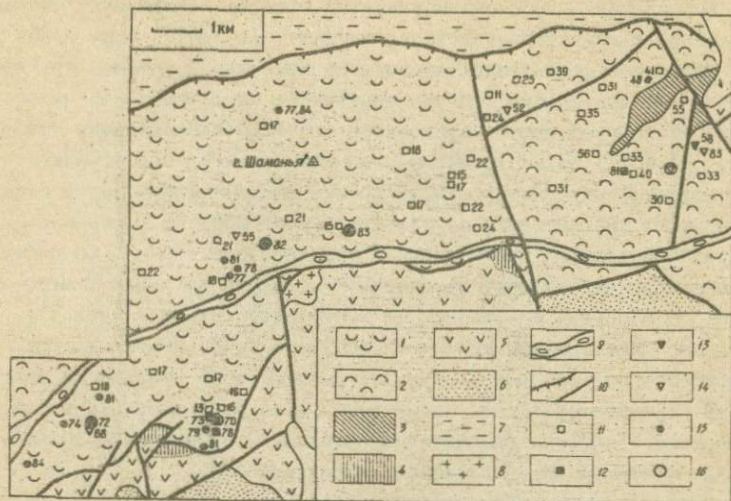


Рис.6. Пространственное распределение величин $100Cr/(Cr+Al)$ хромовых шпинелей в породах центральной части Тамватнейского массива.

1 - лерцолиты; 2 - диопсидовые гарцбургиты; 3 - габбро-диабазы; 4 - габбро-нориты; 5,6 - вулканогенные толщи поздней преготерива (5 - лавовые, 6 - туфогенные накопления); 7 - апт-альб, терригенные отложения; 8 - плагиограниты; 9 - зона Главного разлома; 10 - надвиги и крутоспадающие разломы; 11-15 - породы, охарактеризованные данным составом (цифры у знака): 11 - лерцолиты, гарцбургиты; 12 - дуниты; 13 - верлит; 14 - вебстериты; 15 - хромититы, 16 - пробы, в которых выявлены минералы группы платины

тощенных гарцбургитов Корякского нагорья (рис.5,А). Последний по характеру регрессии величин хромистость-железистость (степени наклона на диаграмме) отличается от тренда аксессуариев лерцолитов и гарцбургитов Тамватнея, но одинаков с таковым для идиоморфных хромшпинелидов этого массива (рис.5,В).

Комплементарность составов наиболее хромистых идиоморфных аксессуариев гарцбургитов (образцы 323, 835/1) и дунитов Тамватнейского массива с составами хромшпинелидов дунит-гарцбургитовых

серий позволяет предполагать одинаковые физико-химические условия формирования этих парагенезисов. Рассматриваемые образцы Тамватнейских гарцбургитов характеризуются наиболее истощенным составом - обедненностью энстатитом, пониженными (относительно других гарцбургитов Тамватнея) содержаниями глинозема в энстатитах и диопсидах. Оба образца расположены в экзоконтактовой зоне габброидного интрузива, на небольшом удалении от контакта (рис. 1). Особенностью этих гарцбургитов является нахождение внутри идиоморфных зерен хромшпинелидов негативных (октаэдрической формы) включений хромсодержащих разностей хлорита и амфибола (см. приложение I, обр. 323). Такие включения широко распространены в высокохромистых акцессорных хромшпинелидах дунит-гарцбургитовой ассоциации и, в частности, в породах Красногорского и Чирьнайского массивов Корякского нагорья; морфология включений и состав вмещающих образований свидетельствуют о том, что кристаллизация этих водных силикатов отражает состав флюида в процессе формирования окиснорудной фазы и включенных в нее силикатов и не может быть обусловлена наложенной серпентинизацией пород [8]. Таким образом, данные по включениям хлорита и амфибола в идиоморфных хромшпинелидах истощенных гарцбургитов Тамватнейского массива свидетельствуют об участии водных флюидов в процессе преобразования перцолитовой ассоциации и формирования хромшпинелидов с повышенной хромистостью; судя по приуроченности этих пород в экзоконтактовым ореолам габброноритового интрузива, развитие рассматриваемого процесса могло быть связано со становлением плутонического комплекса.

Пироксенн. Представительная выборка анализов достаточно хорошо выявляет параметры химического состава пироксенов Тамватнейского массива. Особенностью перцолитов является высокая глиноземистость пироксенов. Содержания Al_2O_3 в энстатитах варьируют в интервале 4-5%, в диопсидах 5-6%; в отдельных пробах установлены еще более высокие значения. В диопсидовых гарцбургитах, за единичными исключениями, указанные интервалы составляют соответственно 3-4% и 4-5%. Пироксенн Зльденйрского массива в целом отличаются несколько пониженными содержаниями глинозема, однако отдельные анализы аналогичны Тамватнейским. Характерны для перидотитов обеих массивов несколько более высокие содержания Al_2O_3 в диопсидах по отношению к сосуществующим энстатитам (приблизительно на 1% масс.), что типично для сравнительно слабо или ум-

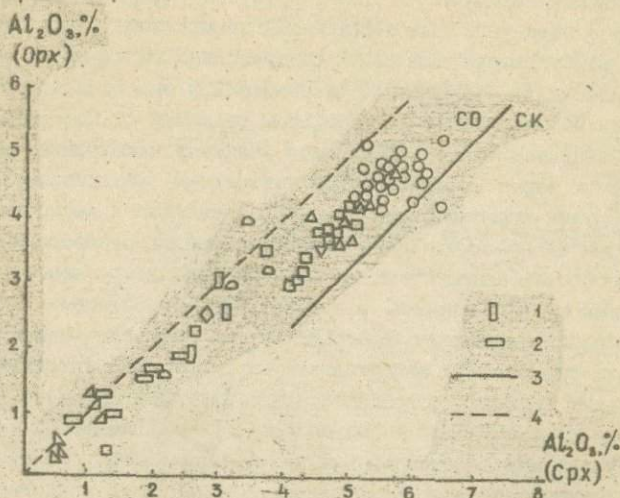


Рис. 7. Распределение Al_2O_3 (масс.%) в сосуществующих ортопироксенах (орх) и клинопироксенах (срх). 1, 2 - породы Тамватнейского массива (1 - плагиоклазсодержащие лерцолиты; 2 - вебстериты и верлиты); 3 - линия разделения субконтинентальных (СК) и субокеанических (СО) перидотитов. Остальные усл. обозначения см. на рис. 4

ренно истощенных мантийных перидотитов как субконтинентального, так и субокеанического типов. В целом точки лерцолитов и диопсидовых гарцбургитов двух изученных массивов на диаграмме рис. 7 образуют линейно-выгнутый ореол в поле субокеанических перидотитов, свидетельствующий о наличии ковариации сосуществующих энстатитов и диопсидов. В отличие от них, составы пироксенов более истощенных гарцбургитов (дунит-гарцбургитовых, гарцбургитовых массивов, а также Тамватнейских образцов 323, 842/1) отклоняются в сторону линии равных содержаний, глинозема в сосуществующих энстатитах и диопсидах (рис. 7). Такое опережающее истощение глиноземом диопсида, являющегося первой плавящейся фазой в лерцолитовом минеральном парагенезисе, может свидетельствовать, по-видимому, о наложении на перидотитовый субстрат новых актов частичного плавления в геодинамических обстановках окраинно-оке-

анических островодужных ансамблей (т.е. обстановках "над зоной субдукции" [29]).

Важной в петрогенетическом отношении характеристикой клинопироксенов является содержание в них натрия. С целью повышения достоверности оценок Na_2O для большинства проб перидотитов проведено дополнительное микронзондовое определение этого компонента на более широких выборках зерен (аналитик Г.А. Меркулов); так, в пробах 305/1, 307/2, 332/1 анализированы ядра шести отдельных зерен, в пробах 333/1, 344/1 по семи зерен, и т.д. Определения Na_2O в лерцолитах Эльденыра контролировались микронзондовыми анализами, выполненными во ВСЕГЕМ (аналитик Э.А. Багдасаров). Полученные оценки содержаний Na_2O позволяют отметить следующие особенности его распределения в диопсидах изученных массивов.

1. Количество натрия в диопсидах Тамватнейского массива закономерно падает от лерцолитов к диопсидовым гарцбургитам; в этом же направлении растут содержания хрома (рис.8). Пространственное положение анализированных проб в массиве показывает, что наиболее интенсивное обеднение диопсидов натрием (и относительное накопление в них хрома) имеет место в перидотитах, локализованных в экзоконтактной зоне габброноритового тела (рис.9, блок В).

2. Диопсиды лерцолитов Эльденырского массива заметно обогащены натрием относительно Тамватнейских (рис.8), что отражает различие физико-химических параметров кристаллизации лерцолитов этих двух массивов — температур, давлений, состава флюидной фазы.

Геодинамические обстановки уравновешивания перидотитов

Различия в химических составах и в характере ковариаций существующих минералов лерцолитового парагенезиса, обусловленные указанными выше параметрами кристаллизации, могут отражать геодинамические обстановки (ГДО) переуравновешивания перидотитов [18, 25, 33, 45, 46, 50]. Среди параметров состава минералов, являющихся показателями формирования перидотитов в различных ГДО, наиболее представительны величины хромистости шпинелей, содержания глинозема в пироксенах, относительные концентрации натрия в диопсидах. Глиноземистый состав лерцолитов Тамватнея и Эльденыра ($\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 0.13–0.26; Al_2O_3 орх 3.7–5.3%, Al_2O_3 срх 4.5–6.5%) отличает эти породы от перидотитов срединно-океанических хребтов современных океанических бассейнов, в целом более истощенных глиноземом, и сближает их со слабо исто-

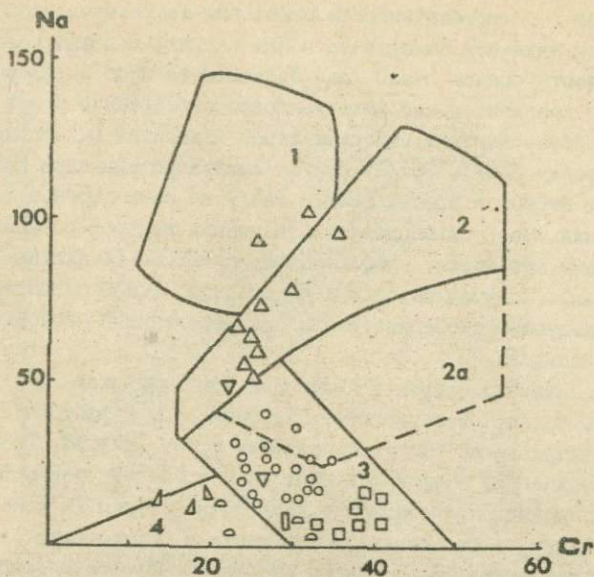


Рис.8. Распределение Na и Cr в клинопироксенах перидотитов (в тысячных долях формульных коэффициентов).

Поля составов перидотитов, уравновешенных в различных геодинамических обстановках: 1 - внутриплитные (наименее истощенные шпинелевые лерцолиты континентальной и океанической литосферы); 2 - ранние стадии развития океанов (пассивные окраины современных океанов и Лигурийского палеоокеана); 2а - то же, перидотиты плагиоклазовой фации; 3 - современные океанические бассейны (СОХ и границы скольжения); 4 - островодужные. Усл.обозначения см. на рис.4.

шенными типами лерцолитов ("субконтинентальными", или шпинелевыми перидотитами верхней мантии). Однако участие рассматриваемых лерцолитов в составе офиолитовых ассоциаций показывает, что эти породы не могут быть отнесены к субконтинентальным образованиям и формировались, очевидно, в связи с абиссальными океаническими структурами, отличающимися от зон спрединга крупных океанических бассейнов.

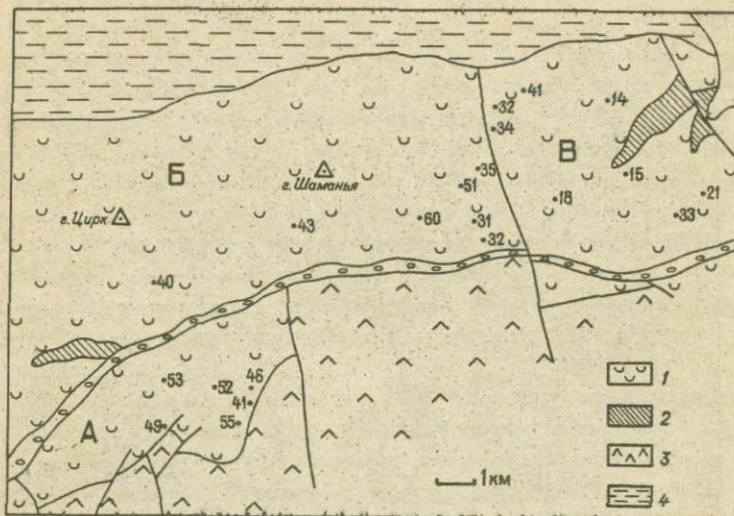


Рис.9. Пространственное распределение величин $100 \cdot Na / (Na + Cr)$ клинопироксенов из гарцбургитов и лерцолитов центральной части Тамватнейского массива.

1 - перидотиты; 2 - габбронориты; 3 - вулканогенные породы; 4 - терригенные отложения.

Согласно петрохимическим критериям, разработанным Г.Н.Савельевой [33], лерцолиты Тамватнея и Эльденбра по величинам отношений Al_2O_3 / Cr_2O_3 , TiO_2 / Cr_2O_3 соответствует слабо истощенным лерцолитам, характерным для "областей с кратким периодом океанического развития". Изучение перидотитов, драгированных в различных структурах современных океанических бассейнов, показывает, что такие характеристики состава типичны для лерцолитов двух ГДО: 1) границ латерального скольжения океанических плит - крупных трансформных разломов типа дуга-дуга, дуга-рифт (Оуэн, Кайман) [26]; 2) ранних стадий раскрытия океанических бассейнов (перидотиты из зон разломов в пассивных окраинах океанов) [45]. Лерцолиты двух последних типов заметно отличается

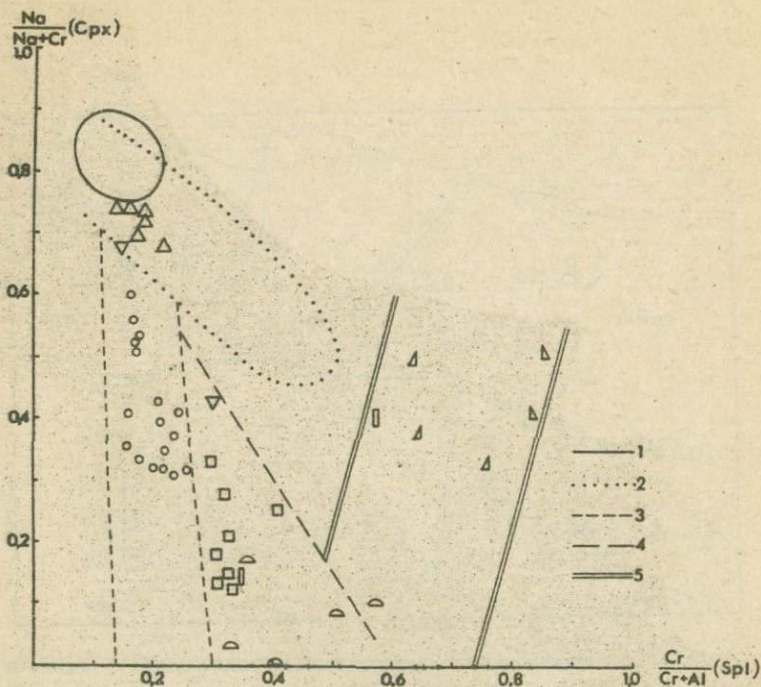


Рис.10. Вариации составов сосуществующих хромовых шпинелей и клинопироксенов как показатели геодинамических обстановок уравнивания перidotитов.

Линиями очерчены поля составов: 1 - наименее истощенных субконтинентальных; 2 - шпинелевых и плагиоклазовых перidotитов раннеокеанического типа; 3 - океанических границ скольжения; 4 - срединно-океанических хребтов развитых океанов; 5 - энсиматических островных дуг. Остальные усл.обозначения см. на рис.4

между собой по распределению Na и Cr в диоксидах (рис.8,10). В связи с этим обращает внимание высокий уровень концентрации натрия в диоксидах лерцолитов Эльденыра (Na_2O 0.71-1.50%, $Na/(Na+Cr)_{Cpx}$ 0.67-0.78), несколько меньшие относительно тамватнейских содержания в пироксенах глинозема. Эти особенности состава позволяют сопоставить эльденырские лерцолиты с лерцолитами пасивных окраин современных океанов (район Галицийской банки - Ибе-

рийская окраина Северной Атлантики; разлом Дамантина - Австралийская окраина Индийского океана) и с лерцолитами Внешних Лигурид, формировавшимися вблизи континентальных окраин сравнительно узкого Лигурийского океана [15]. Представляется правомерным предположение, что среднепалеозойские (?) офиолиты Майнского сегмента формировались в относительно узком океаническом бассейне, или в краевых частях (т.е. на ранних стадиях существования) более обширного океана. В дальнейшем крупные участки этих офиолитов, как отмечено выше, были вовлечены в структуры позднеэриасовых-юрских островных дуг, что обусловило дополнительное истощение перидотитов Усть-Бельского массива (в пределах которого широко развиты гарцбургиты и дуниты); лерцолиты Эльденюра, сохранившие первичные особенности химизма, по-видимому, являясь фрагментом тех более глубоких участков меланократового фундамента островной дуги, которые не претерпели истощения в этой ГДО.

Химический состав лерцолитов Тамватнейских гор сближает эти породы с перидотитами Срединно-Кайманова центра спрединга (рис. 10), отличающимися от "раннеокеанического" типа абиссальных перидотитов пониженной натровостью диопсидов, при глиноземистом характере шпинелей, энстатитов и диопсидов [26]. Это обстоятельство позволяет предполагать, что лерцолиты Тамватнея первоначально формировались в ГДО, близкой к таковой трога Кайман, т.е. в зоне крупного трансформного разлома тыловой области окраинного малого океанического бассейна, существовавшего в позднеэриасово-раннемеловое время в северо-западной части Пацифики. Модель формирования тамватнейских перидотитов в указанной ГДО может включать следующие события: 1) подъем линейных блоков шпинелевых лерцолитов верхней мантии в тех участках зоны скольжения плит, которые характеризовались режимом раздвижения, с небольшой степенью частичного плавления; 2) локальное истощение лерцолитов в плутонической области центра спрединга, с образованием в экзоконтактовых полях габброноритовых плутонов диопсидовых гарцбургитов, по составу минералов относящихся к СОХ-типу (рис. 9, 10); 3) зарождение зоны субдукции при изменении геодинамического режима в определенном отрезке границы скольжения, с развитием примитивного островодужного вулканизма. Более ранняя океаническая кора, по-видимому, была сорвана и перемещена в тыловую область структуры; фрагментом рассматриваемой коры мо-

гут быть метаморфизованные породы массива Малый Научирнай (в 7 км к юго-востоку от края Тамватнейского массива). Теоретическая возможность такой последовательности тектонических событий вытекает из анализа геодинамики зон трансформных разломов и областей их сочленения с зарождающимися островодужными структурами [12].

Геодинамические обстановки и хромитоносность перидотитовых массивов. Как показано выше, хромитоносность Тамватнейского массива проявлена как в северном, более поднятом, блоке, так и в южном, где рудопроявления локализованы в полосе, тяготеющей к выходам вулканогенных и субвулканических пород. Геологические наблюдения не дают ответа на вопрос, с какими событиями магматизма и трансформации мантийных ультрамафитов связано образование в Тамватнейском массиве хромитовых концентраций, имеющих здесь незначительное развитие. Более масштабные проявления хромитовых руд в пределах Корякского нагорья связаны с истощенными лерцолит-гардбургитовыми (Кузольский) и дунит-гардбургитовыми (Красногорский, Чирьнайский) массивами, сформировавшимися в геодинамических обстановках другого типа. Использование намеченных нами критериев, а также петрографические и петрохимические данные по вулканическим, гипабиссальным, плутоническим комплексам позволяют предполагать формирование перидотитов Кузольского и Длинногорского массивов в ГДО срединного кребта окраинного бассейна, Елистратовского - в примитивной островной дуге, Красногорского и Чирьнайского - в корневой зоне магматического поднятия островной дуги. Столь широкий диапазон ГДО, выведенный для перидотитовых массивов Корякского нагорья, позволяет рассмотреть некоторые геохимические аспекты хромитоворудной специализации перидотитовых серий, связанные с распределением Cr_2O_3 между сосуществующими хромшпинелидами и пироксенами. Диаграмма (рис. II) позволяет выявить следующие особенности геохимического поведения Cr_2O_3 .

I. В слабоистощенных лерцолитах Эльденырского и Тамватнейского массивов наблюдается параллельный рост хромистости шпинелей и пироксенов, отражающий невысокие степени истощения лерцолитов глиноземом, при сохранении величин коэффициентов распределения хрома между окисной и силикатной фазами. В этих комплексах лерцолитов основная масса хрома связана в пироксенах, условия образования окиснорудных концентраций элемента практически

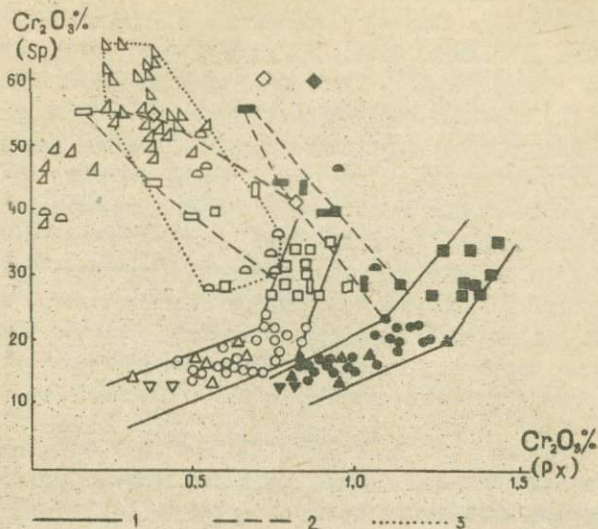


Рис. II. Распределение Cr₂O₃ (масс.%) в сосуществующих пироксенах и хромовых шпинелях. Полые знаки - ортопироксены, заливные - клинопироксены.

Поля составов: 1, 2 - Тамватнейского и Эльденырского массивов (1 - перидотиты; 2 - дуниты, пироксениты, плагиоклазовые лерцолиты); 3 - гарцбургитовые и дунит-гарцбургитовые массивы. Остальные усл. обозначения см. на рис. 4

отсутствуют.

2. В гарцбургитах Тамватнейского массива, уравновешенных в ГДО срединного океанического хребта, величины коэффициентов распределения шпинель-пироксен меняются в сторону быстрого накопления хрома в окисной фазе. В перидотитах СОХ современных океанов это изменение имеет более радикальный характер и выражено обратным направлением тренда - значительным ростом содержания Cr₂O₃ в шпинелях при уменьшении хромистости сосуществующих энстатитов (неопубликованные данные авторов). На диаграмме рис. II рассматриваемая тенденция отчетливо выражена для истощенных гарцбургитов островодужного и СОХ-типов (Длинногорский, Елистратовский, Красногорский, Чирнайский массивы), а также

для дунитов и пироксенитов Тамватнейского массива, с образованием которых иногда связаны и концентрации хромитов.

Анализ диаграммы позволяет сделать вывод о том, что наложенные акты трансформации — частичного плавления мантийных перидотитов в ГДО срединно-океанических хребтов и островодужных структур различного геодинамического режима — создают условия для изменения геохимического поведения хрома, перехода основной его массы в окиснорудные фазы. Именно в этих ГДО начинается кристаллизация идиоморфных хромшпинелидов, обусловленная, как показано выше, ростом активности водных флюидов. Последние, как показывают экспериментальные и теоретические данные, могут являться одним из главных факторов, обуславливающих формирование дунит-хромитовых серий на фоне общего истощения перидотитов и перераспределения хрома из силикатных фаз в окиснорудные.

Р-Т условия минеральных равновесий

В связи с большим объемом данных по химическому составу сосуществующих минералов детальный анализ их равновесий и оценка Р-Т условий кристаллизации представляют собой самостоятельную задачу, выходящую за пределы настоящего исследования. Ниже приведены предварительные данные, позволяющие выявить общие тенденции изменения давлений и температур уравнивания различных минеральных ассоциаций перидотитов. Оценки параметров температуры основаны на нескольких минералогических термометрах, широко используемых в настоящее время в приложении к перидотитам. Кроме того, сделана попытка оценки давлений кристаллизации перидотитов по минералогическому барометру Ж.-К. Мерсье и др. [51].

Как известно, различные минералогические термометры дают неодинаковые результаты в применении к одному и тому же образцу перидотита, что связано с целым рядом факторов; главными из них являются: 1) различия температур завершения обменных реакций между минералами (орх-срх, орх-сп, ол-сп и др.); 2) различия исходных термохимических параметров, использованных для калибровки термометров; 3) неодинаковая степень учета влияния дополнительных компонентов (Fe^{3+} , Cr и др.). Поэтому применение нескольких минералогических термометров, основанных на равновесиях разных минералов, имеет то преимущество, что позволяет выявить общую направленность относительного изменения температур

кристаллизации различных групп перидотитов. Достоверность абсолютных оценок температур равновесий, очевидно, в большинстве случаев невысока, но в целом взятые, эти цифры дают возможность оценить уровень температур уравнивания перидотита относительно границ солидуса и (или) ликвидуса. Рассматривая с этих позиций полученные для перидотитов Тамватнея и Эльденъра оценки температур (таблица 2), можно отметить следующие особенности.

1. Все полученные цифры свидетельствуют о субсолидусном характере равновесий. Наиболее высокие величины температур, рассчитанные по молекулярным процентам CaSiO_3 в энстатите [56] для перидотитов Тамватнея, в комбинации с полученными оценками давлений проектируются в координатах P-T близко к сухому солидусу лерцолита, по уточненным данным [51].

2. Согласно большинству примененных геотермометров, основанных на равновесиях пироксенов, средние оценки температур гарцбургитов Тамватнея выше таковых лерцолитов этого массива. Певидимо, указанные данные согласуются с геологическими наблюдениями о развитии гарцбургитов в плутонической области офиолитообразования, в широких экзоконтактовых ореолах габброноритовых тел.

3. Данные, полученные по всем использованным геотермометрам, показывают, что самые низкотемпературные (среди исследованных объектов) минеральные равновесия характерны для наименее истощенных лерцолитов Эльденърского массива. Для равновесий оливин-шпинелевой пары это обстоятельство хорошо выражено графически (рис. 12); на диаграмме видно, что лерцолиты Эльденъра, группирующиеся вдоль изотермы 700°C , являются самыми "холодными" среди всех типов перидотитов Корякского нагорья.

Последнее обстоятельство имеет важное значение и отражает геодинамические позиции равновесий перидотитов, т.е. "крутизну" геотерм при их кристаллизации. Полученные данные косвенно подтверждают правильность определения ГДО для лерцолитов Эльденъра как соответствующей ранним стадиям раскрытия древнего океанического бассейна. В качестве аргумента, свидетельствующего о низкотемпературной природе перидотитов пассивных окраин океанов относительно перидотитов Срединно-Атлантического хребта, Э.Боннатти и П.Майкл [45] приводят пониженный (в первых) коэффициент распределения Al_2O_3 между сосуществующими ортопироксеном и шпинелью. Последнее наблюдается и для лерцолитов Эльденъра, что

Таблица 2

Оценки средних величин температур и давлений
уравновешивания гарцбургитов и лерцолитов

	Минеральный парагенезис	Источник	Тамватней		Эльденыр
			лерцол.	гарцбур.	лерцол.
Температуры (°C)	орх - срх	[51]	$\frac{5.1}{3.3}$ (16)	$\frac{6.4}{5.4}$ (10)	$\frac{11.4}{3.2}$ (7)
			$\frac{1156}{75}$ (22)	$\frac{1181}{120}$ (12)	$\frac{975}{56}$ (6)
	орх - sp-ol	[48]	$\frac{1017}{106}$ (22)	$\frac{1172}{168}$ (12)	$\frac{912}{108}$ (6)
			$\frac{946}{69}$ (22)	$\frac{941}{91}$ (12)	$\frac{870}{104}$ (6)
	орх - срх	[58]	$\frac{943}{43}$ (12)	$\frac{972}{43}$ (7)	$\frac{855}{58}$ (7)
			$\frac{902}{69}$ (22)	$\frac{926}{68}$ (11)	$\frac{823}{109}$ (7)
ol - sp	[47]	$\frac{834}{28}$ (22)	$\frac{805}{36}$ (12)	$\frac{699}{25}$ (6)	

Примечание. Числитель - среднее арифметическое, знаменатель - стандартное отклонение, в скобках - число индивидуальных определений.

Расчеты по двуокисленному термометру Р.А.Веллса выполнены в Институте экспериментальной минералогии, с использованием банка геологических термобарометров TRF (авторы В.И.Фонарев, А.А.Графчиков, А.Н.Конилов). Остальные расчеты выполнены в СВНИИ ДВО АН СССР, программы составлены И.В.Жерновским.

наглядно иллюстрируется диаграммой Al_2O_3 (орх) - Cr/(Cr+Al) (sp) (рис.13). На этой диаграмме тренд фигуративных точек лерцолитов Эльденыра приближается к тренду субконтинентальных перидотитов, отличаясь от перидотитов COX-типа. Такие соотношения составов отражают относительно низкотемпературные стадии фракционного плавления мантийных перидотитов, когда задействованы главным об-

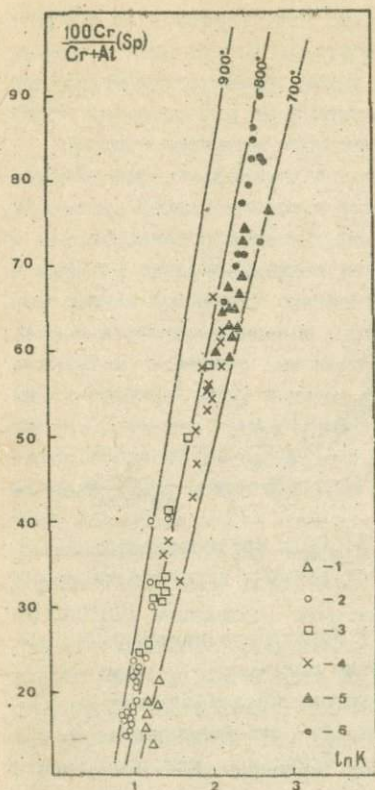


Рис. 12. Зависимость коэффициента распределения магния и железа между хромшпинелидом и оливином ($K = \text{Mg}_{\text{ol}} \cdot \text{Fe}_{\text{sp}} / \text{Fe}_{\text{ol}} \cdot \text{Mg}_{\text{sp}}$) от хромистости хромшпинелида в гарцбургитах и лерцолитах Корякского нагорья. Изотермы (в °C) рассчитаны по термометру Ж. Фабри [46].

1 - Эльденырский массив;
2, 3 - Тамватнейский массив (2 - лерцолиты, 3 - гарцбургиты);
4 - гарцбургиты Елистратовского и Длинногорского массивов;
5 - Чирынайского, 6 - Красногорского массивов

разом первые плавящиеся фазы - пироксены. В обоснование уравновешивания перидотитов пассивных окраин океанов при более низких температурах, чем перидотитов Северной Атлантики, Э. Бонатти и П. Майкл [45] приводят расчетные данные по дупироксеновому термометру П. Веллса.

Вопросы барометрии перидотитов шпинелевой фации остаются практически неразработанными. Ж.-К. Мерсье и др. [51] разработан вариант геобарометра, основанного на распределении кальция между сосуществующими орто- и клинопироксенами, с поправкой на содержание натрия. Наиболее корректное использование указанного

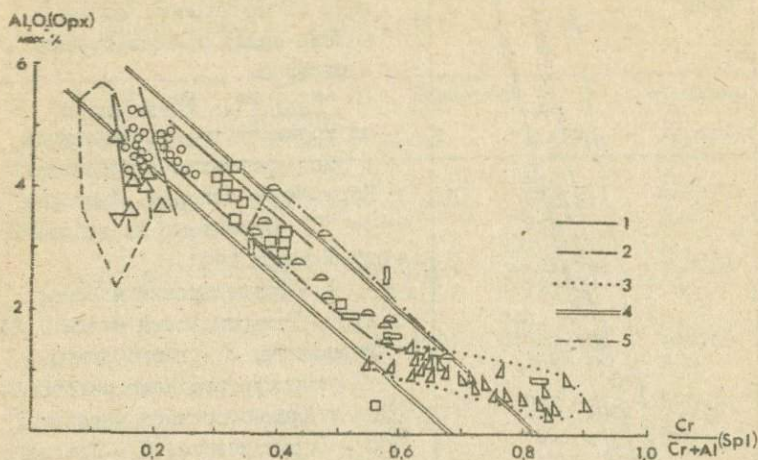


Рис.13. Распределение содержаний Al_2O_3 в ортопироксенах перидотитов и гарцбургитов в зависимости от величин хромистости существующих хромовых шпинелей.

Поля составов перидотитов: 1,2,3 - Корякского нагорья (1 - перидотитовые массивы; 2 - гарцбургитовые массивы; 3 - дунит-гарцбургитовые массивы); 4,5 - перидотитов, представляющих современные геодинамические обстановки (4 - субокеанические и островодужные; 5 - субконтинентальные). Остальные усл.обозначения см на рис.4

геобарометра подразумевает учет также и тех количеств кальция, которые заключены в распадных включениях пироксенов. Однако такой учет сопряжен с очень большими сложностями при микроскопическом изучении пироксенов и в целом имеет весьма условный характер. Мы применили геобарометр Ж.-К.Мерсье и др. с использованием аналитических данных, полученных по крупным выделениям пироксенов, как правило, содержащим тонкие пластины распада (без учета состава последних). Если это обстоятельство и отражается на оценке абсолютных значений давления кристаллизации пироксеновых парагенезисов, то представляет интерес относительный уровень полученных оценок для перидотитов разных ГДО, при усреднении данных по многим изученным образцам. Необходимо отметить, что применяемый геобарометр, как отмечают авторы метода [51], недос-

таточно откалиброван для области давлений меньше 0,5 ГПа. Несомненно, с этим обстоятельством связано получение оценок расчетных давлений со знаком минус для некоторых перидотитов Тамватнейского массива; они не учитывались при оценке среднего.

Средние величины расчетных давлений (табл.2) в первом приближении свидетельствуют о кристаллизации изученных пород при условиях, характеризующих фацию шпинелевых перидотитов. Вместе с тем выявляется существенное различие давлений (следовательно, и глубин) уравнивания перидотитов разных массивов. Полученные оценки позволяют считать, что лерцолиты и гарцбургиты Тамватнея являются наименее глубинными образованиями; судя по результатам расчетов, они могли формироваться в условиях, близких к границе между фациями шпинелевых и плагиоклазовых перидотитов. С учетом того обстоятельства, что многие образцы перидотитов, согласно расчетам, могли быть уравновешены при давлениях менее 5 кбар, можно полагать, что лерцолиты Тамватнейского массива формировались в самых верхах океанической мантии или в зоне корово-мантийного перехода. Обстановка зоны крупного трансформного разлома, выведенная для этих перидотитов по химическому составу минералов, объясняет тектонические аспекты возможности проникновения фрагментов перидотитов, претерпевших лишь слабые степени частичного плавления, в область границы корово-мантийного перехода. В противоположность этому, лерцолиты Эльденьрского массива, несомненно, являются более глубинными образованиями. Рассчитанные для этих пород давления кристаллизации двуокисно-парагенезиса (среднее значение 11,4 кбар, интервал величин 7,6-16,3 кбар) свидетельствуют о кристаллизации лерцолитов Эльденьра на более глубоких уровнях фации шпинелевых перидотитов.

МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Платиновая минерализация коренных пород лерцолитовых массивов до настоящего времени остается практически неизученной. Единственным исключением является массив Тьебаги в Новой Каледонии [42], перидотиты которого дифференцированы по составу и представлены гарцбургитами, шпинелевыми лерцолитами и плагиоклазовыми лерцолитами. В пределах этого массива хромитовые руды и их дунитовые оболочки залегают в мощных дунитовых слоях, в лерцолитах (мелкие линзы) и в зоне перехода между лерцолитами

и гарцбургитами [53]. Минералы платиновых элементов встречены как в хромититах, так и в виде включений в аксессуарных хромшпинелидах дунитов (аксессуары в перидотитах не содержат включений платиноидов) [42].

В связи с этим особый интерес представляет выявление платиновых минералов в хромититах Тамватнейского массива, залегающих вместе со своими дунитовыми оболочками в лерцолитах, которые на больших пространствах сохраняют особенности состава и не претерпели столь отчетливой дифференциации и разделения на петрографически различные серии, как это наблюдается в массиве Тиебаги.

Минералы платиновых элементов обнаружены в 12 из 17 изученных проб хромититов Тамватнея. Обработано также 6 более крупных проб дунитов; минералы платиноидов в них не обнаружены. Из более чем пяти десятков проб лерцолитов, гарцбургитов, пироксенитов, верлитов обеих изученных массивов лишь в пробе 838/2 (вебстерит Тамватнейского массива) установлены зерна сперрилита и фазы $(Pt, Pd)Fe$ (рис. I, 6). Такая "стерильность" безрудных дунитов в отношении минералов платиновой группы является, по-видимому, особенностью слабостощенных лерцолитовых серий, отличающей их как от дифференцированных лерцолит-гарцбургитовых массивов, так и от наиболее истощенных дунит-гарцбургитовых комплексов [10, 42]. Другая особенность минералогии лерцолитов — крайне неравномерное распределение и в целом более редкое нахождение в них сульфидных минералов группы железа и меди, которые обычно сопровождают породообразующий парагенезис перидотитов в массивах дунит-гарцбургитового типа. В Тамватнейском массиве эти аксессуары сконцентрированы преимущественно в широкообразных и прожилково-широких обособлениях хромита. В породах и рудах сульфидные минералы представлены ксеноморфными агрегатами. Эта особенность лерцолитов Корякского нагорья отличает их от лерцолитовых нодулей в базальтах, для которых, как известно, весьма характерно наличие каплевидных выделений и интерстициальных сегрегаций сульфидных минералов.

Различная частота встречаемости платиновых минералов в хромититах примерно одинакового химического состава и локализованных в одной петрографической разности пород обусловлена, по-видимому, неравномерным распределением платиноидов в пределах одного и того же рудопроявления. Структурно-морфологический фак-

тор, в частности различная густота вкрапленности хромита, так же как и в гардбургитовых и дунит-гардбургитовых массивах [10], не оказывает существенного влияния на характер распределения платиноидов, поскольку последние были обнаружены не только в шпирообразных выделениях сплошного хромита, но и в обогащенных рассеянной вкрапленностью хромита участках дунита. Размер зерен платиновых минералов не превышает, как правило, 30-50 мкм; более крупные выделения (до 0.15 мм) крайне редки. В целом платиноносность хромитовых рудопоявлений Тамватнейского массива по удельному содержанию в них платиновых минералов намного ниже, чем в хромититах дунит-гардбургитовой ассоциации.

Фазовый состав платиновых минералов в каждом хромитовом рудопоявлении индивидуален (табл.3). В этом отношении хромититы Тамватнейского массива аналогичны таковым в массивах дунит-гардбургитового типа. Сквозным, постоянно присутствующим в хромититах, минералом является лаурит. Количественные соотношения его с твердыми растворами рутения, осмия и иридия различны: в обр.309 этих минералов примерно равные количества, а в обр. 313/1 преобладает лаурит. В тех пробах, где присутствует только лаурит, общее количество платиноидов невелико. Судя по пяти

Таблица 3

Фазовый состав платиноидов в некоторых рудопоявлениях хромита

Минералы	Рудопоявления					
	313/1	308	309	298	316	304
Твердые растворы на основе рутения, осмия и иридия	+++	+	+++			++
Лаурит	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Другие сульфиды	+	+				++
Сульфоарсениды	++	+				++
Твердые растворы и интерметаллиды платины	++	+++				++

Примечание. Таблица составлена по данным 300 количественных и качественных анализов. Распространенность: +++ - главные, ++ - второстепенные, + - редкие минералы.

Таблица 4

Распространенность платиновых минералов в хромититах
Тамватнейского массива

Группа Вид Разновидность	Химическая формула	отн. %
I	2	3
Твердые растворы осмия, иридия и рутения		19,9
Рутениридосмин	(Ru, Os, Ir)	4,2
Fe-рутениридосмин	(Ru, Os, Fe, Ir) - (Ru, Fe, Os, Ir)	2,1
Os-рутений	(Ru, Os)	9,9
Fe-Os-рутений	(Ru, Os, Fe) - (Ru, Fe, Os)	3,3
Fe-Ni-Os-рутений	(Ru, Os, Fe, Ni)	+
Твердые растворы платиноидов, никеля, железа		1,6
Т.р. (Ni, Ru, Fe)		+
Т.р. (Ni, Fe, Ir)		+
Аваруит	Ni ₃ Fe с Ru, Ir, Pt, Os	+
Твердые растворы и интерметаллиды платины, железа, никеля и меди		11,2
Изоферроплатина	Pt _{3-x} Fe _{1+x} - Pt _{3-x} (Fe, Ni, Cu) _{1+x}	1,2
Тетраферроплатина	Pt(Fe, Cu, Ni) - Pt(Fe, Ni, Cu)	7,4
Фаза Pt(Ni, Fe)		+
Фаза (Pt, Pd)(Ni, Fe)		+
Фаза Pt(Ni, Fe) ₃		+
Фаза Pt _{3-x} Cu		+
Фаза PtCu ₃		+
Сульфиды		60,5
Лаурит	(Ru, Os)S ₂ - (Ru, Os, Ir)S ₂	56,0
Фаза (Ru, Ni, Fe, Rh, Ir, Os) ₂ S ₃		+
Фаза (Ir, Pt)(Cu, Fe, Ni)S ₂		+
Фаза (Fe, Cu, Ni, Co)(Ir, Pt, Rh) ₂ S ₄		+
Фаза (Ir, Rh, Pt)(Ni, Fe) ₂ S ₄		+
Малакит	Cu(Pt, Ir, Rh) ₂ S ₄	+
Пентландит	(Ni, Fe) _{9-x} S ₈ с Pt, Ru, Rh	+
Фаза (Fe, Cu, Ni, Co)(Pt, Ir, Rh) ₂ S ₄		+
Сульфосолиды		4,5

1	2	3
Ирарсит	$(Ir, Rh)AsS - (Ir, Rh, Pt)AsS$	3,7
Фаза $(Pt, Ir, Rh, Pd)_2(Fe, Cu)(S, As)$		+
Арсениды		1,6
Фаза $(Rh, Ir)_3(Ni, Fe)_5As_3$		+
Фаза $(Pt, Ir, Rh)_3(Fe, Ni)_4As$		+
Сперрилит	$PtAs_2$	+
Фаза $Pd_{13}(As, Sb)_3$		+

Примечание. Т.р. - твердый раствор, + - единичные знаки. В химических формулах указаны элементы с содержанием более 10 ат.%.

наиболее продуктивным на платиноиды проявлениям, минералого-геохимический профиль платиноидной минерализации Тамватнейского массива характеризуется в целом заметным преобладанием лаурита над твердыми растворами рутения, осмия и иридия и железо-платиновыми минералами; другие минералы платиновых элементов встречаются эпизодически (табл.4).

Твердые растворы рутения, осмия и иридия образуют индивидуальные выделения изометричного и гексагонального облика. Представлены они, согласно номенклатуре Д.Харриса и Л.Кабри [49], обогащенными рутением разностями рутениридосмина и осмистого рутениридосмина (рис.14, приложение 3). Характерной особенностью их состава является наличие постоянных примесей никеля и железа и относительно стабильное соотношение главных минералообразующих элементов. Последнее обстоятельство существенно отличает эти минералы от таковых в дунит-гардбургитовых массивах [10], для которых характерны широкие вариации составов от самородного осмия и иридосмина до самородного рутения. По совокупности ряда признаков можно предполагать, что зерна твердых растворов редких платиноидов Тамватнейского массива имеют микроагрегатное строение и насыщены многочисленными микропорами, что объясняет наличие постоянного дефицита суммы компонентов. Поэтому в некоторых зернах платиноидов фиксируются примеси кремния, магния, алюминия и хрома. В этом отношении они напоминают описанные ранее самородный рутений [57] и новую группу твердых растворов железа, ру-

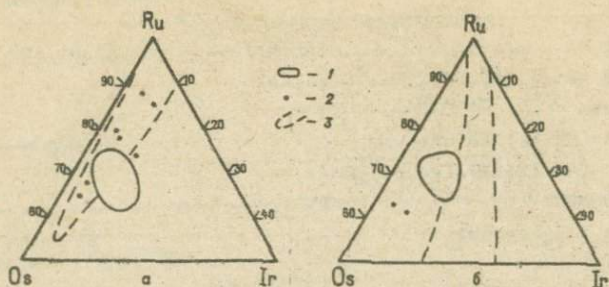


Рис.14. Составы лаурита (а) и гексагональных твердых растворов Os, Ir и Ru (б), ат.%. 1 - поля составов лаурита ($n=87$) и твердых растворов ($n=41$) из Тамватнейского массива; 2 - то же - единичные анализы за пределами этих полей; 3 - поля составов минералов из дунит-гарцбургитовых массивов [10]

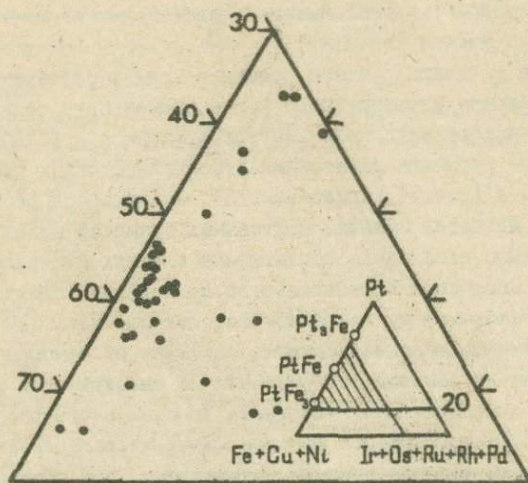


Рис.15. Составы минералов группы твердых растворов и интерметаллидов платины, железа, никеля и меди

тения и осмия [23]. Аналогами последних являются два зерна рутений-, осмий- и иридийсодержащих твердых растворов никеля и железа (приложение 4). Судя по предварительным данным (см. табл. 4), в Тамватнейском массиве присутствуют как существенно рутениевые, так и существенно иридиевые разности твердых растворов никеля и железа. Попутно отметим, что в некоторых рудопроявлениях хромита обнаружены ксеноморфные агрегаты аварунита (как правило, в сростании с серпентином и хлоритом) с повышенными содержаниями рутения, иридия, платины и осмия. Для полной характеристики насыщенных платиноидами железо-никелевых минералов требуются специальные исследования.

Наиболее распространенный в хромититах лаурит представлен округлыми выделениями или изометричными кристаллами кубического облика, на некоторых из них зафиксированы грани октаэдра. Нередки сростания отдельных кристаллов лаурита, а также сростания с ирарситом, железистым рутениридосмином и тиошинелью $(Fe, Cu, Ni, Co)(Pt, Ir, Rh)_2S_4$. Генетически важной является находка лаурита в виде "рубашки" вокруг железо-осмиевого рутения. Ранее [57] наблюдались обратные взаимоотношения - обрастание лаурита "рубашкой" мозаичного агрегата железо-осмиевого рутения или твердого раствора (Fe, Ru, Os) . Подобные соотношения свидетельствуют о нестационарном (во времени и пространстве) режиме серы в процессе минералообразования. Характерной особенностью лаурита является постоянство составов его индивидов (рис. 14, приложение 5) и такое же в целом соотношение рутения, осмия и иридия, как и в твердых растворах этих элементов.

Другие сульфидные соединения платиноидов встречается эпизодически (см. табл. 4). Из них следует отметить разнообразную по составу группу тиошинелей, которые встречаются преимущественно в связи с массивами щелочно-ультраосновной формации [21] и не были известны ранее в коренных породах дунит-гардбургитовой ассоциации Корякского нагорья. Главное их отличие от аналогичных соединений в щелочно-ультраосновных массивах заключается в более высокой изоморфной емкости отдельных индивидов в отношении железа, никеля, кобальта и платиновых элементов. Присутствующий в некоторых проявлениях хромита пентландит содержит часто заметные примеси платины, рутения и родия.

Менее распространенные в хромититах интерметаллиды платины, железа, никеля и меди представлены изометричными зернами или

ксеноморфными выделениями в сростании с серпентином и хлоритом. В отличие от лаурита и твердых растворов рутения, осмия и иридия, они весьма неоднородны по содержанию минералообразующих элементов (приложение 6). Примечательной особенностью этой группы минералов в данном массиве является широкое развитие тетраферроплатины и нестехиометричных соединений переменного состава (рис. 15), что отличает платиноидную минерализацию Тамватнейского массива от всех других проявлений платиноидов [22]. Учитывая дендритоподобное строение отдельных агрегатов и пористую структуру последних, чем объясняется постоянный дефицит суммы компонентов, можно предположить, что наблюдаемые вариации составов обусловлены микроагрегатным сростанием в индивидах тетраферроплатины с изоферроплатиной и новой фазой $PtFe_3$. Другой характерной особенностью этих минералов является повышенное содержание в них палладия и никеля.

Среди арсенидов и сульфоарсенидов преобладает ирарсит (см. табл. 2). Состав его довольно однообразен, некоторые вариации намечаются в содержании холдингвортитового компонента (приложение 7). Два зерна сперрилита обнаружены в пироксените (обр. П838/2).

Таким образом, полученные данные выявляют своеобразие минералогии элементов платиновой группы в лерцолитовом массиве Тамватней. По видовому составу, количественным соотношениям различных групп минералов платиновых элементов лерцолитовый массив отличается от всех известных минералогических типов аллювиальных россыпных проявлений платиноидов [22]. Это обстоятельство, по видимому, исключает возможность нахождения в связи с лерцолитовыми массивами экономически значимых россыпных концентраций платиноидов. Вместе с тем геохимическая специализация минералов платиноидов лерцолитового массива, выраженная в существенном преобладании минералов редких платиноидов - Os, Ir, Ru, сближает их с дунит-гарцбургитовыми сериями и является общим свойством мантийных перидотитовых комплексов офиолитовых ассоциаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Два наиболее представительных и относительно мало истощенных лерцолитовых массива Анадырьско-Корякского региона - Эльденырский и Тамватнейский - различаются целым рядом особенностей хими-

ческого состава минералов. Эти различия интерпретированы как показатели уравнивания перидотитов в различных геодинамических обстановках (ГДО). Лерцолиты Эльденгера сопоставляются с лерцолитами, драгированными в зонах пассивных окраин современных океанов (Атлантического, Индийского) и с лерцолитами пассивных краев Лигурийского палеоокеана, что позволяет предполагать формирование лерцолитов Эльденгера на ранних стадиях развития палеоокеанических структур, существовавших в среднем палеозое (?) на окраине Сибирского континента. Судя по полученным оценкам температур и давлений уравнивания лерцолитов, палеогеотермы зоны формирования последних существенно отличались от современных океанических и были ближе к континентальным.

Особенности состава перидотитов Тамватнея позволяют предполагать их формирование в иных ГДО. Лерцолиты по составу хромовых шпинелей, орто- и клинопироксенов близки к перидотитам, драгированным в структурах современных границ скольжения океанических плит - крупных трансформных разломах (Оуэн) и связанных с ними центрах спрединга (Кайман). Химический состав гарцбургитов, а также пород вулканических и гипабиссальных образований офиолитов Тамватнея позволяет предполагать, что на лерцолиты зоны трансформного разлома (располагавшегося в тыловой области краевого бассейна позднеюрского-раннемелового времени) наложены повторные процессы истощения и частичного плавления, сопряженные во времени с формированием интрузий габброноритов, вулканогенных и гипабиссальных комплексов бонинитоидов, толеитов. Эти проявления магматизма могли быть инициированы последовательно сменяемыми друг друга процессами растяжения, связанными с заложением центра спрединга СОХ-типа и внутриокеанической зоны субдукции.

Минерализация хромитов и платиноидов лерцолитового массива, при определенном своеобразии, имеет и черты, сближающие ее с минерализацией более истощенных дунит-гарцбургитовых комплексов. Одной из них является высокохромистый состав рудных хромшпинелидов, контрастирующий с глиноземистым составом аксессуарных шпинелей. Появление хромовых шпинелей с повышенной хромистостью наблюдается уже в диопсидовых гарцбургитах и особенно характерно для наиболее истощенных, обедненных энстатитом гарцбургитов, а также для верлитов, плагиоклазовых лерцолитов, локализованных в экзоконтактовых зонах габброноритовых плутонов;

типичны высокохромистые акцессории и для небольших тел дунитов. Повышение хромистости связано с появлением идиоморфных, октаэдрических акцессориев. В наиболее истощенных гарцбургитах Тамватнейского, а также Красногорского и Чирьнайского массивов наблюдается устойчивая парагенетическая связь высокохромистого акцессорного и рудообразующего хромшпинелида с гидроксилсодержащими силикатами (хлоритом, серпентином, амфиболом, флогопитом). Эти данные показывают, что образование высокохромистых акцессориев и рудной минерализации как лерцолитовых, так и дунит-гарцбургитовых массивов обусловлено нарастающими масштабами флюидно-магматической переработки лерцолитового субстрата в ГДО срединно-океанических хребтов (и отдельных центров спрединга), додугового и преддугового спрединга, корневых зон магматических дуг.

Минералы платиноидов альпинотипных массивов Корякского нагорья генетически связаны с высокохромистыми хромшпинелидами; это положение, обоснованное ранее для массивов гарцбургитового и дунит-гарцбургитового состава, подтверждено ныне и для лерцолитового массива Тамватней. Рассматриваемая связь, очевидно, подразумевает обусловленность платинового минералообразования теми же факторами флюидно-магматической переработки лерцолитов, что и для рассеянных и сегрегированных хромитов. В настоящее время нет прямых данных для определения ГДО, в которых формировалась платиновая минерализация Тамватнея (центр спрединга в малом океаническом бассейне или участки растяжения над зоной субдукции); можно лишь констатировать, что рассматриваемая минерализация могла формироваться в геодинамическом режиме растяжения. Видовой состав минералов платиноидов (преобладание лаурита, развитие других сульфидов и сульфосеннидов) сближает минерализацию Тамватнея с теми альпинотипными проявлениями, вмещающие ультрамафиты которых уравновешены, судя по составам минералов, в океанических и (или) островодужных зонах растяжения (Тиебаги, Троодос, Елистратовский массив). В противоположность этому, видовой состав минералов платиноидов, локализованных в хромитах наиболее истощенных дунит-гарцбургитовых массивов (Красногорский, Чирьнайский, Среднегорский), отличается ограниченным распространением сульфидов и сульфосеннидов, более значительной (вплоть до преобладания) ролью твердых растворов платиноидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.А. Покровные и чешуйчатые структуры в Корякском нагорье// М.:Наука, 1978. 122 с.
2. Бабкин П.В., Ким Е.П., Розенблум Н.С. Условия локализации мышьяково-ртутного оруденения в Тамватнейском рудном узле// Геология рудных месторождений. 1974. Т.14. № 2.
3. Березнер О.С., Ставский А.П., Злобин С.К. Раннемезозойская вулканоплутоническая ассоциация на севере Корякского хребта// Известия АН СССР. Сер.геол. 1990. № 3. С.31-42.
4. Борщёв Ю.П., Прусс Ю.В. О минералах платины в россыпях Северо-Востока СССР// Колыма. 1971. № 3. С.46-47.
5. Велинский В.В. Альпинотипные гипербазиты переходных зон океан-континент. Новосибирск: Наука, 1979. 274 с.
6. Волошин П.Д., Федотов А.И., Травин Ю.А. О формировании и источниках питания россыпей северного фланга Таловско-Майнского антиклинория// Колыма. 1972. № 7. С.39-41.
7. Гельман М.Л., Бычков Ю.М., Левин Б.С. Бониниты Корякского нагорья// Изв. АН СССР. Сер.геол. 1988. № 2. С.35-47.
8. Дмитренко Г.Г., Мочалов А.Г. О происхождении включений водосодержащих силикатов в платиновых минералах и хромшпинелидах из ультрамафитов// ДАН СССР. 1989. Т.307. № 5. С.1207-1211.
9. Дмитренко Г.Г., Мочалов А.Г., Паланджян С.А., Акинин В.В. Акцессорные минералы платиновых элементов в альпинотипных ультрамафитах Корякского нагорья// Тихоокеанская геология. 1987. № 4. С.66-76.
10. Дмитренко Г.Г., Мочалов А.Г., Паланджян С.А., Горячева Е.М. Химические составы породообразующих и акцессорных минералов альпинотипных ультрамафитов Корякского нагорья. Часть I. Породообразующие минералы. Часть 2. Минералы платиновых элементов. Магадан: СВНИИ ДВНЦ АН СССР, 1985.
11. Дмитренко Г.Г., Паланджян С.А. О петрохимических критериях серпентинизации альпинотипных ультрамафитов// Геохимия. 1988. № 9. С.1249-1259.
12. Дубинин Е.П. Трансформные разломы океанической литосферы. М.: Изд-во МГУ, 1987. 181 с.
13. Загрузина И.А. О возрасте Тамватнейского и Мало-Науучирьнайского массивов// Колыма. 1971. № 10. С.41-42.

14. Зинкевич В.П. Формации и этапы тектонического развития севера Корякского нагорья. М.: Наука, 1981.
15. Книшпер А.Л., Савельева Г.Н. Латеральная неоднородность верхней мантии Тетиса в связи с историей его развития// Твердая кора океанов (проект "Литос"). Тр.ГИН АН СССР. Вып.414. М.: Наука, 1987. С.168-181.
16. Колман Р.Г. Офиолиты. М.: Мир, 1979.
17. Лаврова Л.Д. Условия образования ультрабазитов Майницкой тектонической зоны Корякского нагорья// ДАН СССР. 1980. Т.253, № 5. С.1197-1200.
18. Лазько Е.Е. Ультрабазиты офиолитовой ассоциации// Ультраосновные породы (серия "Магматические горные породы"). М.: Наука, 1988. С.8-96.
19. Маракушев А.А. Петрогенезис. М.: Недра, 1988.
20. Марков М.С., Некрасов Г.Е., Паланджян С.А. Офиолиты и меланократовый фундамент Корякского нагорья// Очерки тектоники Корякского нагорья. М.: Наука, 1982. С.30-70.
21. Мочалов А.Г. Минералогия платиновых элементов альпинотипных ультрамафитов. Диссертация в форме научного доклада. Л.: ЛПИ, 1986. 22 с.
22. Мочалов А.Г., Дмитренко Г.Г. Минералогия платиноидов альпинотипных ультрамафитов// Петрология гипербазитов и базитов. Новосибирск: Наука, 1990.
23. Мочалов А.Г., Дмитренко Г.Г., Жерновский И.В., Рудашевский Н.С. Новый иридий-осмий-рутениевый тип платинометалльной минерализации в хромшпинелидах альпинотипных ультрамафитов Корякского нагорья// Зап. ВМО. 1985. № 5.
24. Мочалов А.Г., Прейс В.К., Иванова С.И. Платиновые минералы и самородное золото в четвертичных отложениях Корякско-Камчатской складчатой области// Тихоокеанская геология. 1983. № 5. С.101-107.
25. Паланджян С.А., Дмитренко Г.Г. Типизация мантийных перидотитов по составу аксессуарных хромовых шпинелей// ДАН СССР. 1989. Т.307, № 3. С.688-691.
26. Паланджян С.А., Дмитренко Г.Г., Зинкевич В.П. Специфика химического состава первичных минералов перидотитов из зон крупных трансформных разломов (трог Кайман, Карибское море)// Геохимия рудных элементов в базитах и гипербазитах. Критерии

прогноза. Иркутск, 1990. С.22-26.

27. Панеях Н.А. Шпинелиды полосчатых комплексов офиолитов// Минералогич. журнал. 1989. Т.11. № 2. С.3-12.

28. Пинус Г.В., Велинский В.В., Леснов Ф.П., Банников О.Л., Агафонов Л.В. Альпийские гипербазиты Анадырско-Корякской складчатой системы. Новосибирск: Наука, 1973. 320 с.

29. Пирс Дж.А., Липпард С.Дж., Робертс С. Особенности состава и тектоническое значение офиолитов над зоной субдукции// Геология окраинных бассейнов. М.: Мир, 1987. С.134-165.

30. Разин Л.В., Мочалов А.Г., Разина Т.П., Чубаров В.М. Минералы платиновых металлов в аллювиальных россыях одного из районов гипербазитовых массивов (Корякско-Камчатская область)// Геол. и Геофизика. 1979. № 12. С.72-79.

31. Рудашевский Н.С. Происхождение различных типов платиноидной минерализации в породах ультрамафитовых формаций// Зап. ВМО. 1987. Ч.116. Вып.2. С.222-238.

32. Рудашевский Н.С., Мочалов А.Г., Шумская Н.И., Меньшиков Ю.П. Первая находка в СССР самородного рутения// Минерал. журнал. 1985. Т.7. № 3. С.88-93.

33. Савельева Г.Н. Неоднородность верхней мантии в составах ультрабазитов офиолитов континентов и океанов// Твердая кора океанов (проект "Литос"). Тр. ГИН АН СССР. Вып. 414. М.: Наука, 1987. С.19-27.

34. Смирнова Т.А. Хромитоносность ультрабазитов Чукотки. В кн.: Хромиты Урала, Казахстана, Сибири и Дальнего Востока. М.: ВИМС, 1974. С.176-185.

35. Смирнова Т.А. Группа хромшпинелидов// Типоморфизм минералов. М.: Недра, 1989. С.505-528.

36. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса: Автореф. дис.... д-ра геол.-мин.наук. М. 1988. 48 с.

37. Ставский А.П., Березнер О.С., Сафонов В.Г., Злобин С.К. Тектоника Майницкой зоны Корякского нагорья// Тихоокеанская геология. 1989. № 3. С.72-80.

38. Ставский А.П., Чехович В.Д., Кононов М.В., Зоненшайн Л.П. Палинспастические реконструкции Анадырско-Корякского региона с позиций тектоники литосферных плит// Геотектоника. 1988. № 6. С.32-42.

39. Тильман С.М. Аккреционная тектоника и металлогения Корякско-

- го нагорья (Северо-Восток СССР)// ДАН СССР. 1987. Т.292, № 5. С.1220-1222.
40. Тильман С.М., Бялобжеский С.Г., Чехов А.Д. Тектоника и история развития Корякской геосинклинальной системы// Очерки тектоники Корякского нагорья. М.: Наука, 1982. С.5-30.
41. Тремасов А.Ф., Крячко В.В. Ассоциация платиновых минералов в одном из дерцолитовых массивов (Северо-Восток СССР)// Тихоокеанская геология. 1988. № 4. С.131-133.
42. Auge T. Platinum-group minerals in the Tiebaghi and Vourinos ophiolitic complexes: genetic implications// Canad. Mineral. 1988. V. 26. № 1. P. 177-192.
43. Beccaluva L., Serri G. Boninitic and low-Ti subduction-related lavas from intraseismic arc-backarc systems and low-Ti ophiolites: a reappraisal of their petrogenesis and original tectonic setting// Tectonophysics. 1988. V. 146. № 1-4. P. 291-315.
44. Bertrand P., Mercier J.-C.C. The mutual solubility of coexisting ortho- and clinopyroxene: toward an absolute geothermometer for the natural system?// Earth Planet. Sci. Letters. 1985/86. V. 76. № 1/2. P. 109-122.
45. Bonatti E., Michael P.J. Mantle peridotites from continental rifts to ocean basins to subduction zones// Earth. Planet. Sci. Letters. 1989. V. 91. № 3-4. P. 297-311.
46. Dick H.J.B., Bullen Th. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas// Contrib. Mineral. Petrol. 1984. № 1. V.86. P. 54-76.
47. Fabries J. Spinel-olivine geothermometry in peridotites from ultramafic complexes// Contrib. Mineral. Petrol. 1979. V. 69. № 4. P. 329-336.
48. Gasparik T., Newton R.C. The reversed alumina contents of orthopyroxene in equilibrium with spinel and forsterite in the system $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ // Contrib. Mineral. Petrol. 1984. V. 85. P. 186-196.
49. Harris D.C., Cabri L.J. The nomenclature of the natural alloys of osmium, iridium and ruthenium based on new compositional data of alloys from world-wide occurrences// Canad. Mineral. 1973. V. 12. P. 104-112.
50. Kornprobst J., Ohnenstetter D., Ohnenstetter M. Na and Cr

- contents in clinopyroxenes from peridotites: A possible discriminant between "sub-continental" and "sub-oceanic" mantle// *Earth Planet. Sci. Letters*. 1981. V. 53. P. 241-254.
51. Mercier J.-C.C., Benoit V., Girardean J. Equilibrium state of diopside bearing harzburgites from ophiolites: geobarometric and geodynamic implications// *Contrib. Mineral. Petrol.* 1984. V. 85. P. 391-403.
52. Mercier J.-C.C., Nicolas A. Textures and fabrics of upper-mantle peridotites as illustrated by xenoliths from basalt// *J. Petrol.* 1975. V. 16. N° 2. P. 454-487.
53. Moutte J. Chromite deposits of the Tiebaghi ultramafic massif, New Caledonia// *Econ. Geology*. 1982. V. 77. P. 576-591.
54. Niccles A., Dupuy C. Origin of ophiolitic and oceanic lherzolites// *Tectonophysics*. 1984. V. 110. N° 3-4. P. 177-187.
55. Palandzhjan S.A. Ophiolite belts in the Koryak Upland, Northeast Asia// *Tectonophysics*, 1986. V. 127. N° 3/4. P. 341-360.
56. Sachtleben Th., Seck H.A. Chemical control of Al-solubility in orthopyroxene and its implications on pyroxene geothermometry// *Contrib. Mineral. Petrol.* 1981. V. 78. P. 157-165.
57. Stockman H.W., Hlava P.F. Platinum-group minerals in alpine chromitites from southwestern Oregon// *Econ. Geology*. 1984. V. 79. P. 491-508.
58. Wells R.A. Pyroxene thermometry in simple and complex systems// *Contrib. Mineral. Petrol.* 1977. V. 62. N° 2. P. 129-139.

Реестр проб ультрамафитов и хромититов

Обр.	Порода	№ п/п в приложении 2				
		Ол	Хр	Рп	Мп	СП (Хл)
Зльденырский массив						
1	П512/1	Лерцолит	1			2
2	П514/1	"	3			
3	П519/1	"	4	5	6	7 (8)
4	П520/1	"	9	10	11	12
5	П520/2	"	13	14	15, 16	17 18
6	П520/3	"	19		20	
7	П523/1	"	21	22	23, 24	25, 26 27
8	П528/1	"	28	29	30	31
9	П532/1	"	32	33	34	35
10	П525/1	Гардбургит			36	37
11	П495/1	Лерцолит	38			39 40
12	П540/4	Fe-дунит в меланже	41			42
13	П524/2	Дунит	43	44, 45		
14	П527/3	Серпентинит	46			
Тамватнейский массив						
15	П305/1	Лерцолит	47	48	49	50
16	П305/2	Оливиновый вебстерит	51-55	59, 60	56, 61	62
17	П307/1	Лерцолит	63	64	65	66
18	П307/2	"	67	68	69	70
19	П307/3	"	71	72	73	74
20	П326/1	"	75	76	77	78
21	П327/1	"	79	80	81	82
22	П332/1	"	83	84	85	86
23	П333/1	"	87	88	89, 90	91
24	П344	"	92	93	94	95
25	П832/1	"	96	97	98	99
26	П833/1	"	100	101	102	103
27	П834/2	"	104	105	106	107
28	П837/1	"	108	109	110	111
29	П983	Гардбургит	112	113	114	115

Приложение I

Обр.	Порода	№ п/п в приложении 2					
		Ол	Хр	Рп (Хл)	Мп	Ам (Гр)	
30	П984	Гарцбургит		116			
31	П985/3	Лерцолит	117	118	119	120	
32	301	"	121	122	123	124	
33	302/1	"	125	126	127	128	
34	305	"	129	130	131	132	
35	310	"	133	134	135	136	
36	315	"	137	138	139	140	
37	318	"	141	142	143	144	
38	320/2	Гарцбургит	145	146	147	148	
39	321	"	149	150	151	152	
40	323	"	153	154	155, 156 (163, 164)	157	158-162
41	Л17/1	Лерцолит	165		166	167	
42	Л23	"			168	169	
43	Л26	"			170	171	
44	Л41	"			172, 173	174	
45	Л43	"			175	176	
46	Л64	Гарцбургит	177		178, 179	180	
47	Л50	Лерцолит пла-			181	182	
48	П392/1	гиоклазовый	183	184	185	186	
49	П315/1	"	187	188-191	192	193	(194-196)
50	П314/1	Гарцбургит	197	198	199	200	
51	П355/1	"	201	202	203	204	
52	П376/1	"	205	206	207	208	
53	П410/1	"	209	210	211	212	
54	П835/1	Верлит	213	214-217	218	219	
55	П836/1	Гарцбургит	220	221	222	223	
56	П980/1	Лерцолит	224	225	226	227	
57	297	"	228	229	230	231	
58	М27	Гарцбургит	232	233	234, 235	236	
59	Л9	Лерцолит		237	238		
60	П974/3	"	239	240	241	242	
61	П981	Гарцбургит	243	244-248	249	250	
62	П984/1	Дунит		251			
63	300	"		252			

Приложение I

Обр.	Порода	№ п/п в приложении 2				
		Ол (Ил)	Хр (Мг)	Рп	Мп (Ам)	
64	317	Дунит	253	254	255	
65	320/1	"	256	257	258	259
66	П835/2	Вебстерит	260	261	262	263
67	П838/2	"	264	265	266	267
68	П842/1	Гарцбургит		268	269	270
69	П313/2	Вебстерит			271	272
70	322	"		273-278	279	280
71	306	Клинопироксенит		281		282
72	313/2	Горнблендит		283		(284, 285)
73	П317/1	Габбро-норит			286	287
74	П411/1	"			288	289
75	Л42а	"				290
76	П984/2	"		(291)	292	293, 294
77	319	"	(295)		296	
78	298	Хромитит		297-300	301	
79	298а	"		302		
80	299	"		303		
81	302/2	"		304		
82	303	"		305		
83	304	"		306		
84	308	"		307		
85	309	"		308		
86	311	"		309		
87	312	"		310		
88	313/1	"		311		
89	314	"		312-315		
90	316	"		316		
91	П975/8	"		317		
92	П975/9	"		318		
93	П975/10	"		319		
94	П985	"		320-322		

Примечание. Здесь и в приложении 2: Ол - оливин, Хр - хромит (хромовая шпинель), Рп - энстатит, Мп - диопсид, Ам - амфибол. Хл - хлорит, Ил - ильменит, Мг - магнетит, Гр - гранат. Обр. П313/2, П317/1, П411/1 - химические анализы, химлаборатория ЦНИГРИ, аналитик Л.Н.Соловьева.

Химические составы породобразующих минералов

Обр.	П512/1		П514/1	П519/1			
	Ол	Мп	Ол	Ол	Хр	Рп	Мп
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	40,25	53,48	40,32	39,92	-	55,37	53,02
TiO ₂	0,01	0,17	0,00	0,01	0,06	0,03	0,10
Al ₂ O ₃	0,00	4,84	0,00	0,00	51,30	4,01	4,96
Cr ₂ O ₃	0,03	0,87	0,02	0,01	17,20	0,51	0,96
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	0,94	-	-
FeO	9,66	1,76	10,26	8,73	11,88	5,82	1,79
MnO	0,14	0,11	0,18	0,15	0,15	0,14	0,11
NiO	0,39	0,08	0,27	0,40	0,26	0,12	0,08
MgO	49,41	15,38	48,98	50,43	18,25	34,40	15,36
CaO	0,00	22,94	0,01	0,01	-	0,34	23,06
Na ₂ O	-	0,91	-	-	-	0,00	1,05
K ₂ O	-	0,00	-	-	-	0,00	0,01
Сумма	99,89	100,54	100,04	99,66	100,04	100,74	100,48
n	3	1	2	4	5	2	2

Обр.	П519/1		П520/1			П520/2	
	Хл	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр
№ п/п	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	37,87	40,48	-	54,79	52,89	40,15	-
TiO ₂	0,01	0,02	0,04	0,07	0,12	0,00	0,03
Al ₂ O ₃	4,32	0,03	52,69	3,67	4,87	0,00	48,21
Fe ₂ O ₃ (H ₂ O)(11,79)	-	-	1,85	-	-	-	2,14
Cr ₂ O ₃	0,52	0,00	14,71	0,31	0,81	0,02	19,30
FeO	14,83	9,00	11,02	6,37	2,07	8,59	11,72
MnO	0,23	0,11	0,12	0,15	0,08	0,13	0,14
NiO	0,07	0,40	0,28	0,02	0,06	0,35	0,23
MgO	27,89	50,60	18,84	33,90	15,75	51,25	17,97
CaO	0,29	0,01	-	0,50	22,94	0,01	-
Na ₂ O	0,00	-	-	0,03	0,95	0,01	-
K ₂ O	0,36	-	-	0,01	0,00	0,00	-
Сумма	98,18	100,65	99,55	99,82	100,54	100,51	99,75
n	1	2	5	2	3	6	10

Приложение 2

Обр.	П520/2				П520/3		П523/1
	Рп _ц	Рп _к	Мп	Сп	Ол	Мп	Ол
№ п/п	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	54,80	55,81	52,83	37,93	40,21	52,93	40,89
TiO ₂	0,03	0,04	0,12	0,07	0,02	0,10	0,00
Al ₂ O ₃	3,83	3,08	5,31	2,10	0,00	4,96	0,00
Cr ₂ O ₃	0,65	0,37	1,29	0,00	0,00	0,91	0,03
FeO	5,68	5,66	1,99	5,80	9,57	2,16	8,75
MnO	0,14	0,16	0,10	0,10	0,10	0,10	0,14
NiO	0,11	0,10	0,05	0,14	0,39	0,05	0,37
MgO	34,68	34,88	15,58	36,57	50,97	15,69	50,30
CaO	0,48	0,32	21,90	0,14	0,02	22,47	0,02
Na ₂ O	0,01	0,00	1,36	0,00	-	0,83	-
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,00	-	0,01	-
H ₂ O	-	-	-	12,01	-	-	-
Сумма	100,42	100,43	100,54	94,86	101,28	100,21	100,50
n	7	3	6	1	3	2	2

Обр.	П523/1						П528/1
	Хр	Рп _ц	Рп _к	Мп _ц	Мп _к	Сп	Ол
№ п/п	22	23	24	25	26	27	28
SiO ₂	-	54,43	53,85	50,66	52,70	41,51	40,79
TiO ₂	0,02	0,03	0,03	0,15	0,16	0,00	0,08
Al ₂ O ₃	50,87	3,69	3,20	5,17	4,13	0,44	0,16
Cr ₂ O ₃	17,12	0,47	0,34	1,25	0,74	0,01	0,08
Fe ₂ O ₃ (H ₂ O)	1,95	-	-	-	-	(11,95)	-
FeO	10,99	5,89	5,88	1,89	2,14	4,68	9,18
MnO	0,11	0,15	0,14	0,10	0,08	0,09	0,26
NiO	0,25	0,07	0,05	0,01	0,02	0,45	0,03
MgO	18,80	34,72	34,70	15,89	16,30	35,65	49,18
CaO	-	0,37	0,26	22,73	22,59	0,07	0,16
Na ₂ O	-	0,02	0,05	1,08	0,86	0,04	0,10
K ₂ O	-	0,01	0,01	-	0,04	0,00	0,11
Сумма	100,11	99,85	98,51	98,95	99,73	94,89	100,10
n	5	2	2	1	1	2	3

Приложение 2

Обр.	Н52Б/І			П532/І			
	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп
№ п/п	29	30	31	32	33	34	35
SiO ₂	0,42	55,49	52,61	40,90	-	55,43	52,69
TiO ₂	0,12	0,18	0,25	0,00	0,10	0,05	0,09
Al ₂ O ₃	53,82	4,78	5,80	0,00	51,48	4,05	4,45
Cr ₂ O ₃	11,62	0,51	0,90	0,00	15,98	0,53	0,83
Fe ₂ O ₃	2,98	-	-	-	1,87	-	-
FeO	10,94	6,13	2,28	9,15	11,24	6,28	2,19
MnO	0,25	0,23	0,19	0,17	0,13	0,10	0,10
NiO	-	-	-	0,37	0,29	0,12	0,07
MgO	18,64	32,54	15,34	49,38	18,63	33,37	16,31
CaO	0,17	0,86	21,19	0,00	-	0,82	22,16
Na ₂ O	0,11	0,10	1,33	-	-	0,00	0,76
K ₂ O	0,13	0,13	0,17	-	-	0,01	0,01
Сумма	99,20	100,95	100,06	99,97	99,72	100,76	99,66
n	4	4	3	4	7	2	3

Обр.	П525/І		П495/І		П540/4		
	Рп	Мп	Ол	Мп	Сп	Ол	Мп
	36	37	38	39	40	41	42
SiO ₂	55,34	54,04	40,50	52,79	43,94	39,27	53,74
TiO ₂	0,13	0,16	0,01	0,08	0,00	0,00	0,04
Al ₂ O ₃	4,75	5,27	0,00	4,65	0,41	0,01	1,39
Cr ₂ O ₃	0,55	1,16	0,00	0,89	0,00	0,01	0,60
FeO	6,22	1,93	9,40	2,12	3,43	12,49	2,88
MnO	0,24	0,21	0,11	0,10	0,01	0,19	0,13
NiO	-	-	0,38	0,04	0,04	0,27	0,02
MgO	32,21	15,84	50,45	16,21	38,08	47,10	17,56
CaO	0,66	21,36	0,02	23,08	0,01	0,01	23,29
Na ₂ O	0,17	1,50	0,00	0,71	0,00	-	0,22
K ₂ O	0,13	0,16	0,00	0,01	0,03	-	0,01
H ₂ O	-	-	-	-	12,52	-	-
Сумма	100,40	101,63	100,87	100,68	98,47	99,35	99,89
n	2	1	2	4	1	3	1

Приложение 2

Обр.	П524/2			П527/3	П305/2		
	Ол	Хр		Ол	Ол	Хр	Рп
№ п/п	43	44	45	46	47	48	49
SiO ₂	38,69	-	-	40,33	41,34	-	53,39
TiO ₂	0,01	0,00	0,27	0,01	0,01	0,04	0,05
Al ₂ O ₃	0,00	15,76	23,05	0,03	0,00	48,26	4,83
Cr ₂ O ₃	0,01	44,54	35,82	0,00	0,02	18,53	0,76
Fe ₂ O ₃	-	7,47	9,37	-	-	3,15	-
FeO	8,32	22,15	19,21	10,41	9,43	10,28	6,26
MnO	0,11	0,48	0,40	0,14	0,12	0,12	0,14
NiO	0,42	0,05	0,10	0,33	0,39	0,30	0,08
MgO	52,33	7,24	10,25	49,22	49,64	18,83	32,82
CaO	0,01	-	-	0,00	0,03	-	1,42
Na ₂ O	0,00	-	-	-	-	-	0,14
K ₂ O	0,00	-	-	-	-	-	0,01
Сумма	99,91	97,69	98,47	100,47	100,98	99,51	99,90
n	10	3	2	2	2	5	3

Обр.	П305/1	П305/2					Рп*
	Мп	Ол*	Ол*	Ол*	Ол*	Ол*	
№ п/п	50	51	52	53	54	55	56
SiO ₂	50,96	40,09	40,88	41,05	41,16	39,99	56,91
TiO ₂	0,14	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02
Al ₂ O ₃	5,82	0,00	0,00	0,11	0,00	0,15	1,67
Cr ₂ O ₃	1,12	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
FeO	2,60	9,96	10,06	10,34	10,01	12,82	6,83
MnO	0,11	0,10	0,19	0,10	0,21	0,21	0,09
NiO	0,06	0,29	0,36	0,28	0,25	0,00	0,01
MgO	15,81	48,99	48,78	48,61	48,39	46,53	33,53
CaO	22,89	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
Na ₂ O	0,22	-	-	-	-	-	0,00
K ₂ O	0,02	-	-	-	-	-	0,01
Сумма	99,75	99,48	100,27	100,50	100,03	99,70	100,02
n	3	1	1	1	1	1	1

Приложение 2

Обр.	ПЗ05/2						ПЗ07/1
	Ол	Ол	Хр	Хр	Рп	Мп	Ол
№ п/п	57	58	59	60	61	62	63
SiO ₂	41,07	41,44	-	-	56,10	53,54	40,94
TiO ₂	0,03	0,00	0,09	0,07	0,04	0,07	0,00
Al ₂ O ₃	0,00	0,04	27,64	24,08	1,89	2,45	0,01
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	36,10	39,09	0,50	0,92	0,04
Fe ₂ O ₃	-	-	6,96	6,56	-	-	-
FeO	12,92	10,16	15,46	17,95	7,00	2,85	9,84
MnO	0,14	0,09	0,19	0,24	0,16	0,10	0,16
NiO	0,07	0,40	0,22	0,14	0,15	0,06	0,36
MgO	46,78	48,72	13,45	11,33	33,63	17,05	49,01
CaO	0,02	0,03	-	-	0,98	23,25	0,05
Na ₂ O	-	-	-	-	0,02	0,15	-
K ₂ O	-	-	-	-	0,00	0,00	-
Сумма	101,04	100,89	100,11	99,46	100,47	100,44	100,41
n	1	1	1	5	2	3	4

Обр.	ПЗ07/1			ПЗ07/2			
	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп
№ п/п	64	65	66	67	68	69	70
SiO ₂	-	54,61	50,81	41,14	-	54,39	51,40
TiO ₂	0,05	0,03	0,13	0,01	0,05	0,06	0,17
Al ₂ O ₃	53,19	4,26	6,38	0,00	51,25	5,20	5,33
Cr ₂ O ₃	14,49	0,50	0,86	0,01	15,46	0,65	0,85
Fe ₂ O ₃	1,87	-	-	-	2,78	-	-
FeO	10,45	6,28	2,49	9,68	10,07	5,98	2,50
MnO	0,11	0,14	0,08	0,16	0,18	0,10	0,14
NiO	0,31	0,10	0,00	0,39	0,28	0,12	0,06
MgO	19,30	32,89	15,98	49,14	19,21	32,55	16,30
CaO	-	1,23	22,88	0,01	-	1,32	23,12
Na ₂ O	-	0,08	0,19	-	-	0,07	0,36
K ₂ O	-	0,00	0,00	-	-	0,01	0,00
Сумма	99,77	100,12	99,80	100,54	99,28	100,45	100,23
n	4	2	2	2	2	3	2

Приложение 2

Обр.	ПЗ07/3				ПЗ26/1		
	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп
№ п/п	71	72	73	74	75	76	77
SiO ₂	41,59	-	53,50	52,79	40,86	-	53,07
TiO ₂	0,01	0,04	0,07	0,16	0,01	0,04	0,05
Al ₂ O ₃	0,00	51,37	4,74	6,00	0,02	51,86	4,89
Cr ₂ O ₃	0,02	15,59	0,65	0,70	0,01	14,99	0,68
Fe ₂ O ₃	-	3,16	-	-	-	2,65	-
FeO	9,83	9,85	6,04	2,25	9,76	10,18	6,62
MnO	0,11	0,10	0,14	0,02	0,15	0,14	0,05
NiO	0,35	0,32	0,08	0,01	0,40	0,18	0,06
MgO	48,82	19,53	33,51	15,68	49,22	19,30	33,34
CaO	0,03	-	0,81	22,93	0,02	-	0,95
Na ₂ O	-	-	0,04	0,43	-	-	0,04
K ₂ O	-	-	0,01	0,00	-	-	0,01
Сумма	100,76	99,96	99,59	100,97	100,45	99,34	99,76
n	3	4	2	2	3	6	2

Обр.	ПЗ26/1		ПЗ27/1			ПЗ32/1	
	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр
№ п/п	78	79	80	81	82	83	84
SiO ₂	51,26	40,39	-	54,46	51,56	41,61	-
TiO ₂	0,14	0,01	0,07	0,07	0,15	0,00	0,06
Al ₂ O ₃	5,56	0,00	51,73	4,54	5,49	0,00	47,89
Cr ₂ O ₃	1,09	0,01	15,65	0,58	0,90	0,03	19,84
Fe ₂ O ₃	0,01	-	2,33	-	-	-	2,60
FeO	2,25	9,59	9,70	6,23	2,24	9,44	10,09
MnO	0,08	0,14	0,12	0,14	0,13	0,13	0,14
NiO	0,10	0,35	0,35	0,08	0,05	0,39	0,32
MgO	15,80	49,61	19,56	32,82	16,00	48,00	19,00
CaO	22,92	0,05	-	1,39	22,68	0,05	-
Na ₂ O	0,55	-	-	0,08	0,40	-	-
K ₂ O	0,01	-	-	0,01	0,01	-	-
Сумма	99,77	100,15	99,51	100,40	99,61	99,65	99,94
n	2	4	3	2	2	4	5

Приложение 2

Обр.	П332/І			П333/І			
	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп*	Рп	Мп
№ п/п	85	86	87	88	89	90	91
SiO ₂	55,04	51,34	40,81	-	54,80	54,82	50,87
TiO ₂	0,07	0,15	0,01	0,06	0,02	0,05	0,19
Al ₂ O ₃	4,59	6,09	0,04	51,19	3,94	4,59	5,58
Cr ₂ O ₃	0,70	1,22	0,01	15,90	0,45	0,60	1,06
Fe ₂ O ₃	-	-	-	3,15	-	-	-
FeO	5,71	2,44	9,72	9,66	6,70	6,42	2,59
MnO	0,11	0,06	0,13	0,08	0,14	0,14	0,08
NiO	0,13	0,02	0,36	0,33	0,01	0,07	0,07
MgO	32,37	15,78	48,56	19,67	32,57	32,77	15,43
CaO	1,91	22,92	0,10	-	0,67	0,71	23,39
Na ₂ O	0,03	0,33	-	-	0,03	0,02	0,49
K ₂ O	0,01	0,00	-	-	0,02	0,00	0,01
Сумма	100,67	100,35	99,74	100,04	99,35	100,19	99,76
n	2	2	3	3	2	2	1

Обр.	П344/І				П 832/І		
	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп
№ п/п	92	93	94	95	96	97	98
SiO ₂	40,68	-	54,22	51,51	40,71	-	54,83
TiO ₂	0,00	0,05	0,04	0,10	0,01	0,08	0,03
Al ₂ O ₃	0,00	45,89	4,44	5,22	0,00	47,61	4,77
Cr ₂ O ₃	0,04	21,53	0,84	1,16	0,01	20,00	0,75
Fe ₂ O ₃	-	1,65	-	-	-	2,21	-
FeO	9,30	11,04	6,39	2,42	9,37	10,12	5,61
MnO	0,08	0,13	0,14	0,11	0,17	0,13	0,14
NiO	0,34	0,25	0,08	0,06	0,37	0,27	0,14
MgO	49,20	17,92	33,64	16,48	49,51	18,87	31,97
CaO	0,04	-	0,98	23,28	0,02	-	2,34
Na ₂ O	-	-	0,09	0,21	-	-	0,07
K ₂ O	-	-	0,01	0,01	-	-	0,00
Сумма	99,73	98,46	100,87	100,56	100,17	99,29	100,65
n	3	3	1	3	3	7	3

Приложение 2

Обр.	П832/1			П833/1			П834/2	
	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	
№ п/п	99	100	101	102	103	104	105	
SiO ₂	51,73	40,79	-	54,38	51,30	41,55	-	
TiO ₂	0,13	0,01	0,04	0,05	0,12	0,00	0,06	
Al ₂ O ₃	5,59	0,01	47,47	4,49	5,66	0,00	46,54	
Cr ₂ O ₃	1,10	0,02	20,42	0,77	1,05	0,05	21,65	
Fe ₂ O ₃	-	-	2,08	-	-	-	2,09	
FeO	2,57	9,36	10,34	5,94	2,75	9,45	10,21	
MnO	0,10	0,08	0,09	0,13	0,10	0,15	0,10	
NiO	0,05	0,33	0,31	0,07	0,10	0,38	0,29	
MgO	16,39	48,97	18,73	32,11	16,11	48,68	18,79	
CaO	22,38	0,07	-	1,75	22,27	0,03	-	
Na ₂ O	0,31	-	-	0,02	0,23	-	-	
K ₂ O	0,01	-	-	0,01	0,00	-	-	
Сумма	100,36	99,64	99,48	99,72	99,69	100,29	99,73	
n	3	5	5	3	2	3	4	

Обр.	П834/2			П837/1			П983
	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол
№ п/п	106	107	108	109	110	111	112
SiO ₂	54,83	51,90	40,87	-	55,65	52,73	40,91
TiO ₂	0,04	0,14	0,01	0,09	0,02	0,10	0,01
Al ₂ O ₃	4,52	6,19	0,00	41,54	4,07	4,88	0,00
Cr ₂ O ₃	0,75	1,26	0,05	26,65	0,86	1,37	0,01
Fe ₂ O ₃	-	-	-	2,52	-	-	-
FeO	6,24	2,37	8,89	11,01	5,88	2,21	9,46
MnO	0,19	0,04	0,17	0,14	0,13	0,10	0,17
NiO	0,08	0,01	0,31	0,23	0,09	0,05	0,41
MgO	32,95	15,37	50,36	17,84	32,96	15,99	49,32
CaO	0,94	23,13	0,05	-	1,28	22,82	0,06
Na ₂ O	0,00	0,27	-	-	-	0,27	-
K ₂ O	0,00	0,02	-	-	0,04	0,02	-
Сумма	100,54	100,70	100,71	100,02	100,98	100,54	100,35
n	1	1	2	6	1	3	3

Приложение 2

Обр.	П983			П984	П985/3		
	Хр	Рп	Мп	Хр	Ол	Хр	Рп
№ п/п	113	114	115	116	117	118	119
SiO ₂	-	55,38	52,13	-	40,80	-	53,59
TiO ₂	0,08	0,04	0,06	0,02	0,01	0,05	0,05
Al ₂ O ₃	33,48	3,22	4,23	29,18	0,01	51,82	4,49
Cr ₂ O ₃	34,24	0,86	1,35	36,98	0,00	15,48	0,61
Fe ₂ O ₃	2,98	-	-	4,54	-	2,37	-
FeO	13,11	5,98	2,71	13,74	9,71	9,98	6,06
MnO	0,16	0,14	0,07	0,21	0,12	0,12	0,09
NiO	0,18	0,06	0,01	0,16	0,34	0,32	0,16
MgO	15,55	33,05	17,28	14,55	48,96	19,33	32,65
CaO	-	1,55	22,01	-	0,01	-	1,36
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O(ZnO)	(0,12)	0,02	0,01	(0,09)	-	(0,15)	0,00
Сумма	99,90	100,30	99,86	99,47	99,96	99,62	99,06
n	3	3	3	5	4	6	1

Обр.	П985/3		301			302/1		
	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	
№ п/п	120	121	122	123	124	125	126	
SiO ₂	52,98	40,57	-	53,87	51,42	40,84	-	
TiO ₂	0,18	0,03	0,04	0,05	0,17	0,01	0,09	
Al ₂ O ₃	5,21	0,00	52,60	5,25	6,46	0,00	51,35	
Cr ₂ O ₃	0,98	0,00	14,92	0,71	0,97	0,01	16,28	
Fe ₂ O ₃	-	-	2,29	-	-	-	2,04	
FeO	2,50	9,44	10,02	6,09	2,43	9,35	10,21	
MnO	0,07	0,07	0,11	0,17	0,07	0,13	0,11	
NiO	0,00	0,33	0,32	0,06	0,01	0,33	0,35	
MgO	15,97	49,45	19,44	31,96	15,86	49,34	19,18	
CaO	22,49	0,01	-	1,59	21,82	0,04	-	
Na ₂ O	-	-	-	0,04	0,27	-	-	
K ₂ O(ZnO)	0,01	-	(0,15)	0,00	0,01	-	(0,14)	
Сумма	100,39	99,92	99,89	99,79	99,49	100,05	99,75	
n	2	1	8	3	3	3	5	

Приложение 2

Обр.	302/1			305			310
	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол
№ п/п	127	128	129	130	131	132	133
SiO ₂	54,49	51,06	41,13	-	54,00	51,21	40,87
TiO ₂	0,09	0,16	0,00	0,06	0,03	0,10	0,00
Al ₂ O ₃	5,01	6,10	0,00	48,28	4,84	6,07	0,05
Cr ₂ O ₃	0,63	0,97	0,03	19,49	0,83	1,21	0,00
Fe ₂ O ₃	-	-	-	1,84	-	-	-
FeO	5,99	2,44	9,72	10,21	5,98	2,64	9,91
MnO	0,14	0,08	0,16	0,13	0,06	0,10	0,13
NiO	0,07	0,02	0,20	0,26	0,10	0,02	0,27
MgO	32,36	15,98	49,33	18,76	31,88	15,64	48,78
CaO	1,22	22,73	0,03	-	1,54	21,99	0,01
Na ₂ O	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	-
K ₂ O(ZnO)	0,01	0,02	-	(0,16)	0,01	0,01	-
Сумма	100,01	99,56	100,60	99,19	99,27	98,99	100,02
n	4	5	2	3	3	2	3

Обр.	310			315			
	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп
№ п/п	134	135	136	137	138	139	140
SiO ₂	-	54,21	51,52	40,50	-	54,42	52,19
TiO ₂	0,02	0,04	0,16	0,03	0,04	0,06	0,17
Al ₂ O ₃	53,47	4,64	5,85	0,00	50,90	4,78	5,21
Cr ₂ O ₃	13,83	0,50	0,85	0,03	16,83	0,75	0,88
Fe ₂ O ₃	2,92	-	-	-	1,96	-	-
FeO	10,20	6,45	2,66	9,47	10,27	6,20	2,46
MnO	0,10	0,13	0,12	0,15	0,14	0,13	0,09
NiO	0,32	0,07	0,02	0,28	0,28	0,02	0,00
MgO	19,58	32,61	15,46	49,43	19,07	32,48	16,11
CaO	-	1,15	23,27	0,01	-	1,31	22,54
Na ₂ O	-	-	-	-	-	0,00	0,18
K ₂ O(ZnO)	(0,08)	0,02	0,00	-	(0,12)	0,00	0,02
Сумма	100,52	99,82	99,91	99,90	99,61	100,15	99,85
n	3	4	2	2	5	4	3

Приложение 2

Обр.	318				320/2		
	Ол	Хр	Гп	Мп	Ол	Хр	Гп
№ п/п	141	142	143	144	145	146	147
SiO ₂	40,71	-	54,13	51,66	40,81	-	55,38
TiO ₂	0,01	0,07	0,04	0,14	0,03	0,05	0,02
Al ₂ O ₃	0,00	50,43	4,11	5,50	0,03	34,10	3,04
Cr ₂ O ₃	0,01	17,01	0,49	0,91	0,02	34,30	0,82
Fe ₂ O ₃	-	1,88	-	-	-	2,48	-
FeO	9,57	10,76	5,86	2,55	9,02	11,45	5,65
MnO	0,15	0,13	0,15	0,12	0,14	0,15	0,18
NiO	0,32	0,28	0,00	0,07	0,20	0,19	0,05
MgO	48,96	18,65	32,63	16,52	49,78	16,56	33,11
CaO	0,02	-	1,43	22,34	0,06	-	1,76
K ₂ O	-	-	0,00	0,02	-	-	0,03
ZnO	-	0,17	-	-	-	0,17	-
Сумма	99,75	99,38	98,83	99,83	100,09	99,45	100,04
n	4	3	1	3	2	5	2

Обр.	320/2		321			323	
	Мп	Ол	Хр	Гп	Мп	Ол	Хр
№ п/п	148	149	150	151	152	153	154
SiO ₂	52,43	40,76	-	55,36	50,88	40,80	-
TiO ₂	0,05	0,01	0,04	0,03	0,07	0,00	0,12
Al ₂ O ₃	4,08	0,03	38,58	3,45	4,32	0,00	25,98
Cr ₂ O ₃	1,27	0,02	28,34	0,78	1,14	0,02	39,30
Fe ₂ O ₃	-	-	4,06	-	-	-	5,10
FeO	2,39	9,01	11,12	5,72	2,68	9,55	15,30
MnO	0,07	0,12	0,15	0,14	0,10	0,16	0,20
NiO	0,07	0,30	0,25	0,02	0,01	0,23	0,10
MgO	17,10	49,59	17,30	32,66	17,89	48,11	13,29
CaO	22,84	0,04	-	2,00	22,53	0,06	-
K ₂ O	0,02	-	-	0,01	0,01	-	-
ZnO	-	-	0,14	-	-	-	0,12
Сумма	100,32	99,88	99,98	100,17	99,63	98,93	99,51
n	4	4	7	3	4	1	5

Приложение 2

Обр.	323						
Минерал	Рп*	Рп	Мп	Ам*	Ам*	Ам*	Ам*
№ п/п	155	156	157	158	159	160	161
SiO ₂	56,59	55,87	53,36	50,09	50,36	48,38	48,80
TiO ₂	0,05	0,03	0,07	0,06	0,22	0,21	0,18
Al ₂ O ₃	1,73	2,29	2,59	9,06	8,57	9,89	10,38
Cr ₂ O ₃	0,85	0,57	0,94	2,37	2,15	2,07	2,01
FeO	5,46	6,26	2,64	2,41	2,48	2,95	2,97
MnO	0,13	0,21	0,07	0,10	0,18	0,09	0,10
NiO	0,11	0,05	0,04	0,23	0,21	0,16	0,15
MgO	35,06	33,80	17,65	20,74	20,90	20,83	20,98
CaO	0,38	1,08	22,46	11,99	11,54	11,34	10,76
Na ₂ O	-	-	-	1,71	1,70	2,12	1,86
K ₂ O	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,13	0,06
H ₂ O	-	-	-	2,21	2,21	2,20	2,23
Сумма	100,37	100,17	99,84	101,01	100,57	100,37	100,48
n	1	2	4	1	1	1	1

Обр.	323			Л 17/1			Л23
Минерал	Ам*	Хл*	Хл*	Ол	Рп	Мп	Рп
№ п/п	162	163	164	165	166	167	168
SiO ₂	47,89	31,19	32,72	39,27	54,04	51,50	52,89
TiO ₂	0,31	0,06	0,00	0,00	0,06	0,14	0,07
Al ₂ O ₃	11,53	19,40	16,77	0,00	4,40	5,25	5,04
Cr ₂ O ₃	2,83	2,28	2,04	0,01	0,57	0,83	0,60
FeO	3,20	2,00	1,85	10,60	6,12	2,68	6,69
MnO	0,15	0,02	0,04	0,15	0,18	0,21	0,16
NiO	0,17	0,19	0,27	-	-	-	-
MgO	19,39	32,45	33,94	49,51	31,40	14,70	32,09
CaO	10,87	0,06	0,03	0,00	0,89	23,51	0,52
Na ₂ O	2,21	0,00	0,15	0,00	0,00	0,32	0,00
K ₂ O	0,15	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	2,21	12,74	12,82	-	-	-	-
Сумма	100,91	100,41	100,67	99,54	97,66	99,14	98,06
n	1	1	1	1	1	1	1

Приложение 2

Обр.	Л23		Л26		Л41		Л43
Минерал	Мп	Рп	Мп	Рп _к	Рп _ц	Мп	Рп
№ п/п	169	170	171	172	173	174	175
SiO ₂	50,68	53,70	49,55	56,50	52,54	50,78	55,06
TiO ₂	0,13	0,05	0,34	0,08	0,05	0,18	0,06
Al ₂ O ₃	5,79	4,26	5,50	3,81	5,41	5,52	4,78
Cr ₂ O ₃	0,99	0,46	0,94	0,53	0,69	0,96	0,55
FeO	2,71	6,43	2,62	6,01	7,09	2,39	6,51
MnO	0,15	0,12	0,08	0,19	0,06	0,09	0,15
MgO	15,53	33,31	15,43	32,41	32,31	15,64	32,20
CaO	22,72	0,80	25,12	0,65	0,82	23,44	1,30
Na ₂ O	0,20	0,00	0,37	0,01	0,31	0,32	0,03
K ₂ O	0,00	0,00	0,02	0,01	0,05	0,05	0,00
Сумма	98,90	99,13	99,97	100,20	99,32	99,37	100,64
n	1	1	1	1	1	1	1

Обр.	Л43	Л64			Л50		
Минерал	Мп	Ол	Рп _ц	Рп _к	Мп	Рп	Мп
№ п/п	176	177	178	179	180	181	182
SiO ₂	50,99	39,83	53,80	53,42	49,65	56,37	51,92
TiO ₂	0,22	0,00	0,03	0,01	0,06	0,10	0,23
Al ₂ O ₃	4,75	0,00	4,90	3,84	4,50	1,98	2,52
Cr ₂ O ₃	0,83	0,00	1,19	0,77	1,21	0,46	0,80
FeO	2,50	8,72	6,43	5,78	2,79	7,72	2,91
MnO	0,03	0,16	0,13	0,13	0,13	0,27	0,13
MgO	16,02	50,71	28,92	32,41	17,44	32,28	16,90
CaO	23,67	0,00	2,77	1,73	23,78	1,16	23,50
Na ₂ O	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сумма	99,27	99,42	98,17	98,07	99,56	100,34	98,91
n	1	1	1	1	1	1	1

Обр.	ПЗ92/І				ПЗ15/І		
	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Хр
№ п/п	183	184	185	186	187	188	189
SiO ₂	40,43	-	55,33	52,88	40,83	-	-
TiO ₂	0,01	0,32	0,07	0,18	0,01	0,16	0,10
Al ₂ O ₃	0,00	21,10	2,57	3,10	0,00	36,00	38,75
Cr ₂ O ₃	0,01	42,84	0,69	0,83	0,01	30,90	27,45
Fe ₂ O ₃	-	6,82	-	-	-	3,12	4,77
FeO	11,02	16,57	6,77	3,48	9,39	12,82	11,03
MnO	0,15	0,25	0,16	0,12	0,13	0,14	0,14
NiO	0,44	0,12	0,05	0,05	0,38	0,21	0,24
MgO	48,32	12,18	33,90	16,56	49,90	15,99	17,51
CaO	0,03	-	0,76	22,75	0,03	-	-
Na ₂ O	-	-	0,02	0,24	-	-	-
K ₂ O(ZnO)	-	(0,14)	0,01	0,01	-	-	-
Сумма	100,41	100,34	100,33	100,20	100,68	99,34	99,99
n	3	9	2	4	3	1	1

Обр.	ПЗ15/І						
	Хр	Хр	Рп	Мп	Гр	Гр	Гр
№ п/п	190	191	192	193	194	195	196
SiO ₂	-	-	55,43	53,60	31,11	29,93	34,21
TiO ₂	0,04	0,13	0,01	0,10	0,02	0,00	0,03
Al ₂ O ₃	33,14	37,04	3,07	2,92	19,49	20,09	0,00
Cr ₂ O ₃	33,36	29,23	0,84	1,02	0,35	0,24	0,05
Fe ₂ O ₃	3,70	4,07	-	-	-	-	-
FeO	13,31	12,02	5,83	2,49	5,02	3,51	26,20
MnO	0,16	0,16	0,10	0,07	0,02	0,03	0,08
NiO	0,17	0,22	0,07	0,05	0,00	0,01	0,00
MgO	15,27	16,60	33,60	17,00	0,22	1,88	0,36
CaO	-	-	0,90	23,25	37,58	36,55	33,96
Na ₂ O	-	-	0,00	0,08	0,00	0,00	0,06
K ₂ O	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Сумма	99,15	99,47	99,86	100,59	93,82	92,25	94,96
n	1	1	2	4	1	1	1

Обр.	ПЗ14/1				ПЗ55/1		
	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп
№ п/п	197	198	199	200	201	202	203
SiO ₂	40,13	-	54,48	50,86	41,65	-	55,05
TiO ₂	0,01	0,07	0,02	0,06	0,01	0,07	0,03
Al ₂ O ₃	0,03	40,51	3,86	4,67	0,00	33,96	3,21
Cr ₂ O ₃	0,05	27,03	0,83	1,33	0,00	35,26	0,92
Fe ₂ O ₃	-	1,79	-	-	-	2,06	-
FeO	9,52	12,34	6,17	2,28	8,41	12,08	5,29
MnO	0,14	0,13	0,13	0,11	0,11	0,15	0,13
NiO	0,39	0,24	0,11	0,04	0,37	0,14	0,11
MgO	49,79	16,58	32,84	16,75	49,29	16,43	32,11
CaO	0,04	-	1,10	23,32	0,05	-	3,10
Na ₂ O	-	-	0,01	0,08	-	-	0,02
K ₂ O	-	-	0,00	0,01	-	-	0,01
Сумма	100,09	98,69	99,55	99,51	99,87	100,15	99,98
n	3	2	4	2	3	5	3

Обр.	ПЗ55/1		ПЗ76/1			П410/1	
	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр
№ п/п	204	205	206	207	208	209	210
SiO ₂	52,88	40,22	-	54,52	51,86	40,52	-
TiO ₂	0,07	0,00	0,05	0,03	0,03	0,01	0,04
Al ₂ O ₃	4,25	0,00	39,67	3,84	4,69	0,01	38,32
Cr ₂ O ₃	1,44	0,00	28,20	0,98	1,36	0,02	28,92
Fe ₂ O ₃	-	-	2,46	-	-	-	2,71
FeO	2,17	8,81	11,86	5,18	2,29	9,09	12,27
MnO	0,12	0,15	0,16	0,07	0,09	0,11	0,16
NiO	0,00	0,34	0,18	0,08	0,06	0,38	0,19
MgO	16,51	50,45	16,99	31,42	16,78	50,07	16,47
CaO	23,28	0,03	-	3,69	22,52	0,01	-
Na ₂ O	0,20	-	-	0,01	0,22	-	-
K ₂ O	0,01	-	-	0,01	0,01	-	-
Сумма	100,93	100,00	99,57	99,84	99,91	100,22	99,08
n	2	3	4	1	3	3	5

Приложение 2

Обр.	П4Ю/1		П835/1				
	Рп	Мп	Ол	Хр	Хр	Хр	Хр
№ п/п	211	212	213	214	215	216	217
SiO ₂	55,26	51,94	41,68	-	-	-	-
TiO ₂	0,01	0,03	0,01	0,23	0,21	0,15	0,22
Al ₂ O ₃	3,61	4,70	0,03	23,76	17,80	21,47	19,08
Cr ₂ O ₃	0,83	1,41	0,03	41,66	47,95	43,04	45,58
Fe ₂ O ₃	-	-	-	5,68	4,00	4,68	5,16
FeO	6,31	2,29	10,43	16,17	19,34	17,85	16,70
MnO	0,15	0,07	0,14	0,15	0,28	0,29	0,25
NiO	0,13	0,05	0,38	0,18	0,08	0,18	0,11
MgO	33,73	15,84	47,66	12,86	9,92	10,96	11,58
CaO	1,04	23,69	0,05	-	-	-	-
Na ₂ O	0,03	0,09	-	-	-	-	-
K ₂ O	0,00	0,01	-	-	-	-	-
Сумма	101,10	100,12	100,41	100,69	99,58	98,62	98,66
n	1	3	3	1	1	1	1

Обр.	П835/1			П836/1			П980/1
	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол
№ п/п	218	219	220	221	222	223	224
SiO ₂	56,45	54,62	41,10	-	55,70	51,90	41,08
TiO ₂	0,04	0,06	0,01	0,05	0,10	0,07	0,01
Al ₂ O ₃	1,55	1,86	0,00	38,48	4,33	5,11	0,00
Cr ₂ O ₃	0,38	0,77	0,01	28,04	0,60	1,33	0,02
Fe ₂ O ₃	-	-	-	4,03	-	-	-
FeO	6,59	2,72	9,37	11,97	5,83	2,56	9,46
MnO	0,08	0,10	0,15	0,14	0,15	0,07	0,28
NiO	0,08	0,04	0,32	0,21	0,08	0,06	0,40
MgO	33,95	17,18	49,80	16,81	33,09	16,50	48,80
CaO	0,96	22,39	0,02	-	1,50	22,51	0,05
Na ₂ O	0,00	0,16	-	-	0,05	0,14	-
K ₂ O	0,01	0,01	-	-	0,01	0,01	-
Сумма	100,09	99,91	100,78	99,73	101,44	100,26	100,10
n	2	4	3	7	2	4	2

Приложение 2

Обр.	П 980/1			297			
	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп	Мп
№ п/п	225	226	227	228	229	230	231
SiO ₂	--	54,72	51,12	40,45	-	55,30	51,98
TiO ₂	0,08	0,04	0,12	0,02	0,05	0,05	0,10
Al ₂ O ₃	45,75	4,26	5,99	0,00	44,67	4,27	5,06
Cr ₂ O ₃	21,89	0,71	1,18	0,07	23,02	0,71	1,09
Fe ₂ O ₃	2,86	-	-	-	2,27	-	-
FeO	10,78	6,19	2,50	9,42	11,59	6,03	2,43
MnO	0,11	0,15	0,11	0,18	0,12	0,10	0,09
NiO	0,23	0,04	0,03	0,35	0,20	0,04	0,00
MgO	18,38	33,12	15,58	48,59	17,64	32,77	16,09
CaO	-	1,42	22,48	0,04	-	1,52	23,24
Na ₂ O	-	0,09	0,34	-	-	0,00	0,21
K ₂ O(ZnO)	(0,17)	0,01	0,01	-	(0,14)	0,01	0,02
Сумма	100,25	100,75	99,46	99,12	99,70	100,80	100,31
n	6	2	3	2	5	2	4

Обр.	M27					D9	
	Ол	Хр	Рп*	Рп	Мп	Хр	Рп
№ п/п	232	233	234	235	236	237	238
SiO ₂	46,16	-	55,11	54,18	50,86	-	52,70
TiO ₂	0,00	0,06	0,07	0,04	0,08	-	0,06
Al ₂ O ₃	0,00	40,77	3,55	3,94	4,93	50,73	4,46
Cr ₂ O ₃	0,00	27,20	0,75	0,75	1,23	14,46	0,52
Fe ₂ O ₃	-	2,95	-	-	-	4,69	-
FeO	8,90	11,20	5,76	5,56	2,60	8,90	6,38
MnO	0,16	0,13	0,12	0,13	0,11	0,08	0,15
NiO	0,42	0,19	0,00	0,09	0,05	-	-
MgO	50,92	17,69	32,92	33,02	17,34	20,04	33,29
CaO	0,02	-	1,24	2,01	22,32	-	1,94
Na ₂ O	-	-	0,10	0,01	0,12	-	0,00
K ₂ O	-	-	0,02	0,01	0,02	-	0,00
Сумма	100,58	100,19	99,64	99,74	99,66	98,90	99,50
n	2	5	1	3	2	1	1

Приложение 2

Обр.	П974/3				П981		
	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Хр
№ п/п	239	240	241	242	243	244	245
SiO ₂	40,61	-	53,95	51,24	40,97	-	-
TiO ₂	0,01	0,07	0,11	0,17	0,02	0,11	0,08
Al ₂ O ₃	0,01	48,07	4,90	5,67	0,04	31,37	28,92
Cr ₂ O ₃	0,00	19,29	0,76	1,12	0,03	31,03	34,02
Fe ₂ O ₃	-	2,73	-	-	-	7,11	6,97
FeO	9,72	10,76	6,13	2,43	9,26	14,75	15,81
MnO	0,14	0,11	0,08	0,10	0,15	0,16	0,22
NiO	0,27	0,26	0,13	0,00	0,25	0,21	0,20
MgO	48,93	18,58	32,14	16,21	49,28	13,94	13,09
CaO	0,03	-	1,39	22,50	0,06	-	-
Na ₂ O	-	-	0,07	0,34	-	-	-
K ₂ O (ZnO)	-	(0,12)	0,00	0,01	-	(0,24)	(0,21)
Сумма	99,72	99,99	99,66	99,79	100,06	98,92	99,52
n	4	6	1	3	4	1	1

Обр.	П981				П984/1	300	
	Хр	Хр	Хр	Рп	Мп	Хр	Хр
№ п/п	246	247	248	249	250	251	252
SiO ₂	-	-	-	55,16	51,67	-	-
TiO ₂	0,12	0,09	0,24	0,07	0,11	0,63	0,12
Al ₂ O ₃	34,37	38,13	29,87	3,52	3,72	16,05	10,52
Cr ₂ O ₃	28,94	25,95	32,82	0,87	0,85	43,52	55,52
Fe ₂ O ₃	7,11	5,75	7,52	-	-	9,42	5,51
FeO	13,73	13,03	15,24	6,55	2,57	20,25	17,43
MnO	0,22	0,17	0,30	0,20	0,10	0,29	0,24
NiO	0,19	0,22	0,12	0,04	0,00	0,17	0,05
MgO	15,15	15,96	13,78	32,75	17,45	9,22	10,41
CaO	-	-	-	0,54	23,78	-	-
ZnO	0,20	0,15	0,18	-	-	0,12	0,10
K ₂ O	-	-	-	0,01	0,03	-	-
Сумма	100,04	99,40	100,07	99,78	100,27	99,67	99,90
n	1	1	1	2	1	3	7

Обр.	317			320/1			
	Ол	Хр	Рп	Ол	Хр	Рп	Мп
№ п/п	253	254	255	256	257	258	259
SiO ₂	41,72	-	56,69	40,78	-	54,42	53,96
TiO ₂	0,00	0,05	0,03	0,01	0,09	0,00	0,06
Al ₂ O ₃	0,00	27,38	2,17	0,00	9,14	2,53	2,81
Cr ₂ O ₃	0,00	40,88	0,82	0,02	59,55	0,76	0,88
Fe ₂ O ₃	-	3,64	-	-	2,99	-	-
FeO	6,33	10,02	4,13	9,42	16,92	6,15	2,55
MnO	0,08	0,15	0,08	0,13	0,23	0,18	0,11
NiO	0,38	0,15	0,16	0,28	0,06	0,03	0,03
MgO	51,42	16,79	35,87	49,40	10,52	34,14	17,81
CaO	0,05	-	0,14	0,04	-	1,03	22,24
Na ₂ O(ZnO)	-	(0,12)	0,00	-	(0,15)	-	-
K ₂ O	-	-	0,04	-	-	0,01	0,01
Сумма	99,98	99,18	100,13	100,08	99,65	99,25	100,46
n	2	7	1	3	5	1	3

Обр.	П 835/2				Пв38/2		
	Ол	Хр	Рп	Мп	Ол	Хр	Рп
№ п/п	260	261	262	263	264	265	266
SiO ₂	39,83	-	57,96	54,80	39,60	-	56,23
TiO ₂	0,00	0,20	0,03	0,04	0,01	0,12	0,03
Al ₂ O ₃	0,01	7,49	0,91	0,73	0,00	6,36	1,01
Cr ₂ O ₃	0,01	55,12	0,17	0,68	0,01	56,13	0,36
Fe ₂ O ₃	-	7,73	-	-	-	6,59	-
FeO	12,88	20,57	7,40	2,80	15,20	24,19	7,76
MnO	0,17	0,34	0,18	0,07	0,23	0,42	0,18
NiO	0,21	0,08	0,05	0,04	0,20	0,07	0,08
MgO	46,56	7,97	33,26	18,13	44,27	5,34	32,93
CaO	0,04	-	1,16	22,04	0,02	-	0,83
Na ₂ O	-	-	0,08	0,29	-	-	0,05
K ₂ O	-	-	0,00	0,02	-	-	0,01
Сумма	99,71	99,50	101,20	99,64	99,54	99,22	99,47
n	5	6	2	3	3	1	3

Приложение 2

Обр.	П 838/2		П 842/1		П313/2		322
	Мп	Хр	Рп	Мп	Рп	Мп	Хр
№ п/п	267	268	269	270	271	272	273
SiO ₂	55,87	-	58,59	54,70	55,70	54,20	-
TiO ₂	0,04	0,18	0,00	0,04	0,02	0,03	0,12
Al ₂ O ₃	1,37	22,59	0,40	1,32	1,70	2,00	14,50
Cr ₂ O ₃	0,61	41,92	0,29	0,57	0,10	0,54	48,44
Fe ₂ O ₃	-	6,38	-	-	0,43	0,42	6,88
FeO	2,95	15,37	5,27	2,58	6,77	2,95	21,05
MnO	0,11	0,18	0,16	0,13	0,16	0,12	0,35
NiO	0,03	0,12	0,04	0,04	-	-	0,04
MgO	17,20	12,98	34,97	17,95	32,60	19,60	8,26
CaO	22,49	-	0,63	23,35	1,68	20,60	-
Na ₂ O	0,17	-	0,18	0,17	0,18	0,18	-
K ₂ O(ZnO)	0,01	(0,14)	0,03	0,01	0,22	0,20	(0,30)
Сумма	100,85	99,87	100,56	100,86	99,56	100,84	99,94
n	2	8	1	2	1	1	1

Обр.	322						
	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Рп	Мп
№ п/п	274	275	276	277	278	279	280
SiO ₂	-	-	-	-	-	56,29	54,09
TiO ₂	0,12	0,12	0,39	0,88	0,29	0,00	0,04
Al ₂ O ₃	13,08	17,03	4,84	3,71	8,91	1,32	1,22
Cr ₂ O ₃	53,79	45,69	34,75	25,39	43,48	0,38	0,51
Fe ₂ O ₃	4,77	6,64	27,49	37,38	15,63	-	-
FeO	17,01	20,56	29,24	27,93	24,11	8,66	3,08
MnO	0,16	0,18	0,71	0,53	0,31	0,19	0,13
NiO	0,04	0,08	0,04	0,16	0,01	0,00	0,02
ZnO	0,11	0,12	0,17	0,05	0,25	-	-
MgO	11,05	8,91	1,55	2,44	5,46	32,60	18,45
CaO	-	-	-	-	-	0,88	21,78
K ₂ O	-	-	-	-	-	0,00	0,02
Сумма	100,13	99,33	99,19	98,48	98,46	100,31	99,34
n	1	1	1	1	1	1	3

Приложение 2

Обр.	306		313/2			П 317/1	
	Хр	Мп	Хр	Ам	Ам	Рп	Мп
№ п/п	281	282	283	284	285	286	287
SiO ₂	-	53,93	-	56,94	48,87	54,00	52,80
TiO ₂	0,08	0,06	0,07	0,06	0,18	0,02	0,09
Al ₂ O ₃	22,83	1,83	16,23	3,13	10,38	3,05	4,05
Cr ₂ O ₃	41,93	0,32	50,89	0,98	1,32	0,01	0,00
Fe ₂ O ₃	5,91	-	4,53	-	-	1,14	1,14
FeO	16,96	1,83	16,22	2,68	2,97	10,85	4,37
MnO	0,27	0,14	0,40	0,00	0,02	0,21	0,14
NiO	0,20	0,00	0,13	0,13	0,20	-	-
MgO	11,94	17,79	11,73	24,40	20,41	28,70	17,20
CaO	-	23,44	-	10,76	12,66	1,68	20,40
Na ₂ O	-	-	-	0,48	1,17	0,51	0,40
K ₂ O	-	0,04	-	0,04	0,13	0,57	0,13
H ₂ O	-	-	-	2,30	2,20	-	-
Сумма	100,12	99,38	100,20	101,89	100,51	100,74	100,72
n	9	1	4	1	1	Монофракции	

Обр.	П4II/I		Л42а	П984/2			
	Рп	Мп	Мп	Мг	Рп	Мп	Мп
№ п/п	288	289	290	291	292	293	294
SiO ₂	52,70	51,50	52,75	-	52,40	51,77	50,37
TiO ₂	0,04	0,12	0,18	4,76	0,08	0,16	0,01
Al ₂ O ₃	3,05	4,15	1,16	1,66	0,68	1,16	0,29
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	0,00	0,00
Fe ₂ O ₃	2,35	1,30	-	56,70	-	-	-
FeO	15,25	6,30	6,78	34,25	27,11	12,39	22,18
MnO	0,33	0,16	0,23	0,21	0,60	0,33	0,85
NiO	-	-	-	0,05	0,00	0,00	0,00
MgO	25,10	15,50	15,25	0,40	18,73	12,64	3,44
CaO	1,40	20,10	23,05	-	1,27	21,14	22,97
Na ₂ O	0,38	0,44	0,00	-	0,00	0,12	0,00
K ₂ O	0,40	0,56	0,00	-	0,00	0,00	0,00
Сумма	101,00	100,13	99,49	98,11	100,87	99,71	100,11
n	Монофракции		1	4	2	2	1

Обр.	319		298				
	Ил	Рп	Хр	Хр	Хр	Хр	Рп
№ п/п	295	296	297	298	299	300	301
SiO ₂	-	51,83	-	-	-	-	57,60
TiO ₂	50,28	0,13	0,30	0,39	0,26	0,19	0,05
Al ₂ O ₃	0,05	0,81	16,04	14,19	13,41	10,58	0,61
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	52,23	53,49	55,14	56,41	0,37
Fe ₂ O ₃	5,74	-	3,05	4,45	3,33	3,80	-
FeO	42,74	25,74	13,90	13,71	14,39	16,99	5,78
MnO	0,96	0,60	0,20	0,15	0,26	0,21	0,08
NiO	0,06	0,00	0,09	0,00	0,11	0,05	0,16
ZnO	0,00	-	0,07	0,04	0,21	0,17	-
MgO	0,81	19,84	13,27	13,53	12,81	10,53	35,06
CaO	-	1,10	-	-	-	-	0,99
Na ₂ O	-	0,05	-	-	-	-	0,00
K ₂ O	-	0,00	-	-	-	-	0,00
Сумма	100,66	100,11	99,16	99,95	99,92	98,94	100,70
n	5	3	1	1	1	1	1

Обр.	298a	299	302/2	303	304	308	309
	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр
№ п/п	302	303	304	305	306	307	308
TiO ₂	0,40	0,28	0,15	0,09	0,15	0,15	0,11
Al ₂ O ₃	15,40	10,23	11,54	11,33	9,08	8,75	8,49
Cr ₂ O ₃	52,39	58,33	58,24	58,36	60,84	60,41	61,05
Fe ₂ O ₃	3,61	3,57	3,91	4,55	3,82	3,73	4,00
FeO	14,76	13,91	11,27	10,45	11,65	13,16	11,62
MnO	0,19	0,20	0,14	0,17	0,18	0,23	0,18
NiO	0,08	0,14	0,15	0,16	0,09	0,14	0,13
ZnO	0,09	0,13	0,02	0,06	0,08	0,11	0,04
MgO	12,82	12,64	14,65	15,12	14,13	12,93	13,96
Сумма	99,75	99,44	100,08	100,29	100,00	99,61	99,59
n	5	6	2	3	4	4	3

Приложение 2

Обр.	311	312	313/1	314			
	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр
№ п/п	309	310	311	312	313	314	315
TiO ₂	0,15	0,32	0,13	0,31	0,31	0,40	0,34
Al ₂ O ₃	7,86	12,70	13,80	8,89	8,58	9,13	8,48
Cr ₂ O ₃	61,42	54,24	53,42	57,30	55,92	56,84	57,04
Fe ₂ O ₃	3,70	3,69	4,47	6,25	6,32	4,45	5,44
FeO	14,30	17,31	15,14	13,67	17,33	18,96	20,26
MnO	0,23	0,25	0,25	0,22	0,31	0,38	0,25
NiO	0,12	0,26	0,13	0,20	0,17	0,10	0,11
ZnO	0,14	0,11	0,08	0,16	0,10	0,15	0,16
MgO	12,19	10,62	12,13	12,62	10,09	9,23	8,55
Сумма	100,11	99,50	99,55	99,63	99,14	99,64	100,64
n	3	5	4	1	1	1	1

Обр.	316	П975/8	П975/9	П975/10	П985		
	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр	Хр
№ п/п	316	317	318	319	320	321	322
TiO ₂	0,28	0,32	0,27	0,32	0,14	0,19	0,06
Al ₂ O ₃	10,15	8,90	9,29	9,28	12,07	11,44	7,46
Cr ₂ O ₃	57,32	59,24	58,14	57,95	57,73	59,67	63,79
Fe ₂ O ₃	4,94	4,61	5,81	5,39	4,17	2,65	2,84
FeO	14,77	14,51	13,84	14,38	9,14	10,79	10,46
MnO	0,23	0,15	0,15	0,22	0,18	0,14	0,23
NiO	0,12	0,13	0,25	0,16	0,20	0,17	0,17
ZnO	0,13	0,14	0,19	0,08	0,00	0,00	0,01
MgO	12,20	12,35	12,75	12,40	15,91	15,07	14,55
Сумма	100,14	100,36	100,70	100,18	99,44	100,13	99,58
n	5	3	3	3	1	1	1

Примечание. ц - центральная часть зерна, к - край зерна.
Звездочкой отмечены включения силикатов в хромите.

Химические составы микроагрегатов твердых растворов
рутения, осмия и иридия

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Cu	Ni	Fe	Сумма
1 313/1	0,00	12,74	20,12	33,69	0,98	0,05	0,24	3,10	70,92
2 "	0,00	11,89	18,23	32,43	0,95	0,00	0,25	5,36	69,11
3 "	0,16	5,21	30,62	48,17	0,36	0,05	2,70	0,56	87,83
4 "	0,09	12,37	23,43	47,79	0,93	0,00	0,28	1,92	86,81
5 "	0,02	10,44	25,18	47,22	0,98	0,11	0,31	0,99	85,25
6 "	0,00	12,64	20,62	46,22	0,77	0,12	0,51	1,95	82,83
7 "	0,00	8,02	23,85	47,90	1,17	0,57	0,35	1,48	83,34
8 "	0,00	11,07	22,53	47,24	0,55	0,01	0,36	2,88	84,64
9 "	0,00	12,60	21,92	49,32	0,96	0,08	0,25	1,79	86,92
10 "	0,00	10,99	20,98	43,91	0,52	0,09	0,36	2,82	79,67
11 "	0,00	2,84	25,69	45,70	1,02	0,09	1,28	1,16	77,78
12 "	0,87	7,86	25,94	47,88	0,45	0,13	0,85	2,33	86,31
13 "	0,00	11,90	23,55	47,79	1,10	0,04	0,18	2,24	86,80
14 "	0,00	11,81	22,90	46,82	1,29	0,00	0,19	2,20	85,21
15 "	0,00	14,93	20,22	45,91	0,93	0,01	0,38	2,15	84,53
16 "	0,00	13,88	18,96	41,49	0,91	0,15	0,37	3,57	79,33
17 "	0,00	6,10	29,11	50,41	0,68	0,04	0,72	1,21	88,27
18 "	0,00	16,89	23,78	45,43	1,25	0,05	0,23	0,59	88,22
19 "	0,03	12,09	27,78	44,93	0,98	0,01	0,56	0,86	87,24
20 "	0,02	9,12	19,06	35,93	1,08	0,05	3,54	4,33	73,13
21 "	0,00	9,67	17,69	32,96	1,35	0,07	0,68	6,48	68,90
22 "	0,00	10,02	18,61	37,33	0,77	0,12	0,32	3,43	70,60
23 "	0,00	9,96	30,41	45,67	0,92	0,03	0,44	1,59	89,02
24 "	0,00	14,88	23,53	44,38	1,47	0,03	0,66	1,94	86,89
25 "	0,25	13,29	20,94	39,95	0,94	0,04	0,14	2,53	78,08
26 "	0,00	14,42	22,57	50,58	1,34	0,01	0,35	1,13	90,40
27 "	0,14	10,18	17,19	42,73	1,23	0,03	0,19	3,74	75,43
28 "	0,00	12,58	19,89	37,15	1,31	0,00	0,16	2,90	73,99
29 "	0,00	11,63	20,18	47,66	0,78	0,07	0,27	2,51	83,10
30 "	0,09	9,43	22,30	49,16	0,90	0,03	0,28	2,88	85,07
31 "	0,00	9,11	25,56	50,39	0,89	0,06	0,33	2,00	88,34
32 "	0,00	14,68	21,14	48,08	1,67	0,06	0,18	1,10	86,93
33 "	0,00	16,05	23,99	38,19	0,49	0,13	0,32	5,39	84,56

Приложение 3

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Cu	Ni	Fe	Сумма
34 "	0,00	9,61	20,92	38,46	1,39	0,00	0,53	1,94	72,85
35 309	0,00	10,94	20,40	36,87	0,10	0,03	1,42	1,81	71,57
36 "	0,03	9,59	22,75	32,71	0,08	0,07	2,68	0,88	68,79
37 "	0,08	4,00	36,05	36,34	0,00	0,01	1,11	3,60	81,19
38 "	0,13	4,77	26,35	39,81	0,00	0,09	1,25	2,45	74,79
39 "	0,00	14,50	23,78	45,35	0,55	0,17	0,33	2,73	83,31
40 308	0,00	6,50	30,71	31,62	0,25	0,11	5,71	8,69	83,59
41 304	0,00	14,99	26,24	45,40	0,34	0,12	0,21	2,59	89,89
42 "	0,02	10,97	24,13	48,61	0,49	0,09	2,01	1,10	87,42
43 "	0,14	6,02	23,50	48,84	0,42	0,06	0,18	3,18	82,34

Примечание. Палладий не обнаружен.

Приложение 4

Химические составы микроагрегатов твердых растворов платиноидов, никеля и железа

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Cu	Ni	Fe	Сумма
1 313/1	14,75	30,68	0,18	0,00	0,32	0,61	33,31	15,06	94,91
2 309	0,13	3,48	17,62	29,10	0,12	0,03	25,62	9,40	85,50
3 "	0,16	7,64	15,70	26,91	0,14	0,08	27,95	11,21	85,50
4 984/1	0,00	4,20	16,96	31,59	0,69	0,05	0,10	25,69	79,28
5 311	0,15	11,62	19,38	39,62	0,70	0,05	1,15	15,07	87,74
6 314	0,24	8,59	16,47	35,43	0,45	0,05	2,45	14,96	78,64

Примечание. Палладий не обнаружен.

Приложение 5

Химические составы лаурита

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Fe	Cu	Ni	S	Сумма
1 313	0,02	7,52	20,24	35,10	1,12	0,15	0,11	0,07	34,48	98,81
2 "	0,01	6,40	20,14	35,61	0,93	0,15	0,03	0,01	34,14	97,41
3 "	0,00	8,22	20,26	33,67	0,90	0,15	0,09	0,04	33,93	97,27
4 "	0,28	5,90	21,90	34,61	0,50	0,12	0,05	0,12	33,68	97,16
5 "	0,00	13,93	19,08	30,08	0,88	0,71	0,32	0,23	32,03	97,25
6 "	0,00	6,76	21,01	34,61	0,43	0,07	0,00	0,07	34,21	97,16
7 "	0,00	6,71	21,17	34,35	1,07	0,13	0,01	0,12	34,56	98,11
8 "	0,00	11,53	18,71	32,13	1,02	0,16	0,05	0,04	33,38	97,01

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Fe	Cu	Ni	S	Сумма	
9	313	0,19	7,29	20,14	34,75	1,03	0,11	0,06	0,09	34,55	98,21
10	"	0,14	7,89	19,51	34,37	0,71	0,15	0,04	0,00	34,24	97,06
11	"	0,00	7,72	19,69	35,44	0,86	0,06	0,00	0,08	34,56	98,43
12	"	0,00	7,91	21,29	33,35	0,87	0,18	0,00	0,13	34,02	97,75
13	"	0,00	6,74	20,88	34,38	0,84	0,13	0,04	0,08	34,53	97,63
14	"	0,01	6,28	23,54	33,34	0,58	0,14	0,05	0,06	33,50	97,49
15	"	0,00	7,13	19,75	36,02	0,35	0,18	0,03	0,18	34,74	98,38
16	"	0,00	8,49	19,28	35,35	1,41	0,20	0,00	0,14	34,21	99,08
17	"	0,06	9,86	18,68	33,86	1,24	0,15	0,04	0,01	33,74	97,65
18	"	0,00	7,97	20,36	34,03	0,94	0,23	0,03	0,06	33,88	97,51
19	"	0,00	12,10	17,70	31,85	1,45	0,33	0,03	0,18	34,50	98,13
20	"	0,17	7,64	19,05	35,11	1,04	0,15	0,03	0,03	34,79	98,00
21	"	0,14	6,71	19,87	35,18	0,52	0,22	0,03	0,14	34,60	97,41
22	"	0,13	9,04	19,65	34,27	1,16	0,14	0,07	0,09	33,28	97,82
23	"	0,00	6,49	20,97	34,97	0,96	0,26	0,04	0,23	33,58	97,50
24	"	0,00	10,28	18,29	34,38	1,34	0,13	0,04	0,07	34,17	98,61
25	"	0,01	7,75	19,39	34,81	0,97	0,15	0,06	0,13	34,21	97,46
26	"	0,10	7,34	20,22	35,20	0,95	0,14	0,09	0,12	34,53	98,68
27	"	0,00	11,04	17,72	34,01	1,04	0,16	0,07	0,07	34,06	98,16
28	"	0,06	8,33	19,21	33,73	0,46	0,60	0,98	0,32	34,33	98,02
29	"	0,07	7,34	20,46	34,34	0,67	0,24	0,14	0,13	33,74	97,13
30	"	0,14	9,78	19,92	33,44	0,83	0,41	0,18	0,17	32,37	97,24
31	"	0,00	5,73	18,79	37,60	0,92	0,15	0,07	0,07	34,94	98,26
32	"	0,00	11,20	18,99	31,81	1,18	0,41	0,14	0,24	34,60	98,57
33	"	0,00	5,68	19,30	35,82	0,79	0,24	1,19	0,17	34,75	97,94
34	"	0,91	10,06	18,31	33,15	1,23	0,29	0,71	0,00	34,36	99,01
35	"	0,09	11,05	18,98	33,04	1,26	0,15	0,60	0,05	34,50	99,70
36	"	0,13	9,93	19,82	32,58	0,85	0,20	0,77	0,19	33,85	98,32
37	"	0,36	10,82	17,95	33,64	1,08	0,19	0,72	0,11	34,09	98,85
38	316	0,00	7,79	21,25	34,56	0,17	0,21	0,31	0,26	34,11	98,67
39	"	0,00	11,91	19,32	32,12	0,12	0,25	0,08	0,23	33,64	97,67
40	"	0,06	8,13	19,48	36,30	1,15	0,28	0,08	0,25	34,87	100,61
41	"	0,16	7,23	17,28	36,64	0,11	0,18	0,04	0,14	34,57	97,05
42	"	0,00	12,25	22,60	29,04	0,26	0,37	0,02	0,26	33,30	98,10
43	"	0,00	9,00	19,41	34,09	0,44	0,21	0,03	0,23	36,05	99,16
44	"	0,00	8,31	20,15	35,28	0,13	0,19	0,05	0,25	35,72	100,09

Приложение 5

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Fe	Cu	Ni	S	Сумма	
45	316	0,04	5,61	21,41	36,41	0,67	0,11	0,00	0,14	34,63	99,02
46	309	0,01	8,62	17,93	37,40	0,07	0,15	0,01	0,19	34,97	99,35
47	"	0,05	8,36	18,03	36,99	0,10	0,11	0,00	0,19	34,57	98,41
48	"	0,17	3,50	29,60	31,88	0,00	0,00	0,11	0,12	33,45	98,82
49	"	0,17	9,85	15,35	37,43	0,40	0,07	0,00	0,10	34,94	98,30
50	"	0,00	3,67	24,80	35,31	0,00	0,05	0,07	0,07	34,04	98,01
51	"	0,00	4,05	26,62	34,11	0,04	0,11	0,08	0,06	33,53	98,61
52	"	0,00	3,66	17,16	42,33	0,00	0,03	0,05	0,11	35,52	98,85
53	"	0,02	5,96	21,00	35,69	0,26	0,05	0,00	0,15	34,39	97,52
54	"	0,00	6,43	22,82	34,37	0,00	0,09	0,04	0,13	33,89	97,77
55	"	0,00	9,19	20,02	35,62	0,33	0,04	0,05	0,01	34,30	99,56
56	308	0,00	7,62	18,30	36,80	0,67	0,11	0,02	0,05	35,49	99,06
57	"	0,33	7,37	21,54	34,34	0,28	0,09	0,05	0,11	33,87	97,98
58	"	0,00	6,34	19,94	36,53	0,52	0,00	0,00	0,06	34,61	98,00
59	"	0,00	8,73	22,56	33,91	0,03	0,12	0,00	0,15	34,19	99,70
60	"	0,18	11,40	19,51	32,20	0,54	0,13	0,00	0,15	33,48	97,58
61	"	0,00	12,24	18,22	33,97	0,51	0,09	0,02	0,04	34,29	99,38
62	"	0,03	4,60	8,63	47,48	0,40	0,06	0,05	0,13	36,83	98,22
63	"	0,00	12,08	19,24	31,70	0,23	0,13	0,03	0,22	33,49	97,13
64	"	0,00	7,69	19,66	35,02	0,54	0,04	0,00	0,08	35,09	98,12
65	"	0,00	5,56	24,27	33,76	0,30	0,05	0,03	0,08	33,73	97,79
66	"	0,00	9,00	18,57	34,68	0,66	0,14	0,00	0,17	34,64	97,86
67	"	0,00	7,09	20,78	35,22	0,15	0,08	0,01	0,11	34,21	97,66
68	"	0,00	8,23	19,05	34,31	0,55	0,17	0,03	0,14	33,83	97,33
69	"	0,00	3,39	22,78	36,72	0,48	0,11	0,03	0,19	35,06	98,77
70	"	0,00	8,29	7,25	44,67	0,36	0,19	0,02	0,22	36,36	97,36
71	"	0,00	11,54	17,83	33,83	0,38	0,10	0,01	0,12	35,20	99,02
72	"	0,12	6,08	24,49	33,70	0,72	0,07	0,00	0,03	34,27	99,48
73	"	0,00	7,02	17,48	37,89	0,57	0,08	0,01	0,08	35,28	98,41
74	"	0,00	3,55	20,40	38,48	0,09	0,04	0,00	0,15	34,59	97,31
75	"	0,00	7,87	19,56	34,60	0,44	0,07	0,02	0,15	35,35	98,06
76	"	0,00	5,42	20,06	36,81	0,53	0,11	0,05	0,11	36,54	99,63
77	"	0,00	8,78	19,19	33,92	0,46	0,15	0,08	0,20	34,61	97,38
78	298	0,01	6,73	20,40	35,69	0,04	0,08	0,04	0,05	33,95	97,06
79	"	0,07	6,74	19,71	36,17	0,18	0,08	0,01	0,03	34,51	97,50
80	"	0,05	4,62	17,20	40,05	0,56	0,05	0,01	0,09	36,36	99,26

Приложение 5

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Fe	Cu	Ni	S	Сумма	
81	298	0,00	10,38	18,56	33,29	0,61	0,29	0,00	0,21	33,82	97,15
82	"	0,00	2,97	22,02	38,22	0,00	0,11	0,07	0,03	35,39	98,79
83	"	0,00	6,84	19,84	35,58	0,30	0,10	0,04	0,08	34,57	97,34
84	"	0,00	6,80	20,36	35,07	0,58	0,18	0,04	0,19	34,32	97,54
85	304	0,00	3,48	19,91	38,72	0,62	0,07	0,03	0,10	34,30	97,25
86	"	0,00	8,66	22,11	33,06	0,41	0,10	0,01	0,00	32,86	97,21
87	"	0,14	3,55	22,67	37,53	0,25	0,07	0,04	0,07	35,17	99,49
88	"	0,00	3,24	18,31	39,33	0,80	0,05	0,00	0,06	35,54	97,33
89	"	0,20	2,27	18,55	40,61	1,00	0,04	0,03	0,10	34,70	97,47
90	"	0,01	4,56	18,53	39,71	0,38	0,05	0,03	0,12	35,97	99,36
91	"	0,10	8,09	32,07	25,61	0,24	0,17	0,01	0,11	31,42	97,82
92	299	0,01	9,74	19,27	34,08	0,35	0,11	0,00	0,15	34,02	97,73
93	"	0,16	3,59	22,99	36,70	0,03	0,16	0,00	0,08	33,85	97,56
94	"	0,00	1,85	28,71	33,50	0,07	0,05	0,00	0,10	33,33	97,61
95	975	0,25	9,08	19,12	33,86	1,19	0,17	0,08	0,19	33,39	97,33

Примечание. Палладий не обнаружен.

Приложение 6

Химические составы микроагрегатов твердых растворов
и интерметаллидов платины, железа, никеля и меди

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Pd	Cu	Ni	Fe	Сумма	
1	308	78,30	0,00	0,00	0,09	0,26	7,20	1,19	0,95	9,42	97,41
2	"	77,02	0,00	0,00	0,00	0,26	3,53	1,50	3,12	11,81	97,24
3	"	59,75	0,00	0,00	0,01	0,13	0,81	2,40	1,84	17,51	82,45
4	"	69,27	0,00	0,00	0,02	0,23	0,68	1,74	1,67	19,62	93,23
5	"	69,56	0,00	0,00	0,01	0,29	0,74	1,85	1,76	19,66	93,87
6	"	67,17	0,00	0,00	0,05	0,27	0,54	2,36	1,75	18,82	90,96
7	"	48,88	0,00	0,00	0,07	0,11	11,35	4,48	7,78	14,12	86,79
8	"	55,93	0,00	0,00	0,00	0,17	5,12	2,09	6,97	13,69	83,97
9	"	65,12	0,00	0,00	0,03	0,23	1,10	8,68	2,35	16,09	93,60
10	"	68,19	0,00	0,00	0,02	0,27	1,02	2,16	2,15	20,26	94,07
11	"	60,21	0,00	0,00	0,00	0,32	4,02	7,32	2,70	17,20	91,77
12	"	61,75	0,00	0,00	0,07	0,13	3,45	3,92	2,40	16,99	88,71
13	"	58,24	0,00	0,00	0,00	0,18	5,57	9,43	3,27	15,34	92,03
14	"	64,97	0,00	0,13	0,04	0,19	3,48	2,74	1,99	19,65	93,19

Приложение 6

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Pd	Cu	Ni	Fe	Сумма
15 308	63,76	0,00	0,08	0,07	0,18	1,30	4,53	2,31	18,64	90,87
16 "	67,18	0,00	0,10	0,02	0,21	1,35	2,35	2,24	19,63	93,08
17 "	64,94	0,00	0,18	0,00	0,37	1,49	3,32	2,41	18,75	91,46
18 "	64,34	0,00	0,05	0,01	0,28	1,29	2,70	2,28	19,53	90,48
19 "	63,28	0,00	0,14	0,06	0,20	3,40	3,75	2,41	17,87	91,11
20 "	62,11	0,00	0,13	0,00	0,22	3,19	3,54	2,27	18,22	89,68
21 "	64,73	0,00	0,09	0,01	0,27	2,92	2,22	3,16	21,04	94,44
22 "	62,71	0,00	0,20	0,05	0,24	2,43	9,38	1,71	15,80	92,52
23 "	57,85	0,00	0,00	0,00	0,30	2,30	1,11	4,99	9,64	76,19
24 "	64,95	0,00	0,15	0,00	0,32	1,57	4,38	3,25	19,54	94,16
25 "	63,31	0,00	0,00	0,01	0,26	1,03	8,97	2,55	17,35	93,48
26 "	51,12	0,00	0,00	0,00	0,22	2,51	10,88	2,18	12,64	79,55
27 "	45,34	0,00	0,00	0,00	0,16	19,30	7,88	8,96	7,71	89,36
28 "	45,62	0,00	0,00	0,00	0,08	17,97	4,15	13,96	8,18	89,96
29 "	55,03	0,00	0,18	0,07	0,61	2,00	1,26	16,85	9,33	85,33
30 "	25,76	14,05	0,00	0,00	1,45	1,07	1,14	24,18	18,27	85,92
31 "	22,32	12,01	0,00	0,02	2,20	0,00	0,31	31,48	20,36	88,70
32 "	46,94	0,18	0,04	0,00	0,88	1,03	0,40	21,69	17,18	88,34
33 316	69,52	0,00	0,02	0,01	0,16	2,88	1,32	0,81	8,28	83,00
34 313	54,22	0,92	0,04	0,03	0,19	0,61	1,97	7,31	16,37	81,66
35 "	38,15	0,65	0,00	0,05	0,16	3,84	1,22	5,17	16,60	65,84
36 "	22,58	17,13	0,00	0,00	0,21	0,19	0,73	36,49	13,80	91,13
37 "	31,72	10,24	0,08	0,01	0,33	3,55	1,59	30,78	14,39	92,69
38 "	73,42	0,13	0,08	0,07	0,38	3,22	10,52	0,48	0,71	89,01
39 "	65,58	0,36	0,03	0,01	0,17	1,98	14,42	0,18	0,10	82,83
40 "	41,09	1,25	0,00	0,00	0,53	2,68	35,14	0,50	0,89	82,08
41 838	57,0	0,0	0,0	0,0	0,2	11,8	3,9	0,3	16,6	89,8
42 "	57,6	0,1	0,0	0,1	0,2	11,5	3,9	0,3	16,7	90,4

Химические составы ирарсита и сперрилита

Обр.	Pt	Ir	Os	Ru	Rh	Pd	Fe	Cu	Ni	S	As	Сумма	
И р а р с и т													
1	313/1	5,89	43,37	0,00	0,08	8,34	0,41	0,10	0,86	0,18	9,36	29,14	97,74
2	"	0,58	40,30	0,00	0,03	15,59	0,00	0,17	0,01	0,31	12,78	29,45	99,23
3	"	0,00	48,61	0,05	0,02	9,99	0,00	0,01	0,00	0,04	12,65	24,86	96,24
4	"	0,22	51,17	0,07	0,04	8,22	0,10	0,10	0,00	0,00	12,33	26,53	98,53
5	"	0,34	39,90	0,00	0,00	17,38	0,00	0,02	0,04	0,04	13,29	26,65	97,66
6	"	1,25	55,40	0,00	0,00	4,05	0,18	0,11	0,03	0,00	10,83	26,26	98,12
7	"	4,70	41,29	0,48	0,00	9,65	0,23	0,07	3,03	0,08	11,45	26,79	97,77
8	308	0,98	47,76	0,00	0,38	8,58	0,00	0,20	0,07	0,34	11,88	27,07	97,25
9	304	0,00	55,32	1,73	2,31	1,09	0,04	0,04	0,11	0,14	12,66	23,90	97,34
10	"	0,00	55,61	0,00	0,00	3,52	0,00	0,02	0,01	0,00	11,50	25,62	96,28
11	"	0,47	57,95	0,00	0,71	2,88	0,00	0,02	0,01	0,05	12,09	25,05	99,23
12	314	14,56	38,63	0,28	1,67	2,98	0,17	0,12	0,17	0,43	8,83	29,61	97,45
С п е р р и л и т													
13	П838/2	56,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	42,3	99,4
14	"	54,4	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	43,5	98,9
15	П975/10	53,56	0,20	0,47	0,15	0,2	0,86	0,43	0,43	0,15	0,20	43,75	100,45

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛЕРЦОЛИТОВЫХ МАССИВОВ	
Тектоническая позиция	5
Тамватнейский массив	7
Эльденырский массив	18
ВОПРОСЫ ПЕТРОЛОГИИ	
Особенности состава породообразующих минералов	25
Оливины	26
Хромовые шпинели	26
Пироксены	31
Геодинамические обстановки уравнивания перидотитов.	33
P-T условия минеральных равновесий	40
МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
ЛИТЕРАТУРА	55
Приложение 1. Реестр проб ультрамафитов и хромититов	60
Приложение 2. Химические составы породообразующих минералов	63
Приложение 3. Химические составы микроагрегатов твердых растворов рутения, осмия и иридия	86
Приложение 4. Химические составы микроагрегатов твердых растворов никеля и железа	87
Приложение 5. Химические составы лаурита	87
Приложение 6. Химические составы микроагрегатов твердых растворов и интерметаллидов платины, железа, никеля и меди	90
Приложение 7. Химические составы ирарсита и сперрилита	92

Г.Г.Дмитренко, А.Г.Мочалов, С.А.Паламджян
ПЕТРОЛОГИЯ И ПЛАТИНОНОСНОСТЬ ЛЕРЦОЛИТОВЫХ
МАССИВОВ КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ

Рецензенты

канд.геол.-минерал.наук Б.С.Андреев

канд.геол.-минерал.наук В.В.Акинин

Подписано к печати 5.06.1990г. АХ-00902. Формат 60x84/16.
Уч.-изд.л. 5.9. Усл.п.л. 5.5. Тираж 400 экз. Заказ 104.
Цена 90 к.

Отпечатано в офсетно-роталитном цехе СВЯНИИ ДВО АН СССР,
Магадан, Портовая, 16.

90K.

5299