

МАССИВ ГУБЫ БАЗАРНОЙ (ОЛЬХОНСКИЕ ВОРОТА)

Путеводитель экскурсии

Массив губы Базарной (Ольхонские ворота): Путеводитель экскурсии.
Иркутск: Издательство «Оттиск», 2019, 36 с.

Авторы: Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б.

В путеводителе приведены геолого-геохимические сведения
о строении и составе массива реститовых гипербазитов
губы Базарной (Ольхонские ворота)

Проведение конференции и издание материалов осуществляются при поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (РФФИ) (проект № 19-05-20050)



Вид на скальные выходы губы Базарная

Среди многочисленных выходов ультрабазитовых тел Ольхонского террейна, в береговых скальных выходах губы Базарная наблюдается серия блоков, которые являются самыми крупными, стопроцентно обнаженными и могут служить эталонным объектом для решения многих спорных вопросов их генезиса.

Эти тела отвечают по составу реститовым гипербазитам. Понятие «реститовые гипербазиты» пришло на смену термина «альпинотипные гипербазиты» после того, как было доказано, что они являются тугоплавкими остатками от плавления вещества верхней мантии, появление которых на поверхности Земли произошло в твердом виде в результате многоэтапных тектонических процессов.

Реститовые гипербазиты в Ольхонском террейне сконцентрированы вдоль простирания главных тектонических структур, где на современном эрозионном срезе наблюдаются выходы мантийных и нижнекоровых пород, в истории которых зафиксированы ключевые стадии эволюции ранних каледонид Центрально-Азиатского складчатого пояса (рис. 1).

Ольхонский террейн является одним из многочисленных террейнов, причлененных к Сибирской континентальной плите в процессе раннепалеозойской коллизии. Детально изучена его западная часть, хорошо обнаженная на острове Ольхон и на побережье Байкала вдоль подножий Приморского и Байкальского хребтов (Gladkochub, Donskaya, 2017).

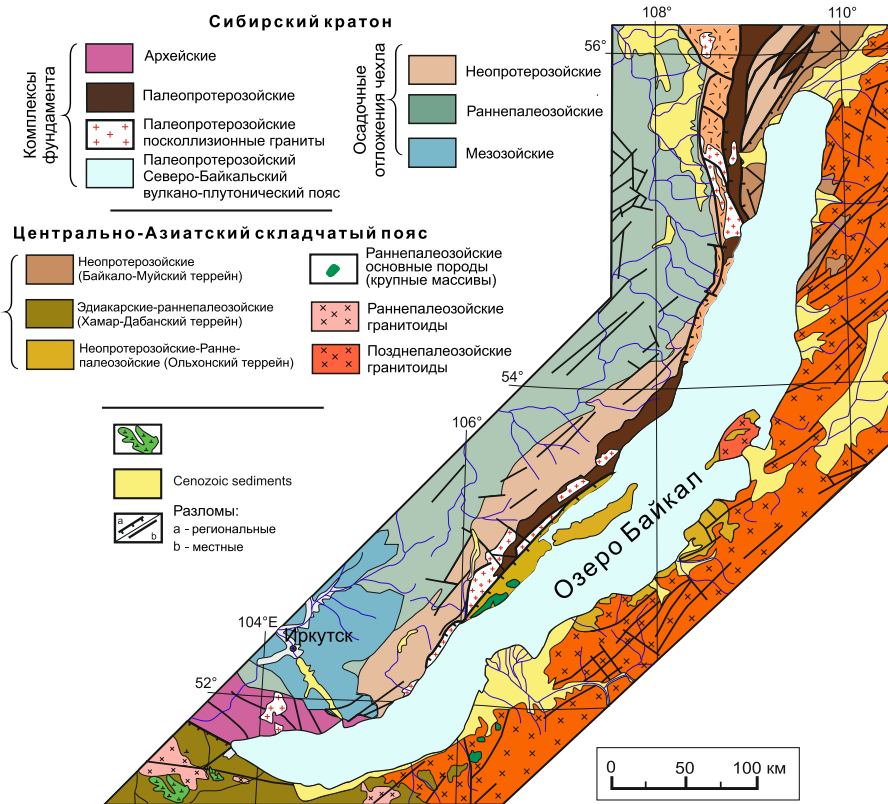


Рис. 1. Геологическое строение Байкальского региона по (Gladkochub, Donskaya, 2009).

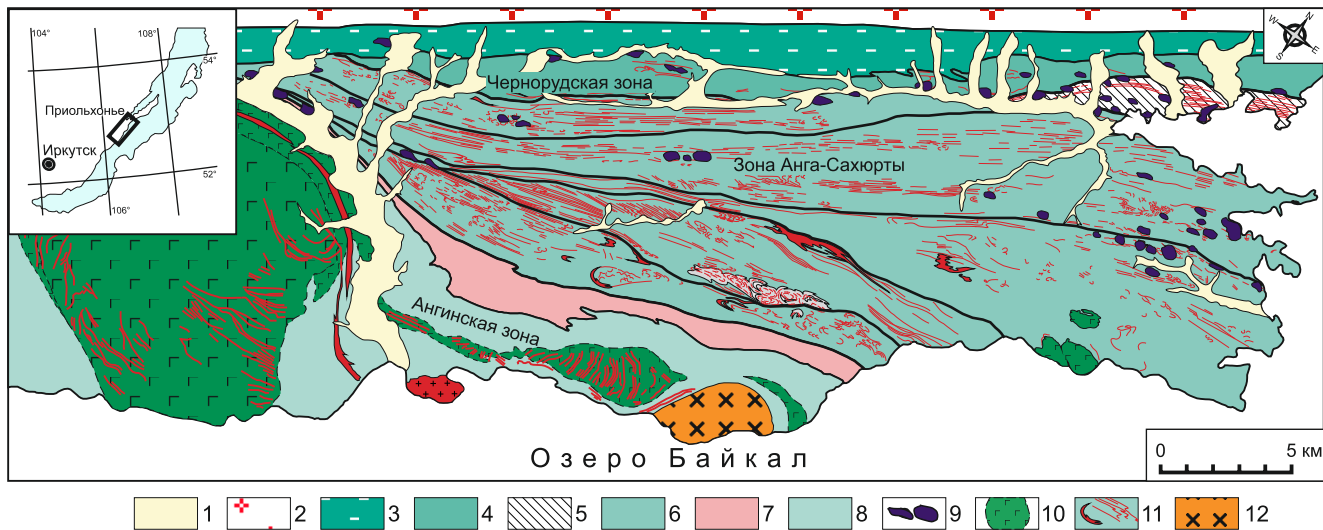


Рис. 2. Положение реститовых гипербазитов в структурах Приольхонья (Западное Прибайкалье).

Составлено на основе геологической карты В.С. Федоровского (2004).

1 - четвертичные отложения; 2 - раннепротерозойские структурно-вещественные комплексы Сибирского кратона; 3 - бластомилониты «коллизийного шва»; 4-8 - раннепалеозойские структурно-вещественные комплексы Ольхонского региона: 4 - метаморфические породы Чернорудской зоны (гранулитовая фация), 5 - метаморфические породы зоны Шида (амфиболитовая фация), 6 - метаморфические породы зоны Анга-Сахиурты (амфиболитовая фация), 7 - метаморфические породы комплекса Орсо (эпидот-амфиболитовая фация), 8 - метаморфические

породы Ангинской зоны (эпидот-амфиболитовая фация); 9-12 - интрузивные комплексы: 9 - тела и скопления будин реститовых гипербазитов шидинского комплекса (V-Є1); 10 - габброиды бирхинского комплекса (Є1); 11 - тела и жилы гранитоидов шаранурского и аинского комплексов, нерасчлененные (Є3-О1), 12 - Тажеранский массив щелочных пород (Є3-О1).

Здесь преобладают метаморфические породы. Они образуют покровные, купольные и сдвиговые структурные ансамбли, формирование которых связано с эпизодами коллизии в раннем палеозое: сначала - столкновение типа «дуга-террейн», затем - коллизия типа «террейн-континент» (Владимиров и др., 2011).

Гипербазитовые тела (рис. 2) залегают конформно по отношению к вмещающим толщам и имеют линзообразную или округлую форму. Цепочечное расположение, морфология и степень деформированности гипербазитовых тел обусловлены дислоцированностью вмещающих метаморфических пород. Всего насчитывается около 150 гипербазитовых тел (Павленко, 1983), находящихся в тектонизированном матриксе из мраморов, амфиболитов, мигматизированных гранат-биотитовых гнейсов и бластомилонитов по ним. Тела имеют небольшие размеры (метры и десятки метров), лишь единичные массивы достигают 300-500 м в поперечнике. Характер их взаимоотношений с вмещающими метаморфическими породами и синметаморфическими гранитами четко устанавливается в береговых обнажениях.

a



б



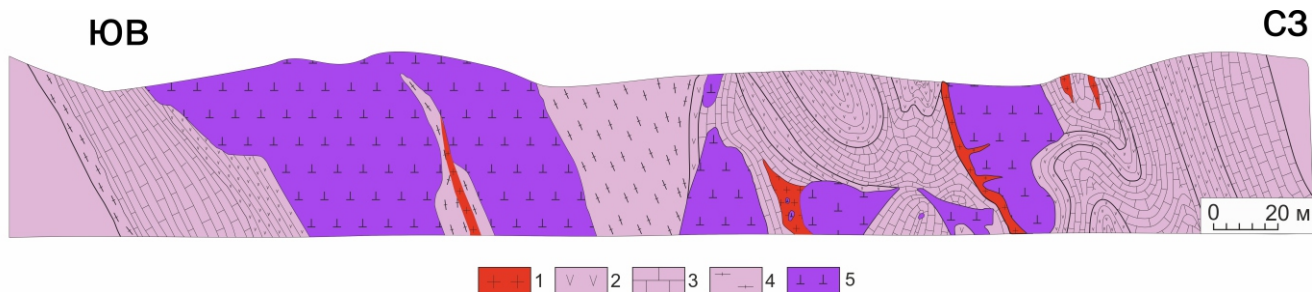


Рис. 3. Выходы гипербазитов губы Базарной.

а - общий вид береговых обнажений, б - юго-восточная часть разреза,
в - геологическая карта береговых обнажений.
1 – граниты, 2 – амфиболиты, 3 – мраморы, 4 – гнейсы, 5 – гипербазиты.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МАССИВА ГУБЫ БАЗАРНАЯ

В береговом обнажении на протяжении 400 метров выходят пять гипербазитовых тел. Наиболее крупное из них имеет размер 150×50 м, на северо-западе от него располагается цепочка более мелких будин, размером от первых метров до десятков (рис. 3). Форма мелких тел чаще остроугольная, реже округлая. Контакты с вмещающими амфиболитами, гранат-биотитовыми и биотитовые гнейсами - резкие (рис. 4). Доломитовые и кальцит-доломитовые мраморы, в силу большей пластичности облекают гипербазитовые будины. Вмещающие породы и тела гипербазитов секут гранитные жилы, в утолщениях которых присутствуют ксенолиты гипербазитов (рис. 5). В самом крупном теле присутствует линзообразный ксенолит гнейсов, размером 5×30 м (см. рис. 3в).

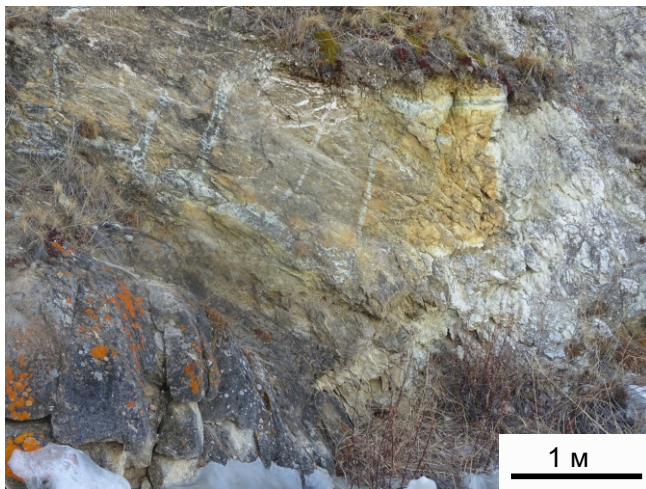


Рис. 4. Взаимоотношения дунит - мрамор.

В обнажении наблюдаются контакт дунитового блока (слева) и мраморов, без реакционных взаимоотношений.

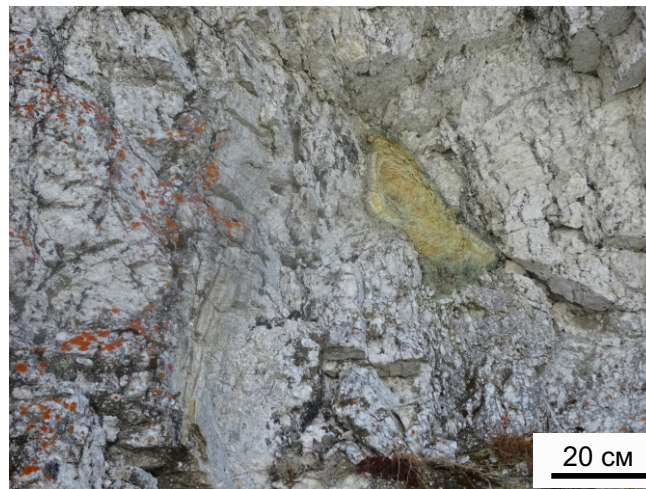


Рис. 5. Ксенолит гарцбурггита в пегматоидном биотитовом плагиограните.

На контакте развита 3-5 см серпентин-актинолит-магнетит-хлоритовая оторочка. Центральная часть гарцбурггита слабо изменена. Ксенолит разбит прожилками, выполненными агрегатом магнетита.

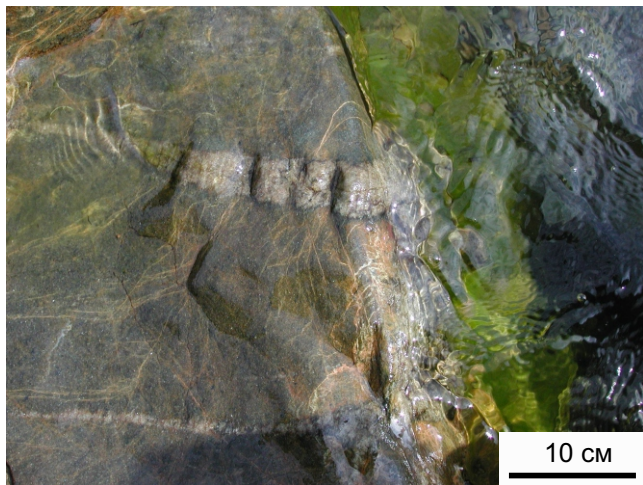


Рис. 6. Жила энстатитита в дуните.

Согласно нашей модели в результате амфиболитового метаморфизма произошло преобразование серпентинита в дунит, а тальковых прожилков в энстатитит.

В дунитах иногда встречаются прожилки, сложенные агрегатами энстатита (рис. 6). Их образование, по-видимому, связано с метаморфизмом тальковых прожилков в аполеридотитовых серпентинитах.

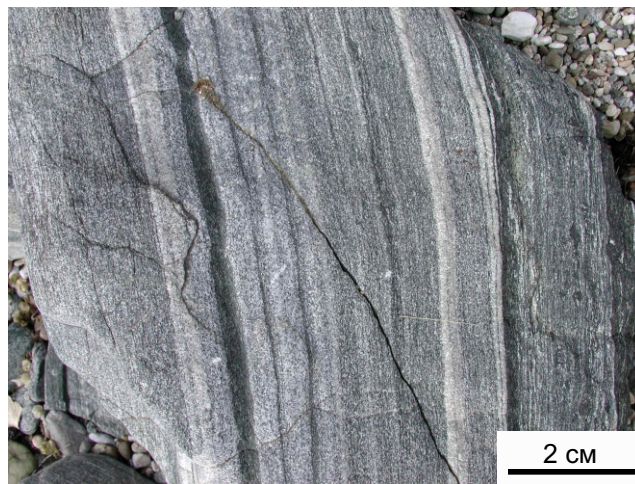


Рис. 7. Амфиболит полосчатый.

Апобазальтовый амфиболит на контакте с дунитом с четко выраженной полосчатой текстурой. Полосчатость обусловлена чередованием меланократовых (роговообманковых) и лейкократовых (плагноклазовых) слоев



Рис. 8. Флогопит-плагиоклазовые жилы в гипербазитах.

Тонкие апофизы сложены вокруг жил сложены магнезитом.

Внутренне строение тел гипербазитов однородное. Породы слабо серпентинизированы и обладают «свежим» обликом. В центральных частях иногда присутствуют зоны милонитизации выполненные агрегатами тремолита и оливина, в которых оливины деформированы. Кроме того, внутри гипербазитовых тел запечатаны «слепые» жилы флогопит-плагиоклазового состава (рис. 8). Их характерной особенностью является наличие на контакте с дунитами серпентин-хлорит-магнезитовых оторочек.

Метаморфизм вблизи тел гипербазитов отвечает уровню амфиболитовой фации (650-700 ° и P 4-5 кбар) (Мехоношин и др., 2013) и, в отличие от гипербазитов полуострова Шида, здесь не наблюдается парагенезисов гранулитовой фации метаморфизма.

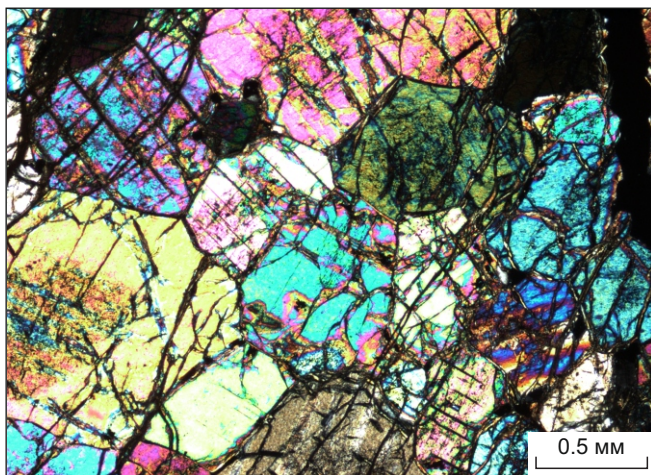


Рис. 9. Дунит.

Структура гомеобластовая, микроструктура гранобластовая

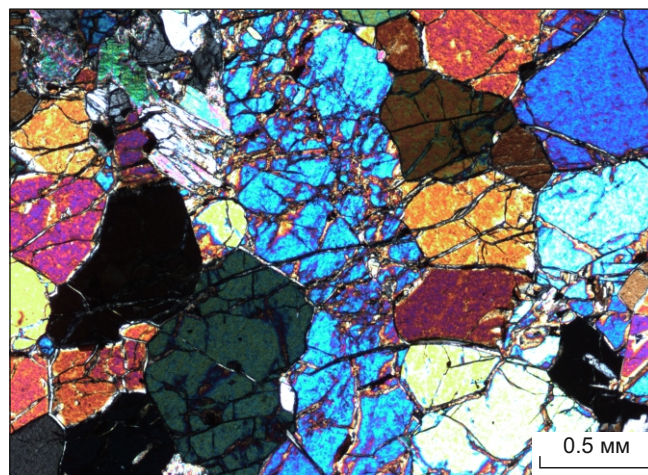


Рис. 10. Дунит

Структура гетеробластовая, микроструктура гранобластовая

ПЕТРОГРАФИЯ ПОРОД

Изученные тела однотипны по петрографическим характеристикам и составу породообразующих и аксессуарных минералов. Они сложены дунитами и гарцбургитами, переходы между которыми постепенные. В дунитах иногда присутствуют шпировидные скопления хромшпинелидов. Ещё раз подчеркнём, что породы слабо серпентинизированы, что в целом не характерно для реститовых гипербазитов (Штейберг, Чашухин, 1977).

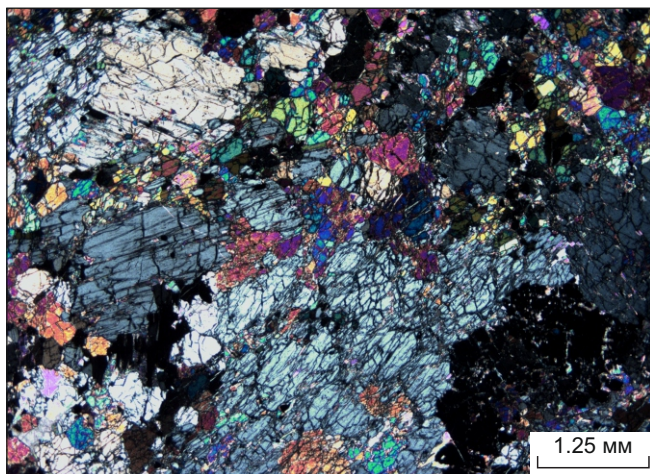


Рис. 11. Гарцбургит
Пойкилобластовая микроструктура, включения оливина в энстатите

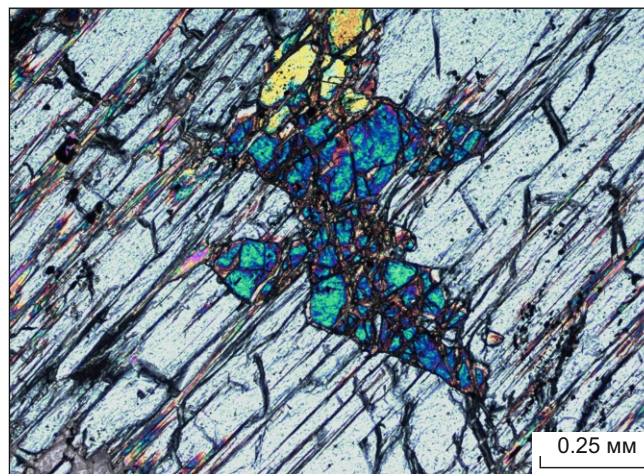


Рис. 12. Взаимоотношения ортопироксена и оливина в гарцбургите (фрагмент рис. 11)

Типичные для такого рода пород протогранулярные и мезогранулярные структуры (Nikolas, Poirier, 1976) отсутствуют. Для дунитов в основном характерны гомеобластовые, гетеробластовые гранобластовые структуры (рис. 9-10). Для гарцбургитов - порфиробластовые, гранобластовые и пойкилобластовые структуры (рис. 11-12). В них кристаллы оливина более мелкие и часто присутствуют в виде хадакристов в ортопироксене (см. рис. 11).

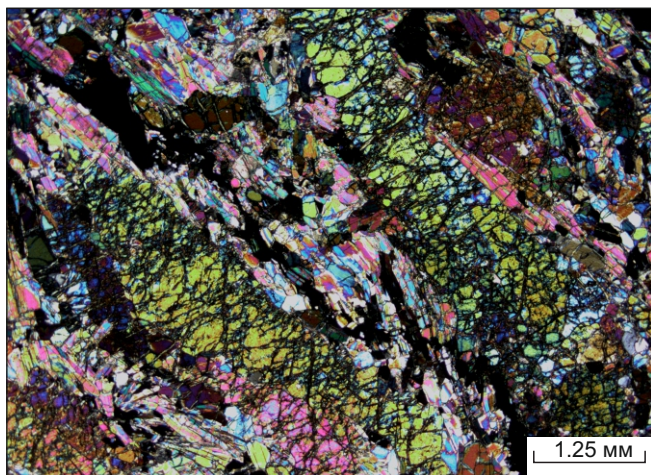


Рис. 12. Вытянутые кристаллы оливина в тремолитовом агрегате.

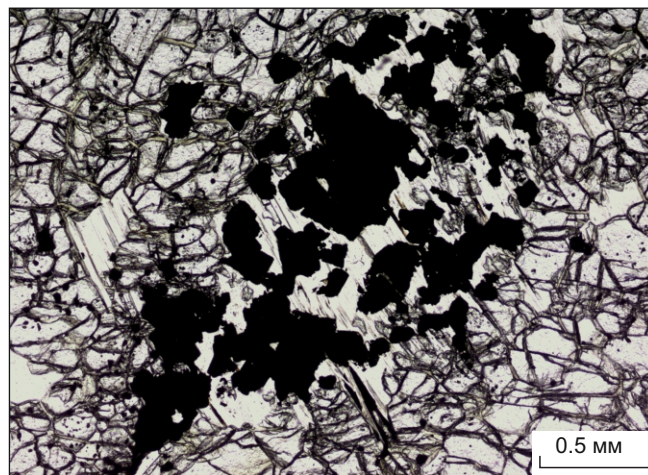


Рис. 13. Агрегаты хромшпинелида и хлорита в дуните.

В зонах милонитизации оливины приобретают вытянутую лейстовидную форму (рис. 12), с образованием своеобразной порфиробластовой структуры с нематобластовой основной массой, сложенной тремолитом. Размер вытянутых кристаллов оливина достигает 5-8 мм в длину.

Хромшпинелиды образуют линзовидные скопления, размером от 1-2 см до 10-15 см в длину, иногда такие линзы сложены хромшпинелидом и хлоритом (рис. 13). Состав хромшпинелидов в ассоциации с хлоритом имеет свои особенности (см. ниже).

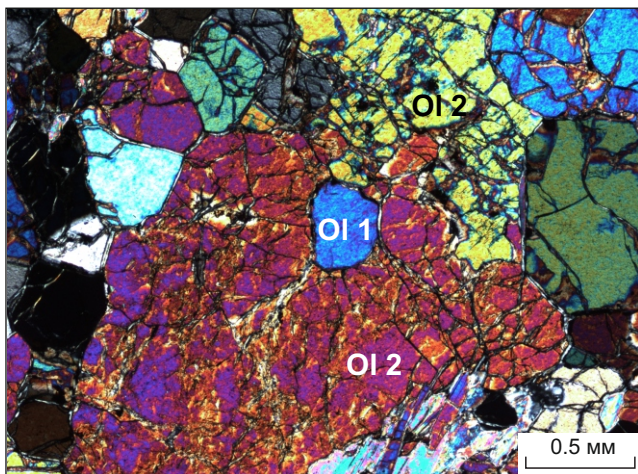
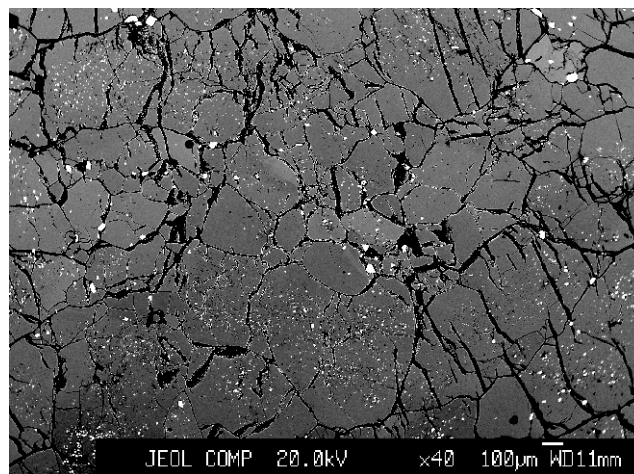


Рис. 14. Две генерации оливина.



**Рис. 15. Оливины с включениями магнетита.
Фото СЭМ.**

В породах различаются «реликтовые» оливины и три типа новообразованных оливинов. Реликтовые – мелкие изометричные кристаллы (размером 0,1-0,2 мм в диаметре), расположенные внутри крупных порфиробластов (1-2 см в диаметре) новообразованных оливинов первого типа (рис. 14).

Внутри реликтовых оливинов часто присутствуют мелкие округлые кристаллы хромшпинелидов. Порфиробластовые оливины лишены каких-либо включений. Ново-

образованные оливины второго типа довольно густо насыщены включениями магнетита (рис. 15).

К третьему типу относятся лейстовидные оливины в амфиболизированных гарцбургитах зон милонитизации (см. рис. 12).

СОСТАВ МИНЕРАЛОВ

Наблюдаемое в шлифах присутствие нескольких генераций оливина подтверждается и микронзондовыми исследованиями. Помимо типичных для реститовых гипербазитов реликтовых оливинов с 8-9 % фаялитового минала (Велинский, Банников, 1986), новообразованные оливины первого типа характеризуются большим (Fa_{12}), а второго типа меньшим (Fa_{6-7}) содержанием фаялитового компонента. Лейстовидные оливины из амфиболизированных перидотитов содержат в составе 9-10 % фаялитового минала. Какая-либо зональность зерен оливина не обнаружена.

Содержания NiO в оливинах изменяются в довольно узком диапазоне от 0,3 до 0,5 мас. % (рис. 16), что сопоставимо с таковыми реститовых гипербазитов. При этом в новообразованных оливинах первого типа содержания NiO выше, чем в оливинах второго типа, а наиболее низкими значениями (0,2 мас.%) характеризуются лейстовидные оливины из амфиболизированных гарцбургитов в зонах милонитизации (см. рис. 16).

Содержания MnO в оливинах умеренные (0,1-0,2 мас. %), характерной особенностью является полное отсутствие корреляции MnO с содержаниями NiO (см. рис. 16).

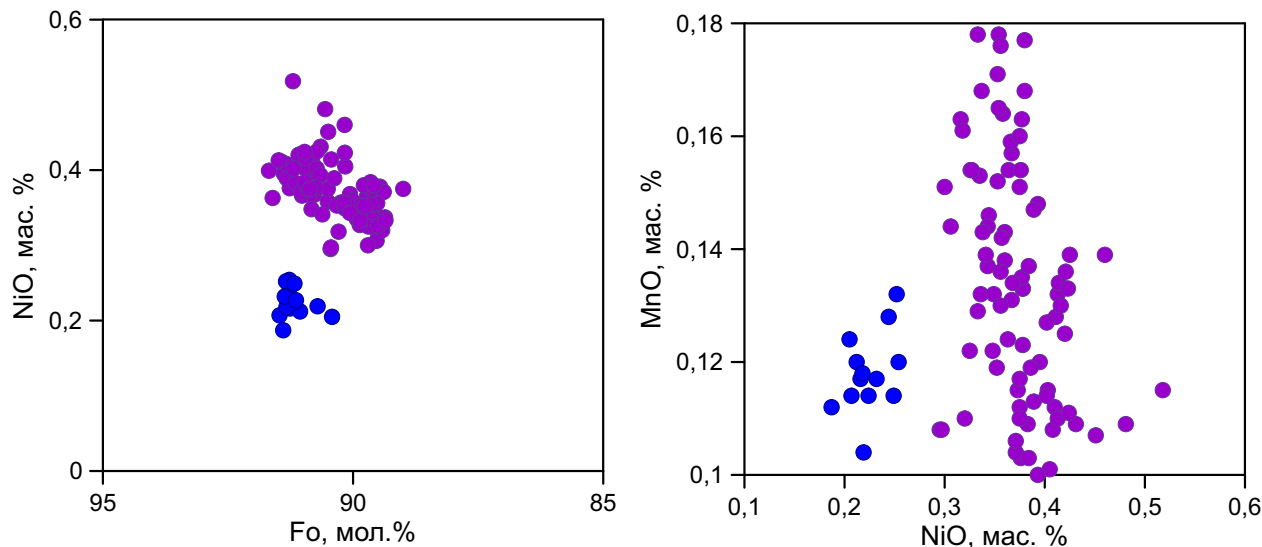


Рис. 16. Химический состав оливинов пород массива Базарной губы.

Синим цветом показаны оливины из амфиболизированных гарцбургитов.

Состав ортопироксена отвечает энстатиту ($f=7-12\%$). Ортопироксены массива Базарная Губа характеризуются более низкими содержаниями Al_2O_3 (0,1-0,3 мас. %) и Cr_2O_3 (мас. %) по сравнению с другими реститовыми массивами Приольхонья (Мехоношин и др., 2013).

Состав хромшпинелидов характеризуется значительными вариациями и изменяется от собственно хромшпинели до хромита (рис. 17). Мелкие округлые кристаллы в реликтовых оливинах характеризуются умеренными содержаниями Cr_2O_3 (42-47 мас. %), Al_2O_3 (19-20 мас. %) и повышенным и MgO (8-14 мас. %). Их состав соответствует хромшпинелидам из известных реститовых массивов, таких как Баженовский, Кемпирсайский, Оспинский (по нашим данным).

Идиоморфным кристаллам, расположенным в интерстициях оливина присущи более высокие содержания Cr_2O_3 (58 мас. %), в них меньше - Al_2O_3 (7 мас. %) и MgO (4-5 мас. %).

Хромшпинелиды из шпировидных скоплений в ассоциации с хлоритом обладают более высокой хромистостью, по сравнению с хромшпинелидами из мономинеральных агрегатов, и по составу отвечают хромитам и алюмохромитам, соответственно.

Одной из особенностей состава хромшпинелидов рассматриваемого массива является отсутствие типичных магнетитовых и хроммагнетитовых оторочек вокруг хромитов. Зональность зерен выражена в увеличении содержаний Cr_2O_3 от центра к краю, и, соответственно, уменьшении - Al_2O_3 .

На треугольной диаграмме Al-Cr-Fe^{3+} составы хромшпинелидов в целом попадают в поле «альпинотипных» и абиссальных перидотитов. Величина $\text{Cr}/\text{Cr}+\text{Mg}$ ($\text{Cr}\#$) изменяется в довольно широком диапазоне от 0,1 до 0,9. По соотношению хромистости и магнезиальности (см. рис. 17) составы большей частью хромшпинелидов попадают в поле перидотитов преддуговых бассейнов.

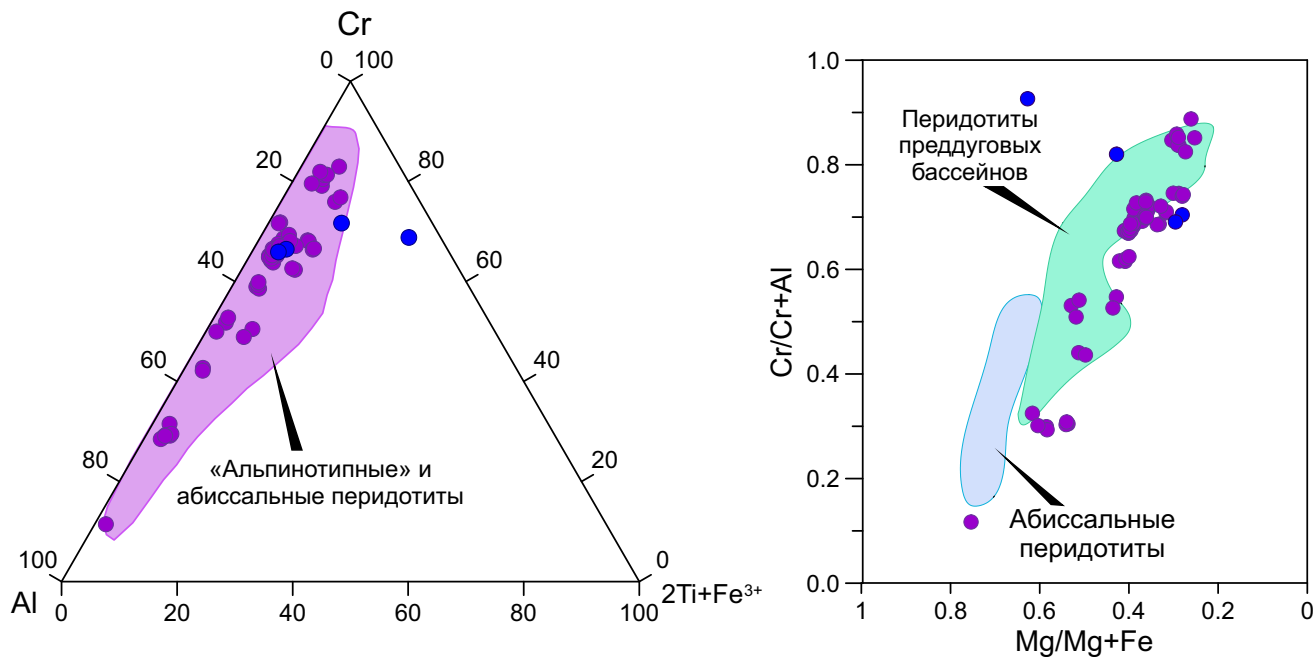


Рис. 17. Химический состав хромшпинелидов массива губы Базарной.

Синим цветом показаны хромшпинелиды из амфиболизированных гарцбургитов. Поля состава "альпинотипных" и абиссальных перидотитов на тройной диаграмме по (Barnes, Roder, 2001), поля абиссальных перидотитов на бинарной диаграмме по (Dick, Bullen, 1984); преддуговых перидотитов по (Parkinson, Pearce, 1998).

ГЕОХИМИЯ ГИПЕРБАЗИТОВ

В массиве ранее была отобрана крупнообъемная проба, из которой был изготовлен стандартный образец СДУ-1 (Стандартный образец..., 2007). Химический состав гипербазитов массива приведен в таблице. Для пород характерны высокие содержания MgO (40-47 мас. %), средние FeO_{общ.} (7-10 мас. %) (в пересчете на «безводный» остаток). Суммарное количество летучих компонентов не превышает 6 мас. %. Содержание CaO и Al₂O₃ обычно низкое (0,1-0,6 и 0,3-0,5 мас. %, соответственно), более высокие содержания CaO (до 2 мас. %) наблюдаются в амфиболизированных гарцбургитах, а Al₂O₃ (1-1,4 мас. %) в породах, содержащих шлировидные скопления хромшпинелидов. Так же в целом для пород массива характерны очень низкие содержания Ti (20-50 г/т) и щелочей - K (70-150 г/т), Na₂O (0.03 мас. %).

Уровень содержаний Al₂O₃ сопоставимы с таковыми абиссальных перидотитов и серпентинитов преддуговых бассейнов (Azer, Srem, 2007). Содержания Ti и Ca рассматриваемых пород ниже такового деплетированной мантии (рис. 18), что типично для реститовых перидотитов и серпентинитов офиолитовых комплексов.

Суммарное содержание редкоземельных элементов составляет 0,2-0,6 г/т, дуниты наиболее обеднены этими элементами. Графики распределения редкоземельных элементов имеют корытообразную форму с хондритовыми отношениями < 1 (рис. 19).

По геохимическим характеристикам: низкое содержание Ti, низкое содержание Yb (~0.02 г/т), высокая величина Cr# хромшпинелидов, рассматриваемые породы можно отнести к перидотитам мантийного клина (Deschamps et al., 2013).

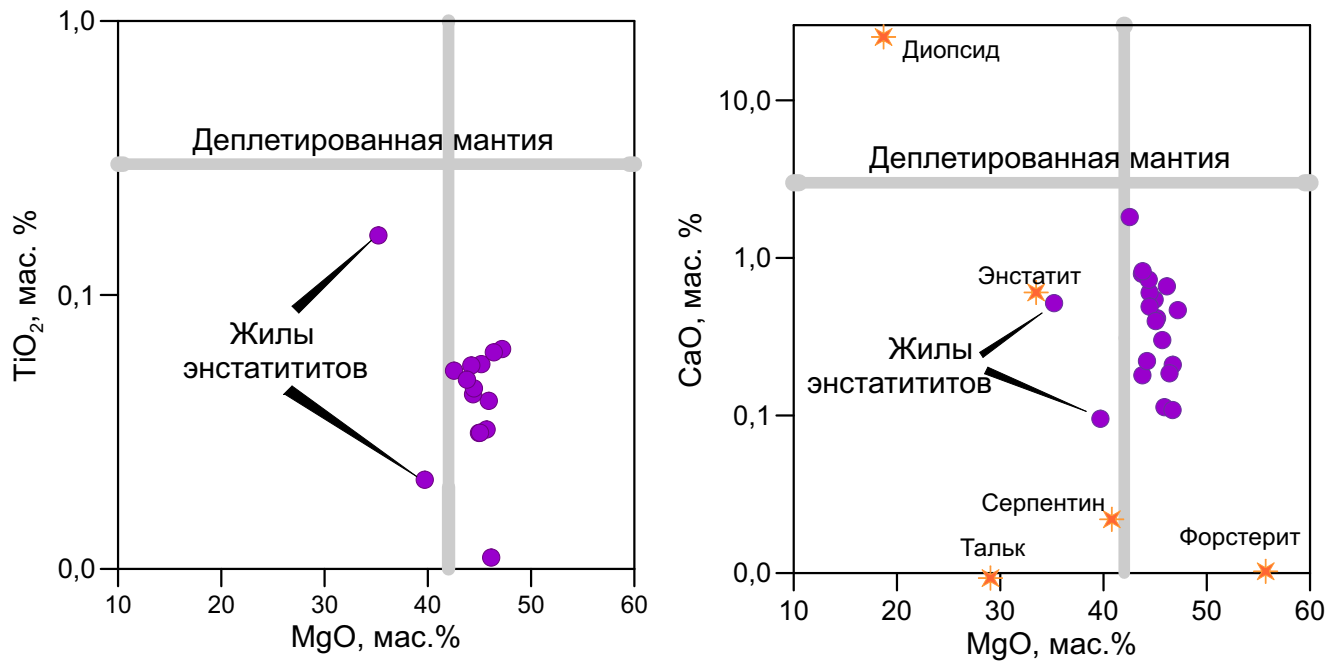


Рис. 18. Диаграммы $\text{TiO}_2\text{-MgO}$ и CaO-MgO для пород массива губы Базарной. Состав деплетированной мантии по (Salters, Stracke, 2004). Вертикальная серая линия отвечает составу абиссальных перidotитов по (Niu, 2004).

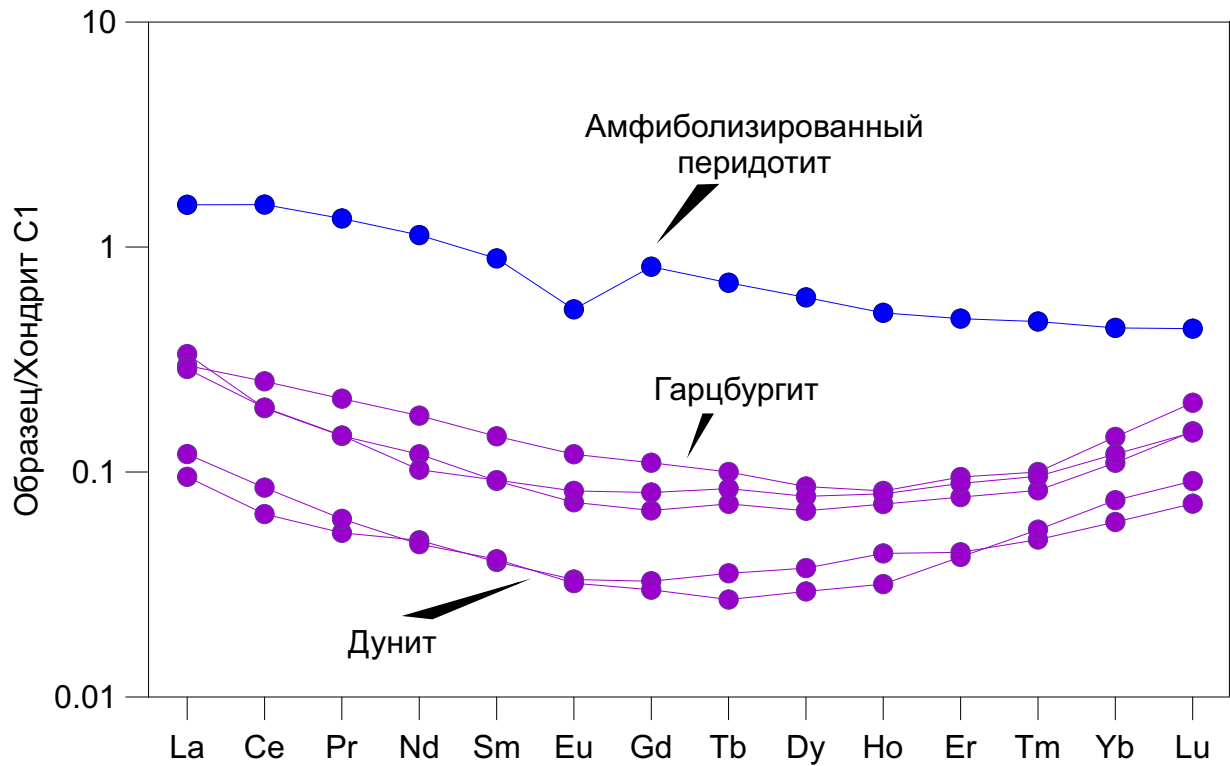


Рис. 19. Распределение редкоземельных элементов в породах массива.

Таблица. Состав пород массива Базарная губа

| | 05-76A | 05-76 | 05-70 | 83-1030 | 83-1027 | 83-1024 | 83-1012 | 83-1011 |
|--------------------------------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO ₂ , мас. % | 48,60 | 42,87 | 38,00 | 41,69 | 38,31 | 43,81 | 38,94 | 39,18 |
| Al ₂ O ₃ | 0,24 | 0,26 | 0,58 | 0,36 | 0,98 | 0,49 | 1,35 | 0,98 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,37 | 3,76 | 4,21 | 3,45 | 2,9 | 1,7 | 3,43 | 2,72 |
| FeO | 3,74 | 3,95 | 4,19 | 5,84 | 5,78 | 5,61 | 6,69 | 7,64 |
| CaO | 0,09 | 0,18 | 0,19 | 0,11 | 0,44 | 1,72 | 0,38 | 0,18 |
| MgO | 37,54 | 41,39 | 42,3 | 44,72 | 44,58 | 40,22 | 43,08 | 45,1 |
| MnO | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,17 | 0,11 | 0,14 | 0,15 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,11 | 0,05 | 0,03 |
| CO ₂ | 1,06 | 1,71 | 3,17 | 0,34 | 1,45 | 0,81 | 0,4 | 0,16 |
| H ₂ O [±] | 3,18 | 4,53 | 5,45 | 1,87 | 3,52 | 3,25 | 3,19 | 2,42 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,53 | 0,49 | 0,63 | 0,75 | 0,87 | 0,35 | 1,19 | 0,88 |
| NiO | 0,24 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,35 | 0,28 | 0,31 | 0,28 |
| Сумма | 98,74 | 99,57 | 99,16 | 99,57 | 99,37 | 98,46 | 99,15 | 99,72 |
| K, г/т | 146 | 137 | 114 | 180 | 65 | 814 | 68 | 57 |
| Ti | 44 | 33 | 20 | 31 | 128 | 162 | 101 | 85 |

Продолжение таблицы

| | 05-76A | 05-76 | 05-70 | 83-1030 | 83-1027 | 83-1024 | 83-1012 | 83-1011 |
|----|--------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Li | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| Rb | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 3 | 0,1 | 0,1 |
| V | 36 | 20 | 37 | 38 | 35 | 30 | 52 | 38 |
| Sc | 6 | 5 | 4 | 5 | 7 | 6 | 7 | 6 |
| Co | 92 | 107 | 125 | 132 | 140 | 101 | 137 | 137 |
| Cu | 23 | 7 | 9 | 7 | 29 | 16 | 41 | 39 |
| Zn | 42 | 41 | 45 | 45 | 46 | 35 | 44 | 50 |
| Sr | 5 | 4 | 5 | 1 | 5 | 14 | 5 | 2 |
| Y | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 1 | 0,2 | 0,1 |
| Zr | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 0,6 | 2 | 0,6 | 0,7 |
| Sb | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Ba | 6 | 4 | 3 | 6 | 1 | 4 | 2 | 2 |
| Th | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| U | 0,3 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 |

Окончание таблицы

| | 05-76А | 05-76 | 05-70 | 83-1030 | 83-1027 | 83-1024 | 83-1012 | 83-1011 |
|----|--------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| La | 0,043 | 0,042 | 0,030 | 0,044 | 0,092 | 0,478 | 0,044 | 0,104 |
| Ce | 0,077 | 0,081 | 0,053 | 0,100 | 0,205 | 1,248 | 0,098 | 0,155 |
| Pr | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0,012 | 0,026 | 0,163 | 0,015 | 0,018 |
| Nd | 0,034 | 0,034 | 0,030 | 0,045 | 0,107 | 0,678 | 0,071 | 0,072 |
| Sm | 0,007 | 0,007 | 0,008 | 0,011 | 0,028 | 0,174 | 0,021 | 0,018 |
| Eu | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,010 | 0,039 | 0,010 | 0,005 |
| Gd | 0,009 | 0,010 | 0,011 | 0,015 | 0,030 | 0,188 | 0,026 | 0,019 |
| Tb | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,033 | 0,004 | 0,003 |
| Dy | 0,010 | 0,014 | 0,012 | 0,024 | 0,028 | 0,192 | 0,028 | 0,022 |
| Ho | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,006 | 0,037 | 0,007 | 0,005 |
| Er | 0,008 | 0,011 | 0,009 | 0,016 | 0,020 | 0,101 | 0,024 | 0,016 |
| Tm | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,015 | 0,004 | 0,003 |
| Yb | 0,018 | 0,014 | 0,016 | 0,024 | 0,030 | 0,091 | 0,036 | 0,023 |
| Lu | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,007 | 0,014 | 0,007 | 0,005 |

Примечание. Состав пород определен в ЦКП “Изотопно-геохимических исследований” ИГХ СО РАН

ГЕНЕЗИС ГИПЕРБАЗИТОВ

Минеральный и геохимический состав гипербазитов и тесно ассоциирующих с ними ортоамфиболитов (рис. 7), позволяют утверждать, что они относятся к наиболее древним образованиям океанической природы в составе Ольхонского террейна.

Отсутствие характерных структур и свежий облик гипербазитов, вероятнее всего, обусловлены процессами дегидратации серпентинитов в результате высокоградного метаморфизма, с образованием «апосерпентинитовых» дунитов и гарцбургитов. В пользу этого предположения также свидетельствует присутствие новообразованного за счет серпентина оливина, более магнезиального, чем характерно для реститовых гипербазитов, насыщенного магнетитовыми включениями.

Реститовые гипербазитовые тела и будины, участвующие в строении Ольхонского метаморфического террейна, представляют собой реликты офиолитового комплекса, отражающего состав океанической коры, существовавшей между Сибирским палеоконтинентом и Ольхонской окраинноморско-островодужной системой неопротерозойского возраста (625-530 млн лет). Тектоническое экспонирование альпинотипных гипербазитов произошло до стадии орогенического коллапса Ольхонской аккреционно-коллизонной системы раннекаледонского возраста (470-460 млн лет). Очевидно оно было осуществлено до начала осадконакопления пород, послуживших протолитом для образований Ольхонского террейна.

Изученные массивы реститовых гипербазитов являются уникальными объектами и заслуживают отнесения к геологическим памятникам Байкала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Велинский В.В., Банников О.Л. Оливины альпинотипных гипербазитов. - Новосибирск: Наука, 1986, 102 с.

Владимиров А.Г., Мехоношин А.С., Волкова Н.И., Хромых С.В., Травин А.В., Юдин Д.С. Метаморфизм и магматизм Чернорудской зоны Ольхонского региона, Западное Прибайкалье // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 4. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2006, т. 1, с. 57-61.

Владимиров А.Г., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., А.В., Владимиров В.Г., Хромых С.В., Юдин Д.С., Колотилина Т.Б. Геодинамическая модель ранних каледонид Ольхонского региона (Западное Прибайкалье) // Докл. РАН, 2011, т. 435, № 6, с. 1-7.

Волкова Н.И., Травин А.В., Юдин Д.С., Хромых С.В., Мехоношин А.С., Владимиров А.Г. Первые результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования метаморфических пород Ольхонского региона (Западное Прибайкалье) // Докл. РАН, 2008, т. 420, № 4, с. 512-515.

Колман Р. Г. Офиолиты. М., Мир, 1979, 262 с.

Мехоношин А.С., Владимиров А.Г., Владимиров В.Г., Волкова Н.И., Колотилина Т.Б., Михеев Е.И., Травин А.В., Юдин Д.С., Хлестов В.В., Хромых С.В. Реститовые гипербазиты в коллизионной системе ранних каледонид западного Прибайкалья // Геология и геофизика, 2013, т. 54, № 10, с. 1562-1582.

Павленко Э.Ф. Особенности структурного положения гипербазитов Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Геология и геофизика, 1983, № 5, с. 8-14.

Пинус Г. В., Колесник Ю. Н. Альпинотипные гипербазиты юга Сибири. М., Наука, 1966, 210 с.

Стандартный образец состава дунита СДУ-1 (ГСО № 4233-88). Иркутск. 2007.

Федоровский В.С. Геологическая карта Юго-западной части Ольхонского региона. Москва, ГИН РАН, 2004.

Штейнберг Д.С., Чашухин И.С. Серпентинизация ультрабазитов. М., Наука, 1977, 312 с.

Azer M.K., Stern R.J., Neoproterozoic (835–720 Ma) serpentinites in the Eastern Desert, Egypt: fragments of forearc mantle // *J. Geol.* 2007, v.115, p. 457–472.

Deschamps F., Godard M., Guillot S., Hattori K., Geochemistry of subduction zone serpentinites: a review // *Lithos.* 2013, v. 178, p. 96–127.

Dick H.B., Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1984, v. 86, p. 54–76.

Evans B.W. Control of the products of serpentinization by the Fe^{2+}Mg -1 exchange potential of olivine and orthopyroxene // *J. Petrol.*, 2008, v. 49, № 10, p. 1873-1887.

Frost, B.R., Beard, J.S. On silica activity and serpentinization // *J. Petrol.*, 2007, v. 48, № 7, p. 1351-1368.

Gladkochub D. P., Donskaya T.V. Overview of geology and tectonic evolution of the Baikal-Tuva area. *Biosilica in Evolution, Morphogenesis, and Nanobiology* (W.E.G. Müller and M.A. Grachev, eds.). *Marine Molecular Biotechnology.* 2009. 47, p. 7–26.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Sklyarov E.V., Fedorovsky V.S., Mazukabzov A.M., Stanevich A.M., Motova Z.L. The anatomy of the Olkhon terrane: Cross section from the southern margin of the Siberian craton into the northern Central Asian Orogenic Belt (Guidebook for field excursion). Irkutsk, 2017. 58 p.

Khlestov V.V., Volkova N.I. Effects of irregular strike-slip deformations at deep levels of collision systems (by the example of the Ol'khon region) // Lithosphere Petrology and origin of diamond / Abstracts of Intern. Symp. dedicated to the 100th birthday of Acad. V.S. Sobolev. Novosibirsk, June 5-7, 2008. Novosibirsk, P.H. of SB RAS, 2008, p. 148.

Nicolas A., Poirier J.P. Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks. New-York, Willey-Interscience, 1976, 444 p.

Niu Y. Bulk-rock major and trace element compositions of abyssal peridotites: implications for mantle melting, melt extraction and post-melting processes beneath mid-ocean ridges // J. Petrol. 2004, Vol. 45, p. 2423–2458.

Parkinson I. J., Pears J. A. Peridotites from the Izu-Bonin-Mariana forearc (ODP leg 125): Evidence for mantle melting and melt-mantle interaction in a supra-subduction zone setting // J. Petrol., 1998, v. 39, № 9, p. 1577-1618.

Salters V.J.M., Stracke A. Composition of the depleted mantle // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2004. 5 (5). <http://dx.doi.org/10.1029/2003GC000597>.

ЦКП “Изотопно-геохимических исследований“ ИГХ СО РАН



Аналитический отдел ИГХ СО РАН аккредитован на техническую компетентность в национальной системе аккредитации. Современное оборудование и многолетний опыт аналитиков позволяют выполнять исследования в областях элементного, изотопного, структурного и оптического анализа горных пород, руд, минералов и продуктов их переработки.

ИСП-МС

Из растворов – микроэлементный анализ, в т. ч. определение РЗЭ;

ЛА-ИСП-МС –

локальный анализ

геологических материалов (стекол, минералов, металлов)

Изотопная геохимия и геохронология

изотопный состав Sr, Nd, Pb

в горных породах, рудах, природных водах;

Rb-Sr, Sm-Nd геохронология

горных пород и минералов

РФА – анализ твёрдых тел, порошковых материалов, осадков, плёнок, покрытий и др.

Определяемые элементы – от кислорода до урана; диапазон содержаний – от первых г/т до 100 %.

Электронно-зондовый микроанализ

Анализ поверхности образцов на элементы от Be до U с содержанием от 0.n % .

JEOL JXA 8200

ЦКП “Изоотноно-геохимических исследований” ИГХ СО РАН

Определение полного химического состава пород и минералов («силикатный анализ»)

Спектрофотометрия – P, Si, Al, Ti;

ААС – Fe_{общ.}, Ca, Mg;

ПАЭФ – K, Na, Li, Rb, Cs;

Титриметрия – FeO (II), CO₂;

Гравиметрия – S_{общ.}, ппп, H₂O;

Потенциометрия – F⁻

Определение микроэлементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с пламенной и электротермической атомизацией
Ca, Mg, Sr; Si, Al; Cu, Zn, Co, Ni, Fe, Mn, Ti, V, Cr ; Sn, Sb, Cd, Pb; As



Определение благородных металлов в горных породах, рудах, продуктах их переработки

ААС – Au, Ag, Pt, Pd, Ru
после экстракции с органическими растворителями

ИСП-МС – Pt, Pd, Ru, Rh, Ir, Os, Re
в диапазоне от 10⁻⁷ до 10⁻⁴ %
с хроматографическим разделением компонентов на катионе



www.irk.ru

АКТИВНЫЙ ОТДЫХ И ТУРЫ НА БАЙКАЛ 2019

Организуем отдых на Байкале, путешествия по Хамар-Дабану, Саянам, Бурятии, Монголии.
Предлагаем [туры на Байкал](#) летом и зимой по оптимальной стоимости.

- Любителям активного отдыха: [активные туры по Байкалу](#), [конные туры](#), [сплавы по рекам Прибайкалья](#)

- Для семейного отдыха: [туристическая база "Ковчег Байкала"](#), [гостиница в Листвянке "Обитаемый остров"](#)

- Юным путешественникам: [детский отдых на Байкале](#)

- Опытным туристам: [проживание в Иркутске и на Байкале](#), транспортные заброски в походах и экспедициях,

услуги гида по Байкалу, а также [услуги по разработке индивидуальных маршрутов туров](#).

Если вам нужен совет - спрашивайте. Расскажем, поделимся опытом.



Мираж.

СВЕЖИЕ НОВОСТИ ТУРИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

ПОДАРОЧНЫЕ СЕРТИФИКАТЫ НА ТУРИСТИЧЕСКИЕ УСЛУГИ:

Приближаются праздники, а Вы не знаете, что подарить родным, коллегам и друзьям? Идеальный вариант, который придется по душе абсолютно всем – подарочный сертификат на туристические услуги. Туристический Центр «Байкал-Эко» рад предложить Вам подарочные сертификаты на

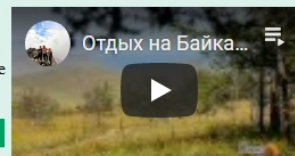
- [конные прогулки](#);
- [туры на снегоходах](#);
- [туры на судне-амфибии «Хивус-10»](#);
- [полеты на парашуте](#).



БАЗА ОТДЫХА "КОВЧЕГ БАЙКАЛА" НА МАЛОМ МОРЕ:

Усадьба "Ковчег Байкала" на Малом море предлагает эконом отдых на Байкале круглый год - и зимой, и летом. Информацию о базе отдыха на Байкале можно посмотреть [на этой страничке](#) - краткое описание, стоимость питания и проживания, экскурсии и перечень дополнительных услуг на 2019 год. У базы есть собственный сайт <http://baikal-kovcheg.ru>, все подробности и новости там. Отправляйте предварительные запросы и бронируйте проживание

ГОСТЕВОЙ ДОМ "ОБИТАЕМЫЙ ОСТРОВ" В ЛИСТВЯНКЕ:





Офис в Иркутске:
ул. Некрасова, 10В
тел.:(3952)673-973

info@baikal-eco.ru

О базе отдыха

Размещение

Услуги

Экскурсии

Мероприятия

О Байкале

База отдыха на Байкале. В самом сердце священного озера.

Фотогалереи



Размещение

Стоимость проживания с октября по май (в рублях, в сутки с человека)

Будние дни 500-00 руб.

Выходные и праздничные дни 700-00 руб.

Скидки:

дети до 12 лет - 20%

дети до 5 лет без отдельного места - бесплатно.

[Подробнее](#)

Приезжайте в гости на Байкал и зимой и летом.

"Ковчег Байкала" это небольшая и уютная база отдыха которая расположилась на самом берегу озера Байкал в бухте "Базарная" (240 км от г.Иркутска). Место красивое и тихое. Удобное для организации поездок и походов - на остров Ольхон, по тёплым заливам Малого моря, к таёжным склонам Сарминского ущелья или к скальникам и древними пещерами уникальной Тажеранской степи.

Летом база вмещает до 70 человек.

Зимой мы можем разместить 40 человек.

Найти



| | | |
|-----------------|---------------------|---|
| Сарма | +15 | ☁ |
| Хужир | +17 | ☁ |
| Иркутск | +16 | ☁ |
| Москва | +18 | ☁ |
| Санкт-Петербург | +16 | ☁ |
| Gismeteo | Прогноз на 2 недели | |

Новости усадьбы:

Кому проживание в Иркутске, из

Научное издание

**МАССИВ ГУБЫ БАЗАРНОЙ
(ОЛЬХОНСКИЕ ВОРОТА)**

Путеводитель экскурсии
VI Всероссийской с международным участием конференции
«Ультрамафит- мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал»

Подписано в печать 02.09.2019 г. 60×84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Бумага типографская. Печать офсетная.
Уч. изд. л. 0.54. Усл. печ. л. 2.09 Тираж 100 экз.