

## ПЕТРОЛОГИЯ, ВУЛКАНОЛОГИЯ

УДК 552.321.5/6

**Фрагмент офиолитовой ассоциации в районе озера Касарги (Восточно-Уральская мегазона, северная часть Южного Урала)**

Д.Е. Савельев

Институт геологии Уфимского научного центра РАН, 450077, г.Уфа, ул.К.Маркса, 16/2. E-mail: sav171@mail.ru

*(Статья поступила в редакцию 20 января 2014 г.)*

Приведено описание пород офиолитовой ассоциации, обнажающейся на восточном берегу озера Касарги. В составе ассоциации диагностированы серпентинизированные породы дунит-гарцбургитового комплекса, имеющие реститовую природу, и шлирово-полосчатые габброиды с многочисленными более поздними дайками диабазов и порфириовидных габбро. По геохимическим характеристикам мафиты и ультрамафиты Касаргинского массива близки к аналогичным породам из областей задугового спрединга.

Ключевые слова: *офиолиты, ультрамафиты, габбро, диабаз, Касарги, Южный Урал.*

В пределах северной части Восточно-Уральской мегазоны расположены три относительно крупных габбро-ультрамафитовых массива (Бараковский, Муслюмовский и Касаргинский) и несколько более мелких тел (рис.1). Рассматриваемый в настоящей статье Касаргинский массив приурочен к границе между Кочкарско-Адамовской и Касаргино-Рефтинской структурно-формационными зонами (Кузнецов и др., 2009). Ультрамафиты Касаргинского массива сопровождаются локальным понижением гравитационного поля и интенсивными положительными аномалиями магнитного поля, что связано со значительной серпентинизацией первичных пород.

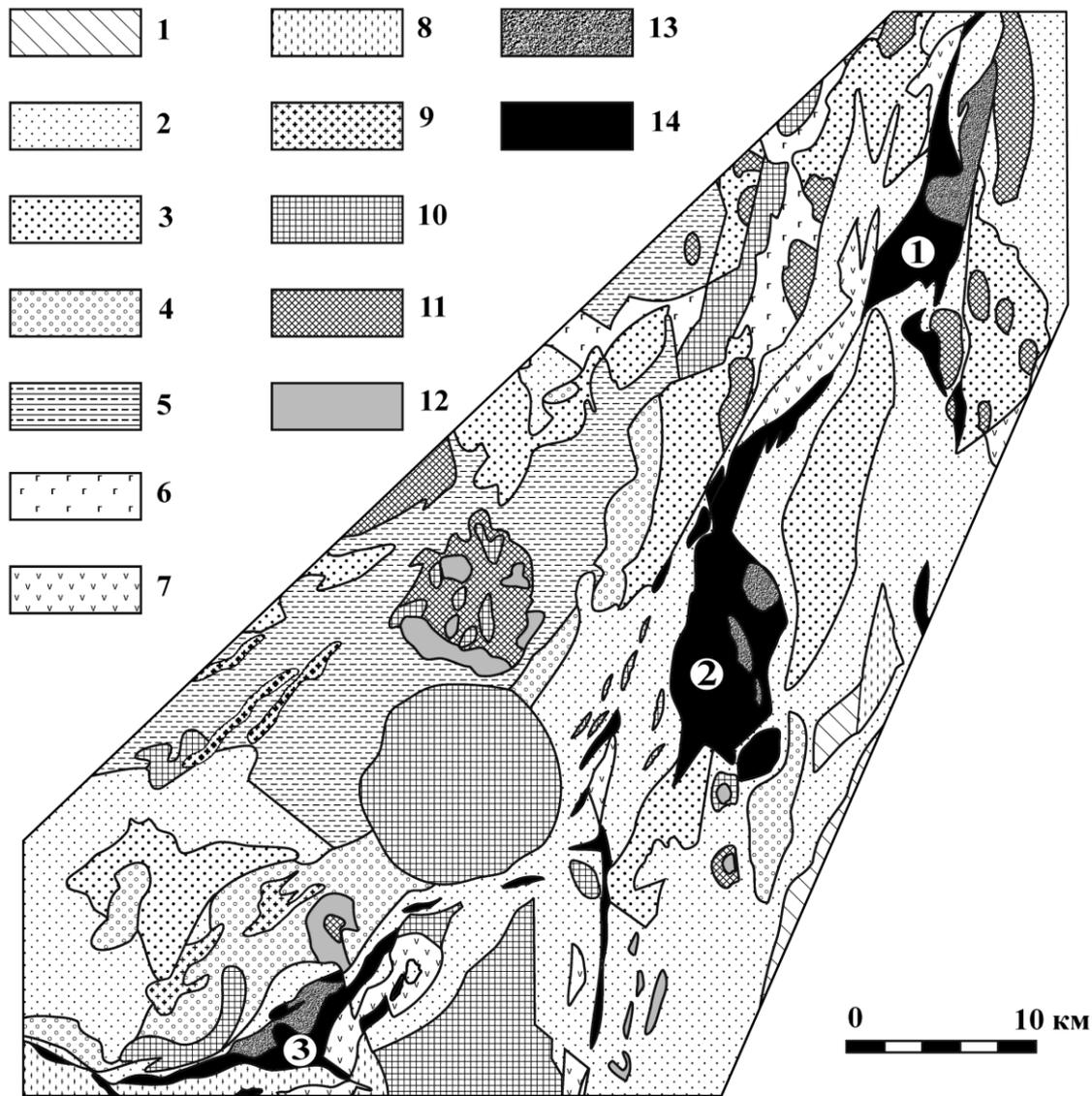
Массив обнажен неравномерно (рис.2), большая часть его перекрыта мезокайнозойскими отложениями и частично скрыта под оз. Касарги. Наилучшая обнаженность наблюдается вдоль восточного берега оз.Касарги (рис.3, 4), где в южной части скальные выходы сложены ультра-

основными породами, они же вскрываются в карьере площадью 300x200 м (рис. 3), пройденном в непосредственной близости от восточного берега озера, на южном продолжении скального участка. В северном направлении от указанных выходов на плоском участке берега отмечаются два фрагмента разреза с почти непрерывной обнаженностью пород габброидного комплекса: около 200 м по азимуту 30° в естественных выходах вдоль берега (рис.5) и 150 м в искусственном обнажении – стенках отводного канала, пройденного от восточного берега озера на юго-восток по азимуту 130° к р. Зюзелга.

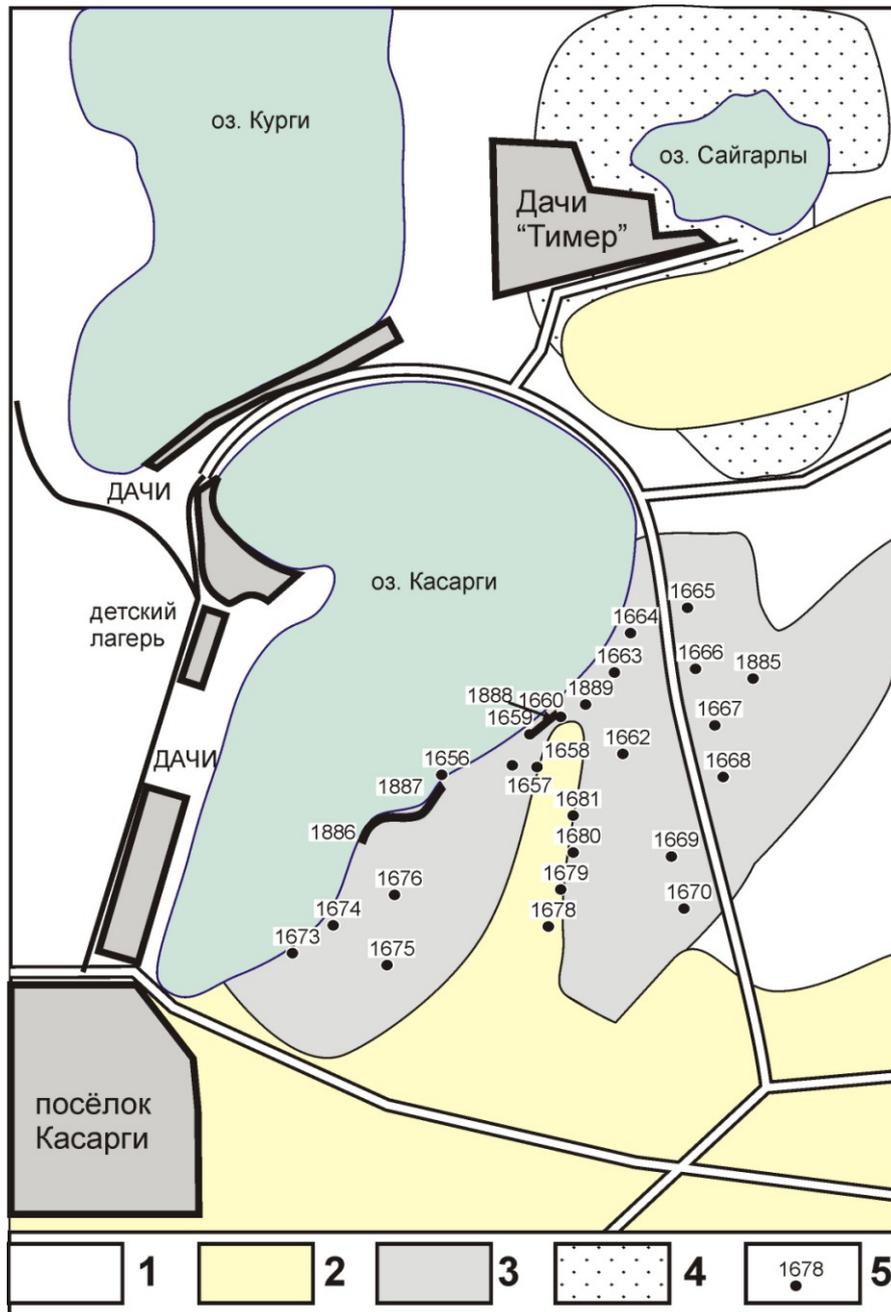
Ультраосновные породы преимущественно распространены в южной части массива, где они слагают несколько линзовидных блоков. Обнажения ультрамафитов сложены двумя текстурными разновидностями: линзовидно-тонкоплитчатыми и массивными с характерным сетчатым рисунком, состоящими из мелких (3–5 см) микроблоков, разде-

лённых прожилками хризотила и карбонатов. Массивные разности представлены серпентинизированными гарцбургитами, среди которых встречаются полосовидные

и линзовидные обособления дунитов, имеющих характерную желтовато-коричневую корку выветривания и гладкую поверхность.



**Рис.1.** Схема геологического строения северной части Восточно-Уральской мегазоны без учета мезо-кайнозойских отложений (по Н.С.Кузнецову и др., 2002 с упрощениями автора). Условные обозначения: 1 – 8 – стратифицированные отложения; 1 – триасовые (песчаники, алевролиты, аргиллиты), 2 – каменноугольные (песчаники, алевролиты, известняки, редко – базальты, андезиты), 3 – верхнедевонско-нижнекаменноугольные (андезибазальты, андезиты, дациты и их туфы, углеродисто-кремнистые сланцы), 4 – среднедевонские (базальты, дациты, риолиты и их туфы, известняки, песчаники, алевролиты, углеродисто-кремнистые, кремнистые сланцы), 5 – нижнедевонские (базальты, андезибазальты, андезиты, дациты и их туфы), 6 – ордовикско-силурийские (базальты, дациты, риолиты), 7 – ордовикские (базальты, андезиты, риолиты), 8 – рифейские (метабазальты, зеленые сланцы, филлиты), 9 – 14 – интрузивные образования; 9 – субвулканические тела гранитоидов, дацитов и риолитов, 10 – граниты, 11 – диориты, монцониты, 12 – 13 – габброиды, в том числе ассоциированные с ультрамафитами (13), 14 – ультрамафиты. Массивы: 1 – Баракровский, 2 – Муслумовский, 3 – Касаргинский



**Рис. 2.** Карта фактического материала по Касаргинскому массиву. Условные обозначения: 1 – вмещающие осадочные породы, 2 – покровные отложения над габбро и ультрамафитами, 3 – габброиды и ультрамафиты Касаргинского массива, 4 – габбро и граниты Сайгарлинского массива, 5 – точки наблюдения и обнажения

В обнажениях преобладают гарцбургиты с небольшим количеством ромбического пироксена (около 10%), обладающие мелко-среднезернистой структурой (размер зерен 1–4 мм), они часто переходят в пироксеновые дуниты, содержащие до 5% энстатита. Реже встречаются гарцбургиты с содержанием ортопироксена до

20%. Текстура пород чаще всего ячеистая. Состав серпентинита лизардит-серпофитовый, он разбит сеткой более поздних жилок хризотил-магнезитового состава на округлые блоки размером 2–4 мм. Пылевидный магнетит встречается в виде отдельных сгущений (0,5%). Хромшпинелиды единичные, гипидиоморфные,

в тонких срезах просвечивают темно-оранжево-коричневым цветом, размером до 1 мм. Отмечаются псевдоморфозы бастита по деформированному ортопироксену (5–7%).

В единичных образцах диагностируются реликтовые зерна оливина, располагающиеся в ядрах серпентиновых петель (обр. 1886–20), для них характерна хорошая спайность. Зерна оливина имеют преимущественно удлиненные эллипсоидальные срезы (размер до 3x7 мм). Хром-

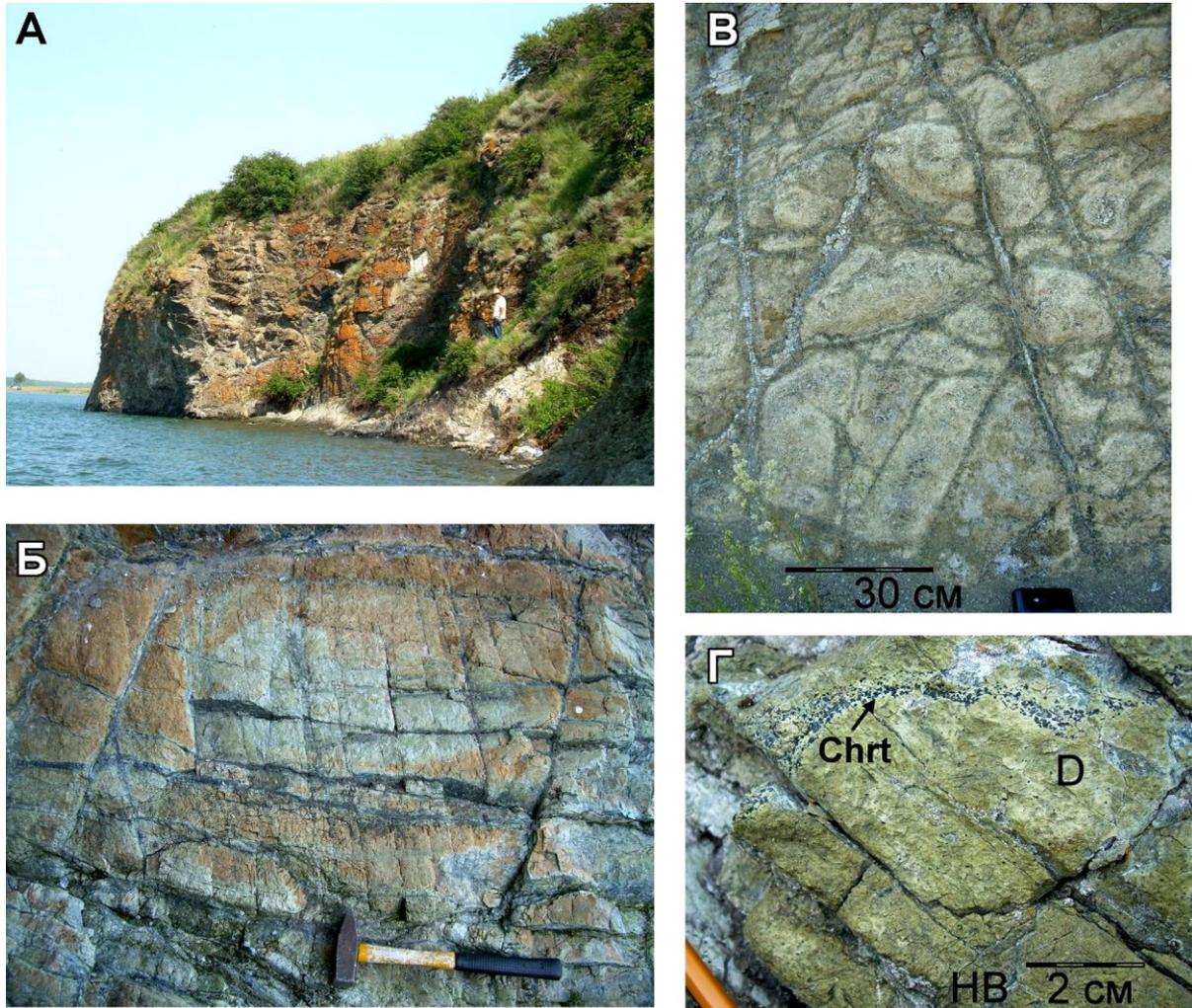
шпинелиды (1–2%) идиоморфные (0,1–0,3 мм), хорошо просвечивают коричневым и оранжево-коричневым цветом. Аподунитовые серпентиниты (дуниты) образуют среди гарцбургитов и апогарцбургитовых серпентинитов маломощные полосы (1 см – 1 м). Дуниты менее трещиноваты по сравнению с гарцбургитами, характеризуются однородной, гладкой поверхностью, светло-коричневой и светло-серо-зеленой окраской.



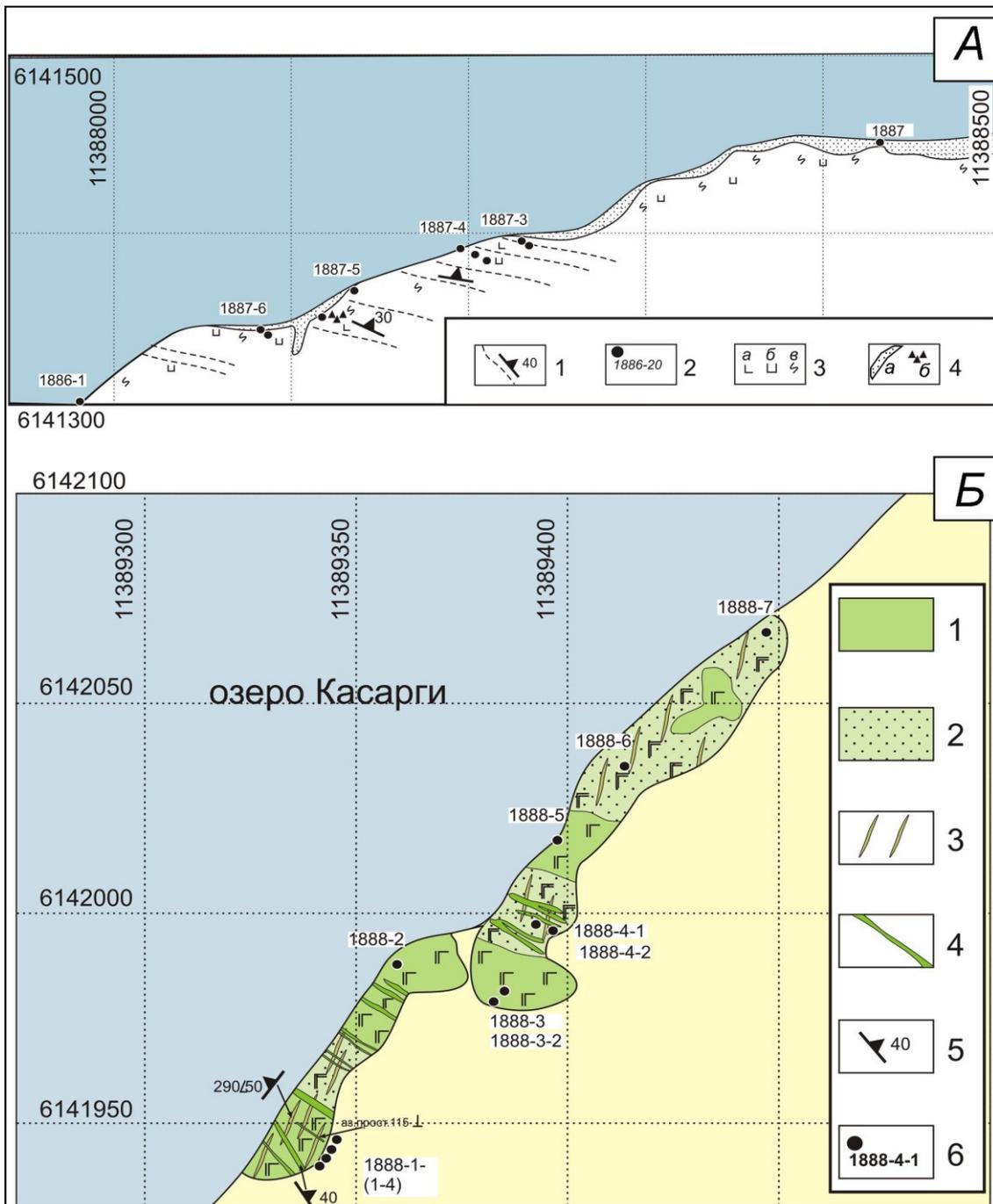
**Рис. 3.** Схема строения ультрабазитового комплекса в карьере на восточном берегу оз. Касарги (обр. 1886). Условные обозначения: 1 – элементы залегания дунит-гарцбургитовой полосчатости, 2 – точки наблюдения, 3 – значки пород: а) дуниты, б) гарцбургиты, в) серпентиниты, 4 – границы карьера. На врезке – космический снимок карьера по данным (<https://maps.google.ru/maps?hl=ru&tab=wl>)

Взаимоотношения между дунитами и гарцбургитами можно наблюдать лишь в разрезе вдоль «прижимов», где в промытых прибором нишах местами наблюдаются четкие контакты пород, а также встречаются струйчатые выделения хромшпинелидов, иногда переходящие в рудные сегрегации мощностью до 5 см (рис.4, г, б, а). Во всех случаях залегание полосчато-

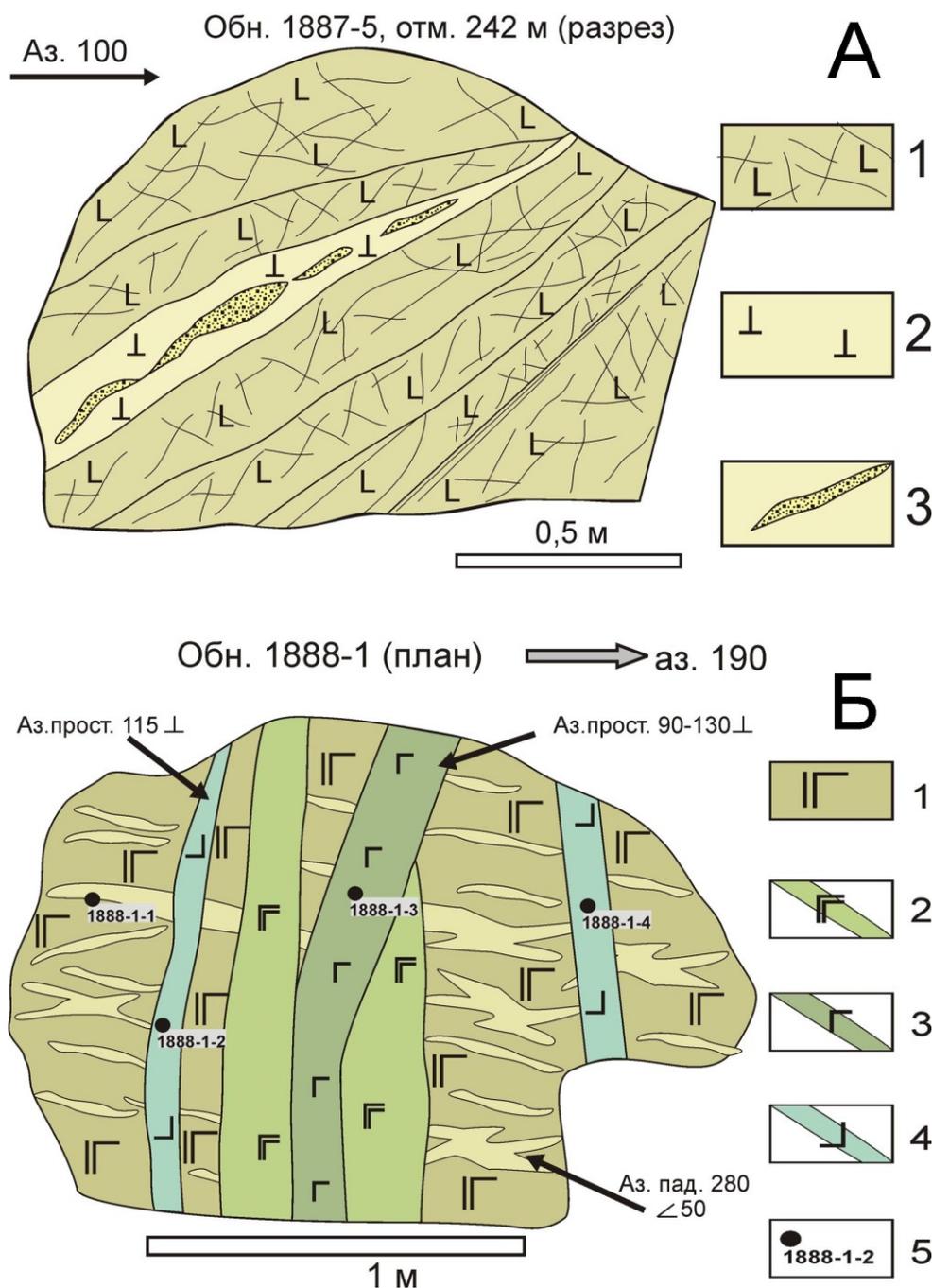
сти пологое: аз.пад.10°∠30–40°. В карьере в отдельных выходах наблюдаются мало-мощные, крутопадающие тела дунитов. Наличие различно ориентированных дунитовых тел говорит о наличии на данном участке сетчатого дунит-гарцбургитового комплекса с несколькими системами полосчатости, аналогичного описанному ранее на Муслюмовском массиве [7].



**Рис. 4.** Обнажения и образцы ультрамафитов Касаргинского массива: А – обнажения ультрамафитов в обрывах восточного берега оз. Касарги; Б, В – типичные обнажения гарцбургитов и апогарцбургитовых серпентинитов с сетчатой текстурой, Г – прожилок вкрапленного хромитита (Chrt) в дунитовом обособлении (D) среди гарцбургита (HB)



**Рис. 5.** Схема описания разрезов ультрабазитового комплекса Касаргинского массива на восточном берегу одноименного озера северо-восточнее карьера (обн. 1887 (А) и 1888 (Б)). Условные обозначения: А – 1 – общее простирание дунит-гарцбургитовой полосчатости и элементы ее залегания, 2 – точки наблюдения, 3 – значки пород (а) дуниты, б) гарцбургиты, в) серпентиниты), 4 – а) пляжевые отложения, б) место нахождения прожилков вкрапленных хромититов; Б – 1 – однородные габбро-диабазы, 2 – габбро-диабазы с линзами и шилрами крупнозернистых лейкократовых обособлений, 3 – лейкократовые обособления, 4 – дайки диабазов и долеритов, 5 – элементы залегания даек и лейкократовых обособлений, 6 – точки наблюдения



**Рис. 6.** Детали строения ультрабазитового (А) и габброидного (Б) комплексов Касаргинского массива. Условные обозначения: А – 1 – гарцбургиты трещиноватые, 2 – дуниты, 3 – вкрапленные хромититы; Б – 1 – габбро-диабазы «матрикса» со шлирово-линзовидными обособлениями более крупнозернистого и лейкократового материала, 2 – 4 – дайки: 2 – диабазы, 3 – порфировидные габбро-диабазы, 4 – долериты, 5 – положение образцов и их номера

Ниже приведена краткая характеристика типичных образцов гарцбургитов (апогарцбургитовых серпентинитов). В образце 1886–18–2 степень серпентинизации 85–90%. Структура породы петельчатая, реликты оливина размером 0,05–0,3 мм составляют 10–15%. Хромшпинелиды слагают около 1% шлифа, они идиоморф-

ные, гипидиоморфные, размерами от 0,1–0,2 мм (изометричные) до 0,2x0,8 мм. Породообразующий lizardит характеризуется бледно-зеленоватой окраской, магнетит редок (0,п%).

В образце 1887–4–3 степень серпентинизации 90–95%, присутствуют редкие реликты оливина в ядрах петель. Серпен-

тин почти бесцветный, магнетит равномерно рассеян в породе (0,п %). Микротекстура пятнистая, обусловленная наличием участков с различным типом структуры: 1) петельчатой (20% по площади), 2) волокнистой (80%). Отмечается развитие тонких прожилков карбонатов (5%). В породе отсутствуют четко выраженные бастиновые псевдоморфозы. Хромшпинелиды распределены неравномерно, почти не просвечивают и характеризуются неоднородной темно-коричневой окраской, гипидиоморфные, размером 0,2–1 мм.

В большинстве образцов апогарцбургитовых серпентинитов в той или иной степени проявлена карбонатизация, в аподунитовых этот процесс менее выражен. Иногда образуются серпентин-карбонатные породы, макроскопически они выглядят как массивные серые и темно-серые, иногда полосчатые. В образце 1886–1 карбонаты слагают около 60% площади, серпентин – 40%. Состав серпентинита серпофит-хризотилитовый, магнетита мало (1–2%). Хромшпинелид представлен единичными мелкими идиоморфными зернами (0,1–0,2 мм) с хризотиловой рубашкой.

Обнажения *габброидов* в рассматриваемом районе сосредоточены преимущественно в северной части восточного берега оз. Касарги (рис.5, б, 7, а, б). Они образуют серию плоских коренных выходов на отрезке между обн. 1888–1 и 1888–7. Особенностью строения данного участка является наличие своеобразного матрикса, сложенного двумя основными разновидностями пород: 1) мелкозернистым габбро или габбро-диабазом с многочисленными шпирами и линзами обособлений более лейкократового состава и более крупнозернистого строения, 2) однородным мелкозернистым габбро-диабазом. Эти две разновидности в разрезе имеют постепенные переходы между собой. Среди пород «матрикса» распространены многочисленные маломощные дайки, состав которых изменяется от тонкозернистых доле-

ритов до среднезернистых габброидов и порфиroidных габбро-диоритов (обр. 1888–1–3).

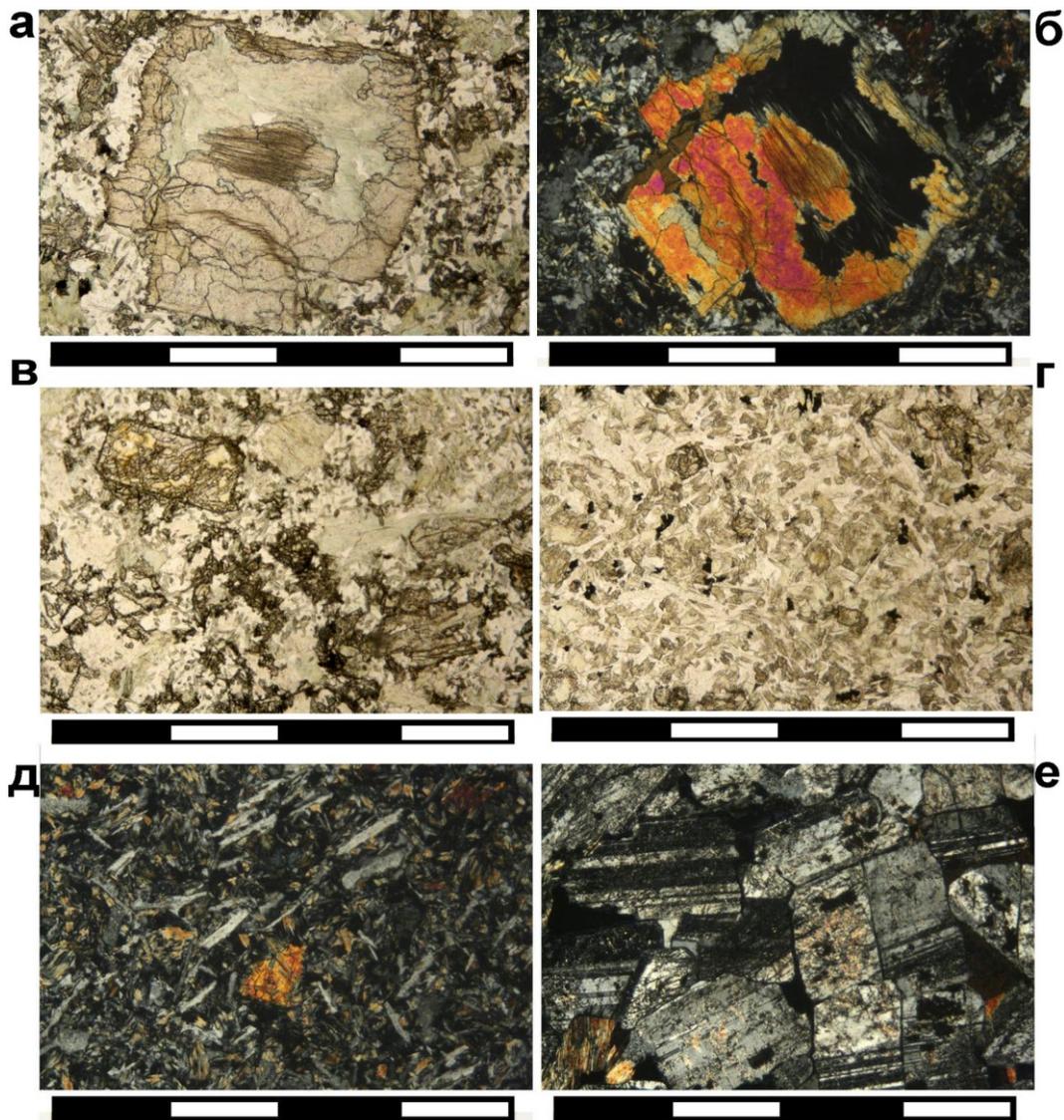
Взаимоотношения между «матриksom» и дайками наиболее отчетливо наблюдались на обн. 1888–1 (рис.6). Основу данного обнажения составляют мелкозернистые, сравнительно меланократовые габбро, в которых наблюдаются многочисленные шпировидные и линзовидные лейкократовые обособления (рис. 7, г). Общее простирание лейкократовых линз субмеридиональное (аз. 170–200°), уплощенность падает на северо-запад (аз.пад. 290°∠30–50°).

Для пород «матрикса» характерна диабазовая структура, чаще встречаются мезо- и лейкократовые разновидности с содержанием плагиоклаза от 50 до 70%. Он представлен лейстами длиной от 0,2 до 1,0 мм, частично изменен с образованием минералов группы эпидота, а также альбитизирован. Кроме того, в обр. 1888–1–1 присутствуют незначительные количества кварца (2–3%) и калиевого полевого шпата (менее 1%), кварц встречается как в виде микропегматитовых сростаний с полевыми шпатами, так и в виде отдельных зерен неправильной формы. Первичный темноцветный минерал – клинопироксен (15–20%) – образует удлиненные призмы размерами 0,15–0,6 мм, частично замещен хлоритом. Рудный минерал представлен магнетитом (менее 1%).

Иногда породы «матрикса» представлены измененными габбро (обр.1888–4–2), которые характеризуются бластогаббровой структурой. Первичные минералы их полностью замещены. Темноцветные минералы амфиболизированы и хлоритизированы (хлорит – 10%, актинолит – 5%), плагиоклаз сосюритизирован либо альбитизирован (минералы группы эпидота – 50%, альбит – 15%, пренит – 15%). В незначительных количествах в породах присутствуют кварц (1–3%) и рудные минералы (1–3%).



**Рис. 7.** Обнажения и образцы габброидов Касаргинского массива. А – плоские коренные выходы габброидов на восточном берегу оз. Касарги, Б – канал, в бортах которого обнажаются мелкозернистые габброиды (северная часть восточного берега оз.Касарги), В – дайка порфировидного габбро ( $G^p$ ), в краевых частях которой наблюдаются маломощные жилы эпидотизированных диабазов ( $Dy$ ), Г – порфировидное габбро ( $G^p$ ) (дайка), Д – крупнозернистые лейкократовые обособления в габброидах «матрикса», Е – секущий контакт диабаза ( $Dy$ ) и иллитового габбро «матрикса» ( $G$ )



**Рис. 8.** Петрографические особенности габброидов Кунашакской площади: а – в – габбро порфировидной структуры из дайки (обр. 1888–1–3), вкрапленники сложены клинопироксеном, сложно замещенным: в центре – амфибол, он обрастает агрегатами хлорита и эпидота (а – б – один и тот же участок), в – «основная масса» с диабазовой структурой, г – д – структура диабаза из дайки (обр. 1888–1–4), е – кумулятивная структура габбро Касаргинского массива (обр. 1678), плагиоклаз идиоморфен, интерстиции заняты темноцветными минералами (апопироксеновый амфибол). Примечание: длина масштабной линейки 2 мм, а, в, г – николи параллельны, б, д, е – николи скрещены

Линзовидно-шлировидные обособления в породах матрикса сложены более крупнозернистыми лейкократовыми габброидами (обр. 1678, 1888–3 и 1888–4–1). В обр. 1678 наблюдается кумулятивная структура, близкая к офитовой (рис. 8). Плагиоклаз (65–70%) представлен идиоморфными, короткопризматическими кристаллами, преобладающие соотношения длины и ширины 2–2,5 (длина 0,8–1,2

мм, ширина 0,4–0,6 мм). В симметричных срезах угол погасания 28–32°, что указывает на принадлежность плагиоклаза к лабрадору ( $An_{52-60}$ ). Темноцветные минералы (до 30%) ксеноморфные, расположены в интерстициях зерен плагиоклаза и полностью замещены хлоритом. Клинопироксен и роговая обманка иногда образуют крупные выделения призматической формы (длина до 4 мм, ширина 1–1,5 мм).

Зерна магнетита (до 7%) от ксено- до идиоморфного габитуса также обычно располагаются в интерстициях призм плагиоклаза. Среди аксессуаров отмечен апатит (1%) в ассоциации с рудным минералом.

Близкое строение и описанный выше состав имеют два других образца. Образец 1888-4-1 характеризуется офитовой структурой, на 65% состоит из плагиоклаза и на 30% из клинопироксена, практически полностью хлоритизированного и амфиболитизированного. В породе довольно много магнетита (5–10%), с которым ассоциирует апатит (1%). Состав плагиоклаза  $An_{54}$  (лабрадор) определен по углу погасания в симметричном срезе (29°).

Дайки, как правило, характеризуются субвертикальным падением и простиранием по аз. 115–130° (рис.5, 6, 7, в, г), мощность их изменяется от первых сантиметров до 0,5 м (реже – до 1 м). На обн. 1888-4 долериты образуют пакеты мало-мощных даек с простиранием от 90 до 120°, падение субвертикальное. В породах дайковой серии в целом преобладают долериты с толеитовой структурой и массивной текстурой. Образец 1888-1-2 состоит на 70% из плагиоклаза и на 15–20% из клинопироксена. В небольших количествах присутствуют кварц (1%), серпентин по оливину (1–2%), хлорит (2%) и минералы группы эпидота (3–5%). Основная масса сложена лейстами и микролитами плагиоклаза размером от 0,05 до 0,32 мм и призматическими и таблитчатыми зернами клинопироксена (0,05–0,7 мм). В породе встречаются единичные зерна серпентинизированного оливина размером до 0,7 мм, а также вулканическое стекло, замещенное хлоритом. В небольших количествах (менее 1%) отмечаются кварц и лейкоксен, образованный по титаномagnetиту.

Образец 1888-4 представлен диабазом с диабазовой структурой. В породе присутствуют единичные вкрапленники клинопироксена, замещенные хлоритом (2–3%, до 0,5 мм) и крупные лейсты плагиоклаза длиной до 0,6 мм при ширине 0,1

мм (5%). Основная масса состоит из более мелких лейст плагиоклаза (длина 0,15–0,4 мм) с отношением длины к ширине 3–5. Клинопироксен замещен амфиболами и хлоритом, плагиоклаз – минералами группы эпидота (3–5%). Содержание рудных минералов около 5%.

Некоторые дайки сложены диабазами, близкими по структуре к породам матрикса, границы даек сравнительно неплохо узнаваемы, когда они имеют небольшую мощность и залегают среди габбро со шширами лейкократового материала. Поэтому нами преимущественно наблюдались дайки мощностью от первых сантиметров до 1 м, но, возможно, присутствуют и более мощные тела.

Иногда отмечаются дайки среднезернистых габброидов мощностью 0,2–0,4 м (1888-1-3). Структура пород бластопорфировидная, первичные минералы представлены клинопироксеном и плагиоклазом, но они практически полностью замещены вторичными: эпидотом, хлоритом, игольчатыми мелкими амфиболами, пренитом и реже – цоизитом. Клинопироксен образует идиоморфные порфировые выделения, сложно замещенные: в центре располагается хлорит с включениями амфиболов, а по краям – либо эпидот, либо пренит (рис.8, а, б). Основная масса состояла первоначально из плагиоклаза и клинопироксена, а после замещения представлена редкими реликтами плагиоклаза, минералами группы эпидота, хлоритом, пренитом, игольчатыми амфиболами.

От обн. 1888-5 в северо-восточном направлении начинается разрез с преобладанием однородного мелкозернистого габбро (рис. 4, 7, б). Образец 1889-90 состоит на 30–40% из плагиоклаза и на 50% из темноцветных минералов. Плагиоклаз образует длинные призмы, беспорядочно распределенные в породе. Клинопироксен замещен актинолитом, который образует длинные призмы. Размеры призм: длина 0,3–0,6 мм, ширина <0,1 мм. Также встречаются хлорит, альбит, кварц. Рудные составляют около 5% (магнетит).

**Таблица 1.** Химический состав ультрамафитов и габбро Касаргинского массива, вес. %

№ п/п	№ обр.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ппп	Сум-ма
1	1886-9-3	38,0	0,2	0,41	8,1	0,1	36,2	1,7	0,05	0,01	0,01	0,01	15,2	99,98
2	1886-6	36,5	0,15	0,21	7,3	0,1	38,0	2,5	0,05	0,01	0,01	0,01	14,71	99,54
3	1886-18-2	36,5	0,1	0,2	7,8	0,08	37,5	1,7	0,03	0,01	0,01	0,01	15,7	99,63
4	1886-20	36,0	0,12	0,31	7,3	0,06	36,0	5,0	0,05	0,01	0,01	0,01	15,3	100,2
5	1886-18-1	36,1	0,1	0,4	7,3	0,12	37,1	2,1	0,05	0,01	0,01	0,01	16,6	99,89
6	1887-4-3	38,0	0,11	1,0	8,3	0,09	37,0	0,26	0,05	0,01	0,01	0,01	15,3	100,1
7	1887-5-2	38,5	0,07	0,4	8,2	0,09	38,0	1,7	0,04	0,01	-	-	12,7	99,71
8	1887-4-2	37,5	0,05	0,91	8,4	0,06	37,0	0,5	0,05	0,08	-	-	15,04	99,59
9	1885	36,0	0,08	0,3	7,6	0,09	34,0	5,6	0,05	0,01	0,03	0,03	16,4	100,2
10	1885-2	39,5	0,1	0,61	7	0,1	38,0	0,76	0,06	0,02	-	-	13,56	99,71
11	1886-1	35,8	0,08	0,3	7	0,17	36,0	4,24	0,05	0,01	0,01	0,01	16,6	100,3
12	1889-15	45,5	0,4	7,6	4,13	7,18	0,18	20,0	11,36	0,54	0,15	0,03	2,68	99,75
13	1888-4-2	47,0	1,04	15,26	5,62	6,46	0,22	9,0	12,06	1,8	0,12	0,13	1,02	99,73
14	1888-3	50,0	0,83	18,0	5,72	6,11	0,16	6,2	7,1	3,57	0,4	0,4	1,02	99,51
15	1888-4-	50,0	0,83	18,0	5,42	6,11	0,23	6,0	7,52	4,09	0,4	0,46	1,04	100,1
16	1889-90	50,75	0,8	15,74	2,7	9,05	0,18	7,88	6,82	3,35	0,57	0,13	1,45	99,42
17	1888-1-2	53,85	0,31	14,2	2,1	4,96	0,13	12,6	5,11	3,7	0,27	0,03	2,26	99,52
18	1889-50	54,1	0,35	15,45	2,6	6,83	0,19	9,6	2,84	4,24	0,27	0,03	2,74	99,24
19	1888-1-3	56,2	0,23	15,26	2,62	5,03	0,15	8,8	7,1	3,53	0,27	0,03	1,2	100,4

Примечание: анализы выполнены в ИГ УНЦ РАН (аналитики С.А.Ягудина и Н.Г.Христофорова), ппп - потери при прокаливании, прочерк означает содержание ниже чувствительности анализа, в анализах 1 – 11 указано общее содержание оксида железа в пересчете на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Породы: 1 – 11 – ультрамафиты (серпентиниты апогарцбургитовые и аподунитовые), 12 – 19 – габброиды.

**Таблица 2.** Состав хромитинелидов из ультрамафитов Касаргинского массива, вес. %

№ п/п	№ обр.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	NiO	#Cr	#Mg
1	КС-10/1	12,86	56,25	8,91	1,69	20,0	0,06	0,21	н/о	0,75	0,44
2	КС-7	15,94	50,09	13,5	6,17	14,0	0,07	0,21	н/о	0,68	0,63
3	КС-6	9,89	55,33	7,92	5,59	21,0	<0,02	0,27	н/о	0,79	0,4
4	1887-5-2	16,53	53,94	12,27	2,0	14,71	0,08	0,2	0,05	0,69	0,6
5	1887-5-2	16,36	53,76	12,35	2,0	14,92	0,08	0,25	0,1	0,69	0,6
6	1886-18-2	18,58	50,14	11,99	3,0	15,65	0,03	0,21	0,07	0,64	0,58
7	1886-18-2	18,97	48,81	11,94	4,0	15,54	0,04	0,26	0,08	0,63	0,58
8	1887-4-3	13,98	54,46	10,54	3,0	17,27	0,14	0,26	0,09	0,72	0,52
9	1887-4-3	14,05	54,41	10,34	3,0	17,36	0,16	0,24	0,06	0,72	0,51
10	1665	17,35	50,31	10,1	2,71	19,35	<0,02	0,19	н/о	0,66	0,48
11	1665	18,01	49,44	10,42	3,7	18,27	<0,02	0,16	н/о	0,65	0,5
12	1885	24,38	42,39	12,71	4,29	16,08	<0,02	0,14	н/о	0,54	0,58
13	1885	23,88	43,66	12,25	2,97	17,08	<0,02	0,15	н/о	0,55	0,56

Примечание: результаты всех анализов приведены к 100%, разделение двух- и трехвалентного железа проведено «по стехиометрии», н/о – содержание элемента не определялось; #Cr = Cr/(Cr+Al), #Mg = Mg/(Mg+Fe<sup>+2</sup>) в формульных единицах. Анализы выполнены: 1 – 3, 10 – 13 – в ИМин УРО РАН (аналитик Е.И.Чурин), 4 – 9 – в ГЕОХИ РАН (аналитик Н.Н.Кононкова). Породы: 1 – 3, 10 – 13 – серпентиниты апогарцбургитовые, 4 – 5 – хромитит средневкрапленный, 6 – 9 – дуниты и аподунитовые серпентиниты.

В образце 1889-50 присутствуют единичные вкрапленники плагиоклаза (2 мм), основная масса состоит также преимущественно из плагиоклаза (60%), он доволь-

но свежий, лейсты длиной 0,2–1 мм, отношение длины к ширине 4–5. Состав плагиоклаза  $Ap_{46}$  определен по углу погасания в симметричном срезе ( $25^\circ$ ) (андезин). Темноцветные минералы замещены хлоритом (25–30%), распространены также эпидот (5–10%) и рудные минералы (2–3%).

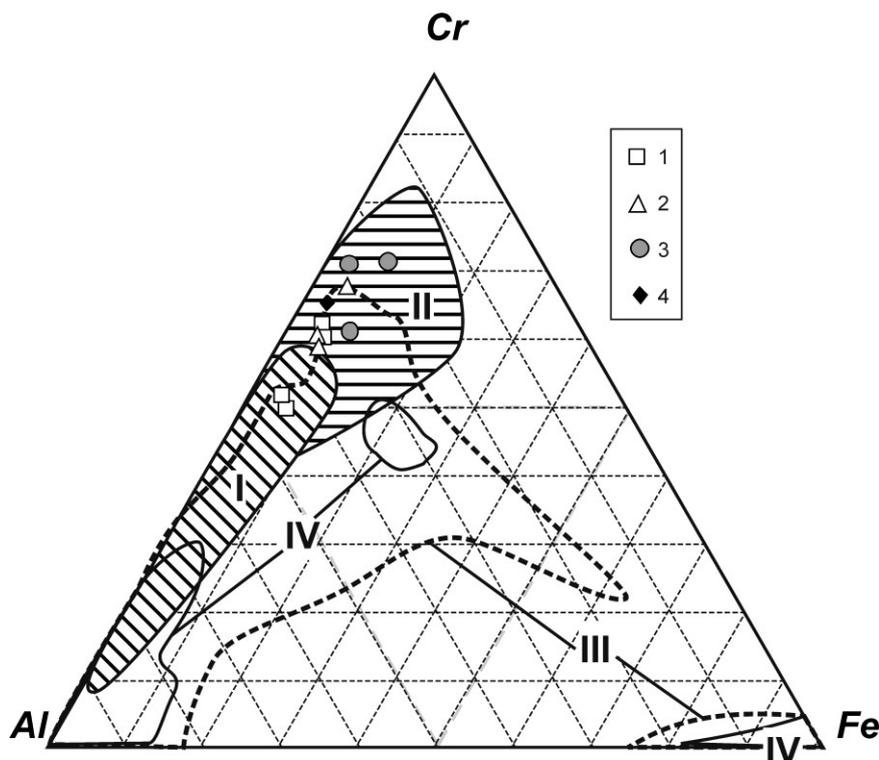
Таким образом, габброидный комплекс имеет довольно однородное строение по структуре и составу пород, но в нем отчетливо выделяются две разновозрастные ассоциации. Ранняя ассоциация: габбро-диабазы (размер зерен 0,1–0,5 мм) с развитыми в них шлирово-полосчатыми выделениями среднезернистого, более лейкократового габбро (размер зерен 1–3 мм), ориентированными субмеридионально (аз.прост.  $170\text{--}200^\circ$ ). Поздняя ассоциация накладывается на раннюю, имеет четкие секущие контакты. Это многочисленные дайки тонкозернистых ( $<0,1$  мм) долеритов и диабазов (0,1–0,5 мм), однако последние визуально неотличимы от пород «матрикса» (ранней ассоциации), когда в последних отсутствуют лейкократовые обособления.

Изучение химического состава ультраосновных пород рассматриваемого участка показало, что они истощенными легкоплавкими компонентами соответствуют реститам, типичным для офиолитовых комплексов [5 и др.]. В ультрамафитах Касаргинского массива содержание  $CaO$  и  $Al_2O_3$  незначительно (менее 1%), а величина отношения  $CaO/Al_2O_3$  всегда ниже единицы, породам свойственна низкая железистость (9,22–10,87%). Согласно петрохимическим пересчетам анализов серпентинитов, для первичных ультрамафитов были характерны значительные вариации содержаний породообразующих минералов – оливина (60–85 %) и ортопироксена (15–40 %), примесь моноклинного пироксена в породах незначительна (до 2 %). Таким образом, серпентиниты Касаргинского массива образовались преимущественно по гарцбургитам.

В табл.2 приведены анализы аксессуарных хромшпинелидов из серпентинизированных ультрамафитов Касаргинского массива, а также хромшпинелидов из рудного прожилка в дунитовом обособлении мощностью около 10 см (обр. 1887–5–7). Составы изученных шпинелидов типичны для реститов офиолитовой ассоциации, на что указывают очень низкие содержания трехвалентного железа и титана и высокое содержание хрома. Следует также отметить преобладание двухвалентного железа над магнием. Вариации состава изученных минералов обусловлены, главным образом, изменением содержаний алюминия и хрома. На треугольной диаграмме в координатах  $Al - Cr - Fe^{+3}$  фигуративные точки изученных шпинелидов из ультрамафитов почти целиком попадают в поле гарцбургитов, драгированных со дна глубоководных желобов (рис.9).

Рассмотрим геохимические особенности габброидов. При сопоставлении составов габброидов различных геодинамических обстановок (ГДО) оказалось, что отделить их друг от друга на дискриминационных диаграммах значительно сложнее, чем базальты из тех же ГДО. Дело в том, что габбро могут встречаться либо в составе крупных дифференцированных тел, либо в виде маломощных даек. В первом случае первичный расплав испытал значительную дифференциацию и поэтому на диаграммах наблюдаются сильный разброс значений и перекрытие полей. Во втором случае дайки представляют собой инъекции различных порций расплава и знаменуют различные временные интервалы плавления, различающиеся как по глубине и степени плавления, так и по составу источника.

Тем не менее на некоторых дискриминационных диаграммах получается довольно дифференцированная картина. Наибольшее разделение полей состава габброидов из различных ГДО наблюдается на диаграмме  $al' - TiO_2$  (рис.10, Б).

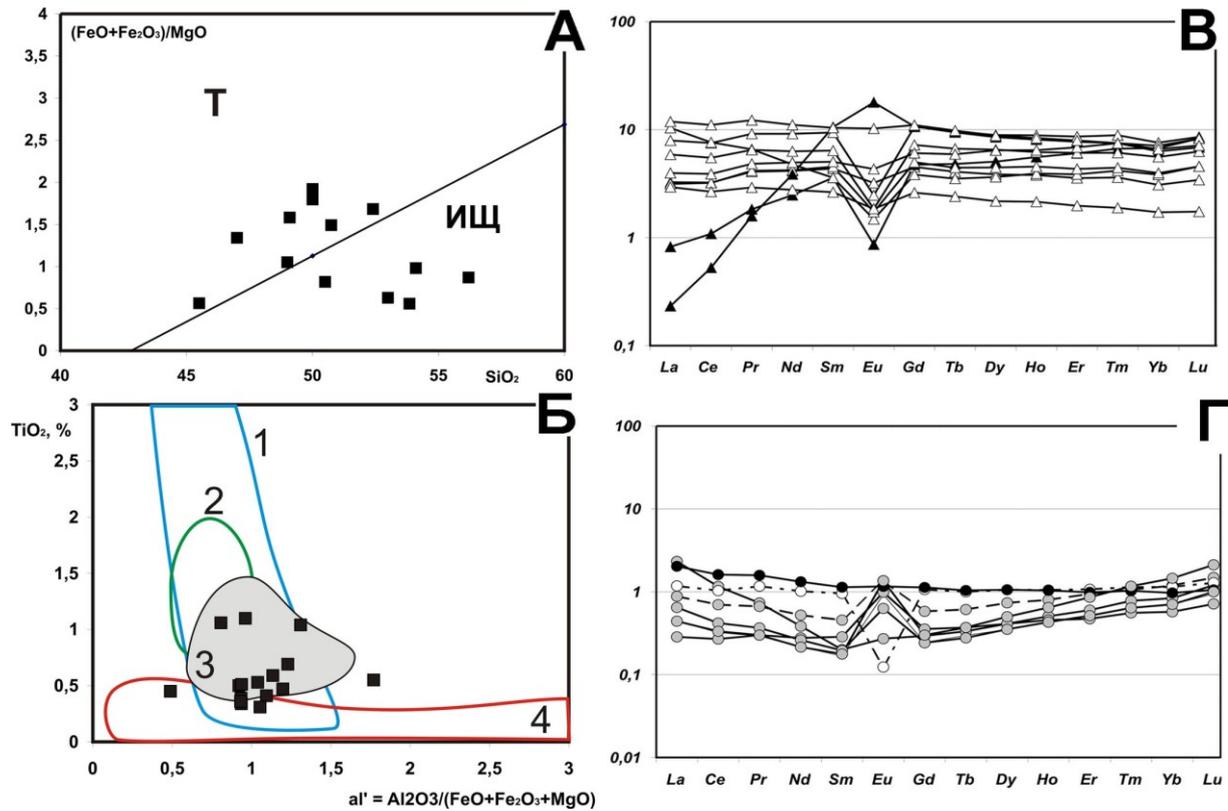


**Рис.9.** Состав хромшпинелидов из ультрамафитов Касаргинского массива. Поля на диаграммах проведены по данным работ [1, 3, 4, 10]; номера полей: I – срединно-океанические хребты (СОХ), II – глубоководные желоба, III – ксенолиты ультраосновных пород (IV – в том числе ксенолиты из базальтов)

Титан ведет себя довольно инертно в базальтах и габброидах, образующихся в «субдукционных» обстановках (базиты островных дуг (ОД) и глубоководных желобов (ГЖ)), но обнаруживает сильную тенденцию к фракционированию в «рифтогенных» обстановках (базиты траппов, континентальных рифтов (КР), срединно-океанических хребтов (СОХ), а также внутриплитные океанические базальты). Диаметрально противоположная тенденция выявлена для величины относительной глиноземистости. На диаграмме хорошо выделяются два тренда, пересекающиеся практически под прямым углом: «рифтогенно-внутриплитный» и «островодужный».

Анализ опубликованных данных по геохимии магматических пород современных спрединговых хребтов показывает, что отличие габброидов от базальтов СОХ на диаграмме  $al'-TiO_2$  обнаруживается по сильной вариации содержания оксида титана в габбро, которое изменяется

от менее 0,5 до 3–4%. В связи с этим следует выразить сомнение в «устоявшейся» принадлежности всех офиолитовых низкотитанистых габбро к «надсубдукционным». Автору настоящей работы представляется, что большее значение для палеогеодинамических реконструкций имеет общая направленность тренда дифференциации габброидного магматизма на конкретных объектах. При субпараллельном направлении тренда к оси Y ( $TiO_2$ ) габброиды офиолитов обнаруживают большее сходство с рифтогенными (СОХ или КР). Разделение континентальных и океанических рифтогенных базальтов и габброидов можно проводить по их положению на тренде: континентальные породы сильнее обогащены титаном и занимают на диаграмме более «высокое» положение. Если же тренд составов исследуемых габбро и базальтов параллелен оси X ( $al'$ ), то они ближе к надсубдукционным (ОД или ГЖ) образованиям.



**Рис. 10.** Геохимические особенности пород Касаргинского массива: А – В – габброиды, Г – ультрамафиты, А – классификационная диаграмма для разделения пород толеитовой и известково-щелочной серий, Б – поля составов габбро из различных геодинамических обстановок: 1 – срединно-океанических хребтов, 2 – областей траппового магматизма, 3 – окраинных бассейнов, 4 – бониниты и марианиты глубоководных желобов и внутриокеанических островных дуг; поля выделены по данным работ [4, 6, 9]; В, Г – содержания редкоземельных элементов, нормированные по хондриту C1 [2]; на диаграммах использованы также частные анализы из работы [8]

В нижней половине табл.1 приведены химические составы пород габброидного комплекса Касаргинского массива, которые варьируют от габбро-диоритов до пироксенитов с содержанием кремнезема от 45 до 56%. Преобладают основные породы с умеренной глиноземистостью (0,7–1,4) и умеренно низкими содержаниями  $TiO_2$ . Концентрация последнего заметно понижается с ростом содержания кремнезема: в габбро-диоритах она ниже (0,23–0,35%) по сравнению с габбро и диабазами (0,8 – 1,04%). Следует отметить, что породы даек (и долериты, и среднезернистые порфирировидные габброиды) обнаруживают более высокое содержание  $SiO_2$  и более низкие концентрации  $TiO_2$  по сравнению с породами «матрикса». На клас-

сификационных диаграммах габброиды Касаргинского массива попадают на границу между составами толеитовой и известково-щелочной серий (рис. 10, А). По соотношению глиноземистости и титанистости фигуративные точки изученных базитов также группируются в области перекрытия составов габброидов срединно-океанических хребтов и габбро из окраинных бассейнов (рис. 10, Б).

Ранее автором отмечалось [8], что для габброидов Касаргинского массива характерны умеренные содержания лантаноидов. На диаграммах (рис. 10, В) обнаруживается близость хондрит-нормированных значений для всей группы РЗЭ в большинстве изученных образцов ( $La_N \approx Sm_N \approx Lu_N = 2-10$ ), что сближает их с

типом T–MORB [8]. Лишь в двух анализах габбро зафиксировано обычное для офиолитов распределение с преобладанием тяжелых РЗЭ над легкими (тип N–MORB). По содержанию редкоземельных элементов в ультрамафитах Касаргинского массива выделяются два типа. Первый из них характеризуется концентрациями всех лантаноидов на хондритовом уровне, иногда с некоторым дефицитом европия. Породы второго типа обогащены тяжелыми лантаноидами по сравнению с легкими и средними, в них часто проявлена положительная европиевая аномалия (рис.10, Г).

Рассмотренные выше геохимические особенности ультрамафитов и габброидов указывают, что на изученной территории пространственно совмещены реститы от умеренно высоких степеней плавления мантийного субстрата и производные от различных эпизодов плавления последнего, которые также характеризуются «умеренными» содержаниями как петрогенных оксидов, так и редкоземельных элементов. Подобное сочетание сближает изученную офиолитовую ассоциацию с магматическими комплексами задуговых бассейнов.

## Выводы

1. Ультрамафиты Касаргинского массива представляют собой реститовый дунит-гарцбургитовый комплекс офиолитов, аксессуарные хромшпинелиды имеют преимущественно высокохромистый состав,

что указывает на умеренно высокое истощение мантийного субстрата при образовании легкоплавких компонентов.

2. Ультраосновные породы при трансформации в коровых условиях не испытали заметного температурного воздействия. Несмотря на то, что они почти нацело серпентинизированы, интенсивность их метаморфизма невысока: серпентиновые минералы представлены среднетемпературными разновидностями – β-лизардитом и хризотилом.

3. Габброидный комплекс массива двухфазный: 1) породы первой фазы («матрикса») представлены шлировыми габбро с умеренным содержанием оксида титана, 2) породы второй фазы – дайки долеритов и порфиридных габброидов – отличаются более высоким содержанием кремнезема и низким – оксида титана.

4. Породы изученной офиолитовой ассоциации формировались, вероятнее всего, в окраинном бассейне, в геодинамических условиях, сходных с таковыми современных областей задугового спрединга. Об этом свидетельствуют переходные от типа СОХ к островодужным геохимические характеристики как ультрамафитов, так и габброидов.

*Автор выражает благодарность Н.С. Кузнецову, Б.А. Пужакову (ОАО «Челябинскгеосъемка») и В.И. Сначеву (ИГ УНЦ РАН) за предоставленную возможность проведения полевых исследований на Касаргинском массиве.*

## Библиографический список

1. *Базылев Б.А.* Петролого-геохимическая эволюция мантийного вещества в литосфере: сравнительное изучение океанических и альпийских шпинелевых перидотитов: дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: ГЕОХИ, 2003. 371 с.
2. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
3. *Геология дна Филиппинского моря* / под ред. акад. А.В. Пейве. М.: Наука, 1980. 261 с.
4. *Магматические горные породы. Т.3. Основные породы* / под ред. Е.В. Шаркова. М.: Наука, 1985. 488 с.
5. *Магматические горные породы. Т.5. Ультраосновные горные породы* / под ред. Е.В. Шаркова. М.: Наука, 1988. 508 с.
6. *Происхождение вулканических серий островных дуг* / Т.И. Фролова, И.А. Бурикова, А.В. Гуцин и др. М.: Недра, 1985. 275 с.
7. *Савельев Д.Е.* Ультрамафиты Муслумовского массива (северо-восточная часть Южного Урала) // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. Вып.3. С. 31–42.
8. *Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А.* Геология, петрогеохимия и хромитонность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 2008. 320 с.

9. *Строение* зоны разлома Зеленого мыса: Центральная Атлантика /Ю.М. Пушаровский, А.А.Пейве, Ю.Н.Разницын и др. М.: Наука, 1989. 199 с.
10. *Barnes S.J. Roeder P.L.* The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks // *Journal of Petrology*, 2001, Vol. 42, № 12. P. 2279–2302.

## A Fragment of Ophiolite Assemblage of Kasargi Lake Area: East-Urals Megazone, Northern Part of the Southern Urals

D.E. Saveliev

Institute of Geology, Ufa Scientific Center of Russian Academy of Sciences, 450077, Ufa, K. Marksa st., 16/2. E-mail: savl71@mail.ru

The results of study of rocks of ophiolite assemblage exposed on the east coast of Kasargi Lake are presented. The ophiolite assemblage is formed with the serpentinised ultramafic rocks of dunite-harzburgite association, which are residual and the shiren-banded gabbros with a number of later dikes of diabases and porphyritic gabbros. The chemical content of mafic and ultramafic rocks of Kasargi massif shows that they are likely the equivalent rocks encountered within the backarc spreading ridges.

Key words: *ophiolite, ultramafic rocks, gabbro, diabase, Kasargi, Southern Urals*

### References

1. *Bazylev B.A.* Petrologo-geokhimicheskaya evoliutsiya mantiynogo veshchestva v litosfere: sravnitel'noye izucheniye okeanicheskikh I alpinotipnykh shpinelevykh peridotitov [Petro-geochemical evolution of lithospheric mantle substance: comparison of oceanic and alpine-type spinel peridotites]. Doctoral dissertation, GEOHI, Moskva, 2003.
2. *Balashov Yu.A.* Geokhimiya redkozemel'nykh elementov [Geochemistry of rare-earth elements]. Nauka, Moskva, 1976.
3. *Geologiya dna* Filippinskogo moria [Geology of the sea-bed of Philippine Sea]. Peyve A.V. (Ed.), Nauka, Moskva, 1980.
4. *Magmaticheskkiye gornyye porody*. V. 3. Osnovnyye porody [Igneous rocks. V. 3. Basic rocks]. Sharkov E.V. (Ed.), Nauka, Moskva, 1985.
5. *Magmaticheskkiye gornyye porody*. V. 5. Ultraosnovnyye gornyye porody [Igneous rocks. V. 5. Ultrabasic rocks]. Sharkov E.V. (Ed.), Nauka, Moskva, 1985.
6. *Proiskhozhdeniye vulkanicheskikh seriy ostrovnykh dug* [Origin of volcanic series of island arcs]. Frolova T.I., Burikova I.A., Gushchin A.V. et al. (Eds.), Nedra, Moskva, 1985.
7. *Saveliev D.E.* Ultramafity Muslyumovskogo massiva (severo-vostochnaya chast' Yuzhnogo Urala) [Ultramafics of Muslyumovskiy massif]. Perm University Herald. Geology, Issue 3, 2013, 31-42.
8. *Saveliev D.E., Snachev V.I., Savelieva E.N., and Bazhin E.A.* Geologiya, petrogeokhimiya i khromitunosnost gabbro-giperbasitovykh massivov Yuzhnogo Urala [Geology, petro-geochemistry and chromites content of gabbro-hyperbasic massifs of Southern Urals]. DisaynPoligrafServis, Ufa, 2008.
9. *Stroyeniye zony razloma Zelenogo mysa: Tsentralnaya Atlantika* [Structure of the Cape Verde fault zone: Central Atlantic], Pushcharovskiy Yu.M., Peyve A.A., Raznitsyn Yu.N. et al. (Eds.), Nauka, Moskva, 1989.
10. *Barnes S.J., Roeder P.L.* The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *Journal of Petrology*, 42(12), 2001, 2279–2302.

Рецензент – кандидат геолого-минералогических наук Б.В. Перевозчиков