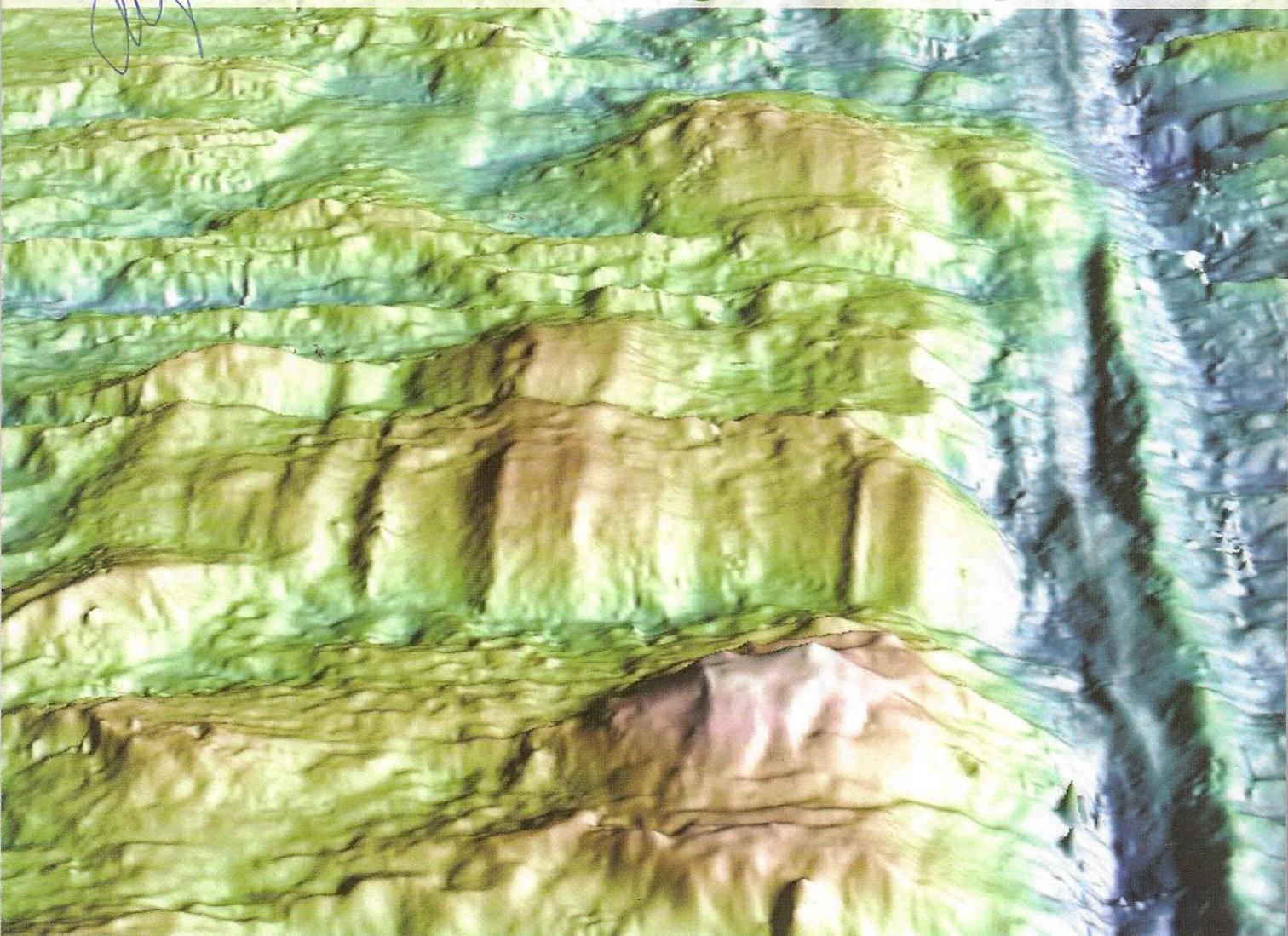


**IX Рабочее Совещание Российского Отделения  
международного проекта InterRidge**

**IX Russian Ridge Workshop**

*Handwritten signature*



**Внутренние океанические комплексы  
и гидротермальный процесс**

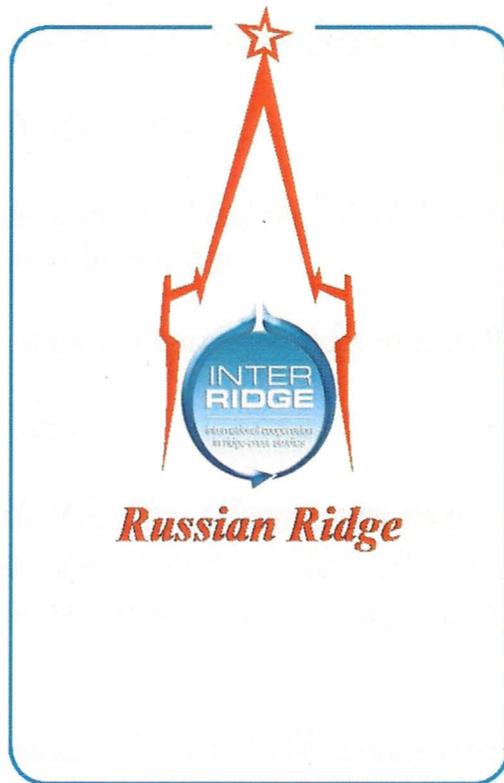
**Oceanic Core Complexes and  
Hydrothermalism**

*GeoMap.ru*



**Москва**  
**1 - 2 июня 2015 года**

**Внутренние океанические комплексы и  
гидротермальный процесс**



**Oceanic Core Complexes and  
Hydrothermalism**

**Moscow**  
**June 1 – 2, 2015**

# СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЯ УЛЬТРАБАЗИТОВ ОФИОЛИТОВЫХ АССОЦИАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ СЕРПЕНТИНИТОВ ЛОЖА ОКЕАНА, ПОЛИГОН СЬЕРРА-ЛЕОНЕ, ОСЕВАЯ ЧАСТЬ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА, 6<sup>0</sup> С.Ш. И ПОЛЯРНОУРАЛЬСКИХ ОФИОЛИТОВ)

Шарков Е.В.<sup>1</sup>, Брянчанинова Н.И.<sup>2</sup>, Макеев А.Б.<sup>1</sup>, Дубинина Е.О.<sup>1</sup>

ИГЕМ РАН<sup>1</sup>, Геологический музей РАН им. В.И. Вернадского<sup>2</sup>, Москва  
sharkov@igem.ru, nibryanchaninova@gmail.com

Считается, что офиолитовые ассоциации, наблюдаемые в складчатых поясах, являются фрагментами древней океанической литосферы, обдуцированными на края континентов. Вместе с тем, остается до конца неясным, отличаются ли серпентиниты современного океанического дна от серпентинитов по ультрабазитам мантийных комплексов офиолитов. С этой целью нами были изучены образцы из коллекции пород, драгированных в 10-м рейсе НИС «Академик Иоффе» в 2001-2002 гг. и в 22-м рейсе НИС «Профессор Логачев» в 2003 г. [5, 6] в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта (САХ) между 7°10' и 5° с.ш.

Изученный сегмент САХ лежит между разломом Богданова (7°10' с.ш.) и 5°00' с.ш., в районе разломной зоны Сьерра-Леоне. Рельеф хребта здесь сильно расчленен. Своеобразие морфоструктурного облика сегмента заключается в отсутствии здесь трансформных разломов и изменчивом простираии рифтовой долины, что обусловлено сравнительно малоамплитудными нетрансформными смещениями с левосдвиговой кинематикой. Сама рифтовая долина представлена эшелонированной системой глубоководных впадин, одна из которых достигает глубины 5 км (впадина Маркова). Днища многих рифтовых впадин и депрессий покрыты осадками. Этот факт свидетельствует о том, что современное растяжение на данном сегменте САХ на всем его достаточно большом протяжении происходит при доминировании тектонических процессов над магматическими. В то же время на фоне этого «сухого» спрединга наблюдаются мощные и протяженные вдольосевые неовулканические хребты, сложенные свежими базальтами.

Результаты драгирования рифтовых долин показали, что их борта на большом протяжении (>300 км) сложены глубинными породами 3-го слоя и, возможно, подстилающей их мантии, включая серпентинитизированные перидотиты (гарцбургиты и лерцолиты), разнообразные габброиды, а также катаклазиты и милониты по основным и ультраосновным породам и различные метасоматиты, в том числе рудоносные [6]. Сильно измененные и тектонизированные базальты и долериты обнажены как на дне рифтовой долины и ее северном и южном флангах, так и в верхней части склонов; свежие базальты с корками вулканического стекла встречены на дне долины, либо на склонах неовулканических поднятий на гребне хребта.

Среди плутонических образований полигона присутствуют по крайней мере две группы пород, имеющих свои субвулканические и вулканические эквиваленты. Это (1) примитивные высокомагнезиальные троктолиты, оливинные габбро и габбро, с геохимическими характеристиками, близкими к MORB, и (2) образования кремнеземистой Fe-Ti-оксидной серии, представленные различными феррогабброидами, часто с красно-коричневой роговой обманкой, с которыми ассоциируют жилы долеритов, диоритов и трондjemитов. Большинство из этих пород в той или иной степени подверглись катаклазу и наложенному низкотемпературному метаморфизму в условиях цеолитовой и зеленосланцевой фаций. В породах часто

встречаются жилки кальцита, пренита, актинолита и др. Кроме того, нередко наблюдаются зоны метасоматической переработки пород, в ряде случаев сопровождаемые богатой сульфидной минерализацией [6].

Среди поднятых образцов ультрабазитов выделяются три главных разновидности: *дуниты*, *гарцбургиты* и *лерцолиты*. Часть ультрабазитов имеет реликтовые первично-магматические кумулятивные структуры, характерные для пород расслоенных интрузивов. В других образцах таких структур не устанавливается и, по-видимому, они являются мантийными образованиями. В сильно измененных серпентинитах вообще не наблюдается реликтов первичных структур, и их мантийная или коровая природа неясна. Все ультрабазиты подверглись высокотемпературному катаклазу и бластомилонитизации, и имеют порфирикластическую структуру. Здесь крупные зерна оливина и пироксенов образуют овально-удлиненные порфирикласты с закругленными краями, погруженные в основную массу, состоящую из агрегатов мелких изометричных необластов того же состава. При этом в порфирикластах оливина появляются кинк-зоны и облачное погасание, а в пироксенах – облачное погасание, сопровождаемое изгибом ламелл, связанных с распадом твердых растворов. Зерна хромита часто также подвергаются катаклазу с образованием линзовидных агрегатов.

Низкотемпературные изменения ультрабазитов обычно характеризуются ячеистой серпентинизацией оливина и развитием бастита и талька по ортопироксену, тремолита по диопсиду. Хромшпинелид часто обрастает каемкой хроммагнетита. В сильно измененных ультрабазитах отмечаются многочисленные жилки карбонатов и серпофита. В полностью серпентинизированных породах первичные структуры исчезают.

**Материал для исследования.** Станция драгирования I1005, в северной части полигона, борт долины. Драгой поднят преимущественно ультрабазитовый материал (97%), а также несколько кусков базальтов и сильно измененных габбро: обр. I-1005/7 и I-1005/8 серпентиниты по гарцбургитам, в породе сохранились небольшие реликты Орх и Срх. Станция I1041, южная часть полигона, борт долины, также преимущественно ультрабазиты: обр. I-1041/20 сильно серпентинизированный дунит, практически серпентинит. Станция I1042, южная часть полигона: обр. I-1042/1 – серпентинизированный троктолит. Станция L1097, впадина Маркова, борт долины: образцы L-1097/35, 40, 43 – сильно серпентинизированные гарцбургиты, возможно, с реликтами кумулятивной структуры, L-1097/b – амфиболитизированный долерит.

**Результаты.** Образцы пород изучены современными методами исследования, проведены: термический, химический (метод РФА) и микронзондовый анализы, измерены магнитная восприимчивость, изотопия водорода серпентинов на приборном комплексе фирмы “ThermoQuest” (“Finnigan”), ИГЕМ РАН, описаны шлифы. Пересчеты анализов позволили точно диагностировать породы, определить степень и фации метаморфизма пород, результаты представлены в таблицах 1, 2.

Сравнение результатов исследования океанических ультрабазитов (САХ) и полярноуральских (Войкаро-Сынинский массив) не выявило никаких принципиальных отличий [1–4]. Петрохимических, минералогических и геохимических различий не наблюдается. Разница заключается только в предельной серпентинизации ультраосновных пород САХ, тогда как на площади полярноуральских альпинотипных массивов выявлена дифференциация пород по степени серпентинизации [2, 4], при этом центральные и более глубокие части массивов слабо серпентинизированы, либо представлены свежими породами. Ультраосновные породы станции L1097 САХ претерпели метаморфизм амфиболитовой фации, другие только зеленосланцевой. Изотопия водорода ( $\delta D, \%$ ) выявила заметные отличия в составе воды серпентинитов САХ, здесь наблюдаются значительно более высокие содержания дейтерия в среднем

на 70–100 % выше (рисунок) чем в полярноуральских породах [1]. Подтверждается ранее выявленная широтная зависимость  $\delta D$ , ‰ от состава морской воды, участвующей в серпентинизации пород.

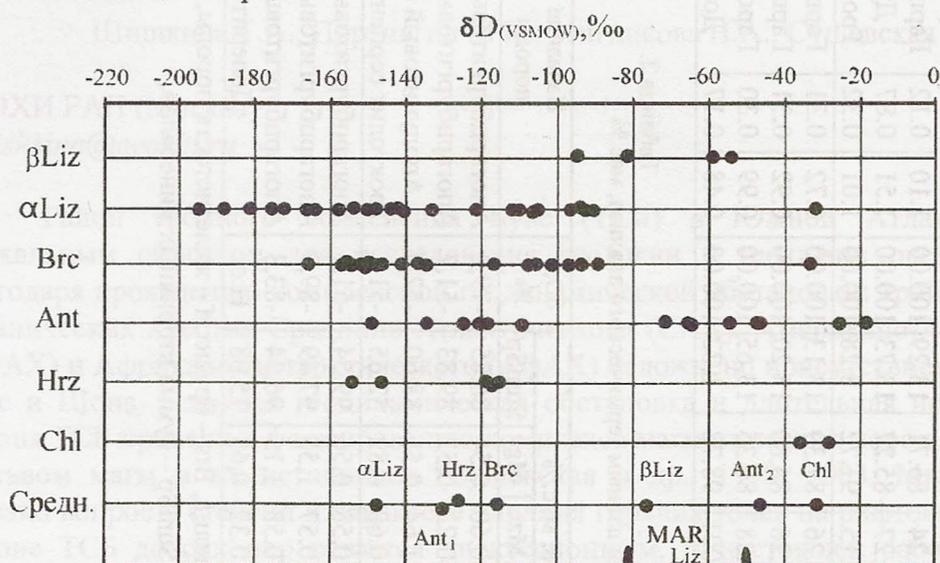


Рис. Изотопный состав водорода ( $\delta D$ , ‰) гидроксилсодержащих минералов хромитонесущих массивов Урала и ультрабазитов САХ (MAR).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о мантийной природе срединноокеанических ультрабазитов, сходных по всем признакам с лерцолит-гарцбургитовым комплексом пород альпинотипных ультрабазитов. Серпентинизация пород с морской водой проходила при более низких температурах, о чем свидетельствует присутствие ячеистого  $\gamma$ -лизардита, редкой для Урала разновидности, не характерной для альпинотипных ультрабазитов.

#### Список литературы:

1. Брянчанинова Н.И., Дубинина Е.О., Макеев А.Б. Геохимия изотопов водорода хромитонесущих ультрабазитов Урала // Докл. РАН. 2004. Т.395. №3. С. 392–396.
2. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала. СПб.: Наука. 1999. 198 с.
3. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Крупномасштабное минералогическое картирование хромитонесущих участков на примере Хойлинского рудного узла (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал) Статья 1. Прогноз хромитонесущности // Изв. ВУЗов. Геология и Разведка, 2014. № 1. С. 11–24.
4. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Крупномасштабное минералогическое картирование хромитонесущих участков на примере Хойлинского рудного узла (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал) Статья 2. Особенности образования и преобразования руд и пород // Изв. ВУЗов. Геология и Разведка, 2014. № 2. С.15–22.
5. Сколотнев С.Г., Пейве А.А., Бортников Н.С., Савельева Г.Н., Симонов В.А., Шарков Е.В., Цуканов Н.В., Турко Н.Н., Демидова Т.А., Кринов Д.И., Матюшенко А.В., Мочалов А.Г., Окина О.И. Геология рудовмещающих рифтовых впадин в районе разлома Сьерра-Леоне в Приэкваториальной Атлантике // ДАН, 2003. Т.391. № 2. С. 232–238
6. Пущаровский Ю.М., Сколотнев С.Г., Пейве А.А., Бортников Н.С., Базилевская Е.С., Мазарович А.О. Геология и металлогения Срединно-Атлантического хребта: 5-7<sup>о</sup> с.ш. М.: ГЕОС. 2004. 151 с.

на 70–100 % выше (рисунок) чем в полярноуральских породах [1]. Подтверждается ранее выявленная широтная зависимость  $\delta D$ , ‰ от состава морской воды, участвующей в серпентинизации пород.

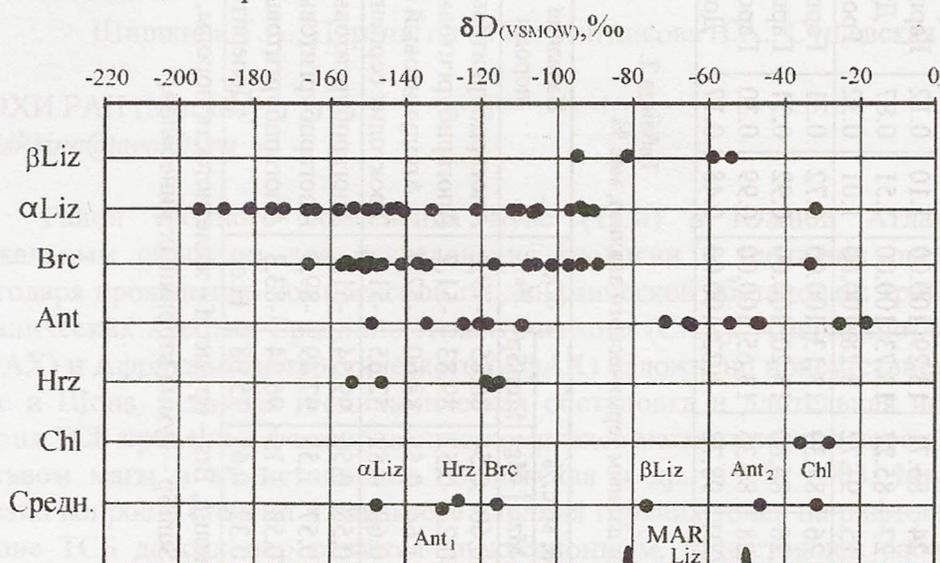


Рис. Изотопный состав водорода ( $\delta D$ , ‰) гидроксилсодержащих минералов хромитонесных массивов Урала и ультрабазитов САХ (MAR).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о мантийной природе срединноокеанических ультрабазитов, сходных по всем признакам с лерцолит-гарцбургитовым комплексом пород альпинотипных ультрабазитов. Серпентинизация пород с морской водой проходила при более низких температурах, о чем свидетельствует присутствие ячеистого  $\gamma$ -лизардита, редкой для Урала разновидности, не характерной для альпинотипных ультрабазитов.

#### Список литературы:

1. Брянчанинова Н.И., Дубинина Е.О., Макеев А.Б. Геохимия изотопов водорода хромитонесных ультрабазитов Урала // Докл. РАН. 2004. Т.395. №3. С. 392–396.
2. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала. СПб.: Наука. 1999. 198 с.
3. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Крупномасштабное минералогическое картирование хромитонесных участков на примере Хойлинского рудного узла (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал) Статья 1. Прогноз хромитонесности // Изв. ВУЗов. Геология и Разведка, 2014. № 1. С. 11–24.
4. Макеев А.Б., Брянчанинова Н.И. Крупномасштабное минералогическое картирование хромитонесных участков на примере Хойлинского рудного узла (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал) Статья 2. Особенности образования и преобразования руд и пород // Изв. ВУЗов. Геология и Разведка, 2014. № 2. С.15–22.
5. Сколотнев С.Г., Пейве А.А., Бортников Н.С., Савельева Г.Н., Симонов В.А., Шарков Е.В., Цуканов Н.В., Турко Н.Н., Демидова Т.А., Кринов Д.И., Матюшенко А.В., Мочалов А.Г., Окина О.И. Геология рудовмещающих рифтовых впадин в районе разлома Сьерра-Леоне в Приэкваториальной Атлантике // ДАН, 2003. Т.391. № 2. С. 232–238
6. Пущаровский Ю.М., Сколотнев С.Г., Пейве А.А., Бортников Н.С., Базилевская Е.С., Мазарович А.О. Геология и металлогения Срединно-Атлантического хребта: 5-7<sup>о</sup> с.ш. М.: ГЕОС. 2004. 151 с.

Таблица 1.

Химический состав океанских ультраосновных и основных пород по данным РФА, мас.%

№ №	№ 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>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Σ	ППП	Sum	H <sub>2</sub> O-	CO <sub>2</sub>	Порода
1	I-1005/8	38.55	0.03	1.87	5.85	1.56	0.21	37.96	0.99	0.31	0.02	0.02	0.46	0.24	88.07	11.93	100.00	1.14	0.32	Гарцбургит
2	I-1005/7	37.77	0.03	3.54	7.41	0.97	0.11	35.91	0.14	0.24	0.05	0.02	0.28	0.24	86.71	13.29	100.00	1.10	0.12	Гарцбургит
3	I-1041-20	35.53	0.03	0.13	0.46	7.69	0.11	40.00	0.46	0.22	0.02	0.01	0.34	0.27	85.27	13.73	100.00	1.51	0.87	Дунит
4	I-1042-1	39.54	0.20	6.76	5.00	4.87	0.15	25.78	8.65	0.33	0.03	0.01	0.25	0.15	91.72	8.28	100.00	1.01	0.32	Троктолит
5	L-1097/40	37.43	0.01	0.5	5.86	1.75	0.06	40.79	0.24	0.22	0.01	0.01	0.25	0.26	87.39	13.13	100.00	0.72	0.31	Гарцбургит
6	L-1097/35	38.23	0.01	1.91	5.30	1.68	0.08	38.23	0.29	0.29	0.04	0.01	0.47	0.26	86.80	13.20	100.00	0.92	0.31	Гарцбургит
7	L-1097/43	37.35	0.01	2.08	5.09	1.77	0.08	38.79	0.19	0.26	0.01	0.01	0.43	0.28	86.35	13.65	100.00	0.99	0.30	Гарцбургит
8	L-1097/b	50.67	1.76	13.86	7.94	3.12	0.22	7.28	10.69	2.87	0.30	0.06	0.01	0.001	98.78	1.22	100.00	0.48	0.17	Долерит

Таблица 2.

Содержания первичных и вторичные минералов, рассчитанные по химическому составу и данным термического анализа, мас.%

№ п/п	№ Образца	Состав первичных минералов, мас.%						Состав вторичных минералов, мас.%								δD, ‰	Название породы	
		Pl	Ol	En	Di	Spl	f	Brs	β-Lis	γ-Lis	Hrs	Chl	Trm	Mzt	Mgt			SumSp
1	I-1005/8		69,73	25,54	4,34	0,40	9,14	3,06		75,59		7,09		0,60	0,54	86,85	-79,2	Апогарцбургитовый серп-т
2	I-1005/7		63,30	35,83	0,62	0,34	10,64	2,10		74,80		12,20		0,23	0,52	89,83	-51,7	Апогарцбургитовый серп-т
3	I-1041-20		91,01	6,18	2,08	0,72	10,19	9,29		72,76		4,41		1,64	0,51	88,60	-52,0	Аподунитовый серп-т
4	I-1042-1	38,0	54,73	0,00	7,07	0,20	16,89	1,94		42,52		7,09		0,60	0,82	52,65	-51,1	Троктолит серпентинизир.
5	L-1097/40		83,49	15,24	1,06	0,22	8,80	1,45		79,53		7,48	10,0	0,58	0,56	99,54	-51,4	Апогарцбургитовый серп-т
6	L-1097/35		69,10	29,21	1,29	0,41	8,64	2,42	20,08		59,06	7,87	7,5	0,57	1,55	97,49	-89,0	Апогарцбургитовый серп-т
7	L-1097/43		73,77	25,01	0,85	0,37	8,40	0,65		78,74	7,87	7,5	0,58	1,15	96,34	-83,8	Апогарцбургитовый серп-т	
8	L-1097/b	55,26	3,00	0,00	41,74	0,01	43,75	2,26					12,5	0,32	0,63	15,08	Н.о.	Долерит

Примечание. Минералы: Pl – плагиоклаз, Ol – оливин, En – энстатит, Di – диопсид, Spl – хромшпинелид, Brs – брусит, f – железистость породы, β-, γ-Lis – лизардит, Hrs – хризотил, Chl – хлорит, Trm – тремолит, Mzt – магнезит, Mgt – магнетит, SumSp – сумма вторичных минералов, δD, ‰ – значение изотопии водорода в серпентинах, пересчитанное к VSMOW.

# SIMILARITIES AND DIFFERENCES OF OPHIOLITE ASSOCIATIONS ULTRABASITES (EVIDENCE FROM SERPENTINITES OCEANIC FLOOR OF SIERRA LEONE OCC, THE MID-ATLANTIC RIDGE, 6° N AND THE POLAR URALS OPHIOLITES)

Sharkov E.V.<sup>1</sup>, Bryanchaninova N.I.<sup>2</sup>, Makeev A.B.<sup>1</sup>, Dubinina E.O.<sup>1</sup>

IGEM RAS, Moscow<sup>1</sup>, V.I. Vernadsky Geological Museum RAS, Moscow<sup>2</sup>  
*sharkov@igem.ru, nibryanchaninova@gmail.com*

It is believed that ophiolite associations are fragments of ancient oceanic lithosphere, obducted on edges of continents. However, it is not clear yet are serpentinites from modern oceanic floor similar to serpentinites from ophiolite mantle ultrabasic complexes? For that aim we study some samples of serpentinites dragged in 10<sup>th</sup> cruise of R/V "Academik Ioffe" (2001-2002) and 22nd cruise of R/V "Professor Logachev" (2003) [5, 6] in axial part of the Mid-Atlantic Ridge (MAR).

Learned MAR segment lies between Bogdanov FZ (7°10') and 5° N (Sierra Leone FZ). Relief Ridge is strongly dissected. Originality morphostructural image segment is the lack of transform faults and volatile rift valley here, due to the relatively low-amplitude displacements nontransform with sinistral strike-slip kinematics. Rift valley presents itself echelon system of deep-sea trenches, one of which reaches a depth of 5 km (Markov Deep). Bottoms of many rift basins are covered by sediments. This fact indicates that the present tension in this segment of the MAR throughout its sufficiently large over dominance occurs when the tectonic processes of magma. At the same time against the background of the "dry" spreading observed powerful and extensive along axis neovolcanic ridges composed of fresh basalts.

Dredged rocks are serpentinitized mantle peridotites, gabbros, including ferrogabbros and trondhjemites as well as fresh basalts with chilled glassy crusts. Plutonic rocks are strongly altered and tectonized. The association of rocks is identical to that defined as oceanic core complexes (OCC) where deep-seated altered mantle and lower crustal rocks are exposed at the oceanic floor.

Among raised ultramafic samples are three main varieties: dunite, harzburgite and lherzolite. Part ultrabasites has relic primary magmatic cumulative structures characteristic for rocks of layered intrusions. In other samples, such structures are not set, and, apparently, they are mantle rocks. In a strongly altered serpentinites is not observed relics of primary structures, and their mantle or crustal nature is unclear. All ultrabasites undergone high temperature cataclasis and blastomylonitization and often have porphyroclastic texture: large grains of olivine and pyroxene form elongated oval-porphyroclasts with rounded edges, among aggregates of small isometric neoblasts of the same composition. In the porphyroclast olivine appear kink-band extinction and cloudy, and clouds extinction in pyroxenes, accompanied by bending of lamellae of exsolution textures. Chromite grains are often subject to cataclasis to form lenticular aggregates also.

Low temperature changes of ultrabasites are usually characterized by cellular serpentinization of olivine and development bastite and talc upon orthopyroxene, and tremolite upon diopside. Chromites are often overgrown by rim of chromemagnetite. In a strongly altered ultramafic the numerous veins of carbonates and serpophite. Primary structures disappear in completely serpentinized rocks.

**Material for the study.** Mainly ultrabasic material (97%), as well as several pieces of basalt and heavily altered gabbro raised on Site I1005 (north of studied area): samples I-1005/7 and I-1005/8 are serpentinites upon harzburgite with small relics Opx and Cpx. Samples from Site I1041 (south of the area) also represented mainly ultrabasites: I-1041/20 –

Samples from Site I1041 (south of the area) also represented mainly ultrabasites: I-1041/20 – strongly serpentinized dunite, almost serpentine. Serpentinized troctolite I1042/1 rised from Site I1042. Site L1097 (Markov Deep, slope of the valley): the samples L1097/35, 40, 43 – strongly serpentinized harzburgite, possibly with relics of cumulate texture, L1097/b – altered dolerite.

**Results.** The samples was studied by thermal and XRF methods, and microprobe analysis, measured the magnetic susceptibility; the hydrogen isotopes in serpentine by instrumental complex company "ThermoQuest" ("Finnigan") in the IGEM RAS. Recalculation of the analysis made it possible to accurately diagnose the rock to determine the extent and facies of metamorphism; the results are presented in Tables 1, 2

Comparison the results of the study of oceanic (MAR) serpentinites with serpentinites of the Polar Urals ophiolite (Voikar-Syninsky assembly) did not reveal any fundamental differences [1–4]. Petrochemical, mineralogical and geochemical differences were not observed. The only difference is large-scale serpentinization of ultramafic rocks from the MAR, whereas ultrabasites the Polar Urals are characterized by different extend of serpentinization [2, 4]; at that the central and deeper parts of massifs weakly serpentinized or presented by fresh rocks. Studied ultrabasic rocks of the MAR underwent by metamorphism of greenschist facies, and only from Site L1097 – by amphibolite facies. Hydrogen isotopes ( $\delta D$ , ‰) revealed marked some differences in the composition of the water in serpentinites MAR to compare to the Polar-Urals rocks [1]: significantly higher deuterium content observed in them (70–100 ‰ in average) (Figure). It is confirmed by previously identified latitude dependence  $\delta D$ , ‰ on the composition of seawater involved in serpentinization of rocks.

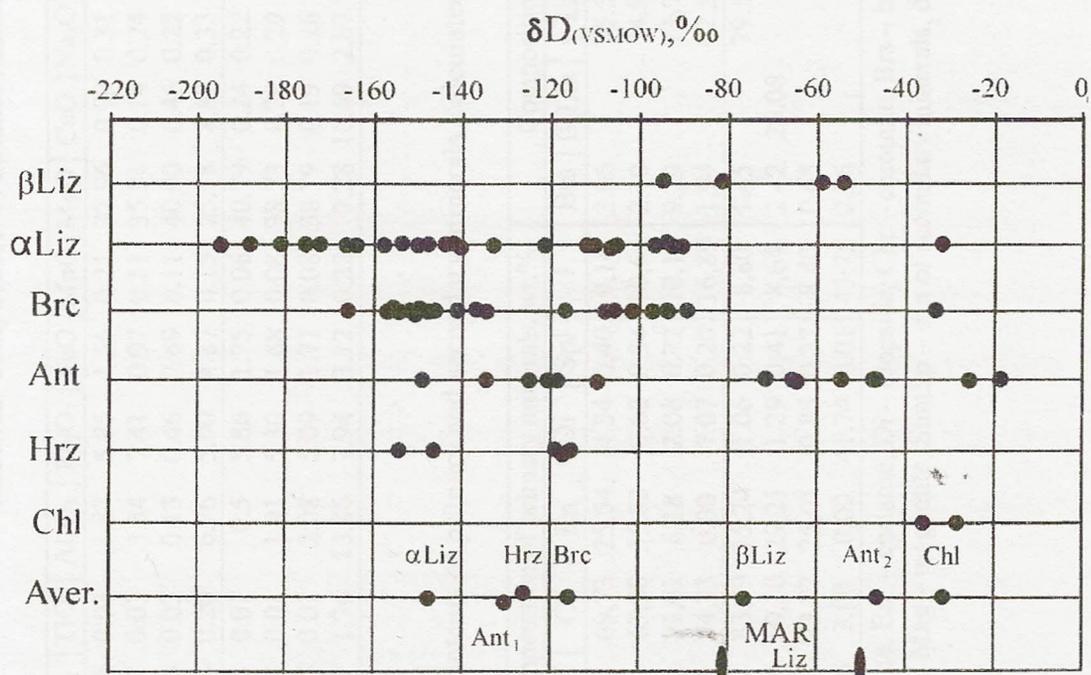


Fig. Hydrogen isotope composition ( $\delta D$ , ‰) of hydroxile-bearing minerals of chromite-bearing ultramafic Rocks of the Urals and ultramafites MAR

Our studies suggest that mid-oceanic mantle ultramafics similar in all features with alpine peridotites. Serpentinization of rocks by sea water occurred as a low-temperature hydrothermal process, as evidenced by the presence of cellular  $\delta$ - and  $\gamma$ -lizardite, rare for the Urals varieties, not typical of Alpine ultramafic.

References:

1. Bryanchaninova N.I., Dubinina E.O., and Makeyev A.B. Hydrogen Isotope Geochemistry of Chromite-Bearing Ultramafic Rocks of the Urals // Dokl. Earth. Sci., 2004. Vol. 395. N 3. pp. 359–363.
2. Makeyev A.B., Bryanchaninova N.I. Topomineralogy of ultrabasits of Polar Urals. St.Peterburg: Nauka. 1999. 198 p. (in Russian)
3. Makeyev A.B., Bryanchaninova N.I. The large-scale mineralogical mapping of chromite: Khoylinsk ore node case study (Voikar-Syninsk massive, Polar Urals). Article 1. The forecast of chromite content // Proceeding of higher Educational Establishments. Geology and Exploration, 2014. N 1. pp. 11–24 (in Russian).
4. Makeyev A.B., Bryanchaninova N.I. The large-scale mineralogical mapping of chromite: Khoylinsk ore node case study (Voikar-Syninsk massive, Polar Urals). Article 2. Genesis and transformation of the rocks and ores destinctions // Proceeding of higher Educational Establishments. Geology and Exploration, 2014. N 2. pp. 15–22 (in Russian).
5. Skolotnev S.G., Peyve A.A., Savel'eva G.N., Turko N.N., Okina O.I., Bortnikov N.S., Sharkov E.V., Krinov D.I., Mochalov A.G., Simonov V.A., Tsukanov N.V., Demidova T.A., Matyushenko A.V. Geology of ore-housing rift deeps near the Sierra Leone Fracture Zone, equatorial Atlantic // Dokl. Earth. Sci., 2003. Vol.. 391. N 5. pp. 679–684.
6. Puscharovskiy Yr.M., Skolotnev S.G., Peyve A.A., Bortnikov N.S., Bazilevskaya E.S., Mazarovich A.O. Geology and metallogeny of the Mid-Atlantic Ridge: 5-7° N. M.: GEOS. 2004. 151 p. (in Russian).

Table 1

## Chemical composition of oceanic mafites and ultramafites, RXF, wt.%

No No	Sample	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>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Σ	LOI	Total	H <sub>2</sub> O-	CO <sub>2</sub>	Rocks
1	I-1005/8	38.55	0.03	1.87	5.85	1.56	0.21	37.96	0.99	0.31	0.02	0.02	0.46	0.24	88.07	11.93	100.00	1.14	0.32	Harzburgite
2	I-1005/7	37.77	0.03	3.54	7.41	0.97	0.11	35.91	0.14	0.24	0.05	0.02	0.28	0.24	86.71	13.29	100.00	1.10	0.12	Harzburgite
3	I-1041-20	35.53	0.03	0.13	0.46	7.69	0.11	40.00	0.46	0.22	0.02	0.01	0.34	0.27	85.27	13.73	100.00	1.51	0.87	Dunite
4	I-1042-1	39.54	0.20	6.76	5.00	4.87	0.15	25.78	8.65	0.33	0.03	0.01	0.25	0.15	91.72	8.28	100.00	1.01	0.32	Troctolite
5	L-1097/40	37.43	0.01	0.5	5.86	1.75	0.06	40.79	0.24	0.22	0.01	0.01	0.25	0.26	87.39	13.13	100.00	0.72	0.31	Harzburgite
6	L-1097/35	38.23	0.01	1.91	5.30	1.68	0.08	38.23	0.29	0.29	0.04	0.01	0.47	0.26	86.80	13.20	100.00	0.92	0.31	Harzburgite
7	L-1097/43	37.35	0.01	2.08	5.09	1.77	0.08	38.79	0.19	0.26	0.01	0.01	0.43	0.28	86.35	13.65	100.00	0.99	0.30	Harzburgite
8	L-1097/b	50.67	1.76	13.86	7.94	3.12	0.22	7.28	10.69	2.87	0.30	0.06	0.01	0.001	98.78	1.22	100.00	0.48	0.17	Dolerite

Table 2

## Contents of primary and secondary minerals, calculated on chemical composition and thermal analysis data, wt.%

NoNo	Sample	Composition of primary minerals, wt.%						Composition of the secondary minerals, wt.%								δD, ‰	Rock	
		Pl	Ol	En	Di	Spl	f	Brs	β-Lis	γ-Lis	Hrs	Chl	Trm	Mzt	Mag			SumSp
1	I-1005/8		69,73	25,54	4,34	0,40	9,14	3,06		75,59		7,09		0,60	0,54	86,85	-79,2	ApoHarzburgite serpentinite
2	I-1005/7		63,30	35,83	0,62	0,34	10,64	2,10		74,80		12,20		0,23	0,52	89,83	-51,7	ApoHarzburgite serpentinite
3	I-1041-20		91,01	6,18	2,08	0,72	10,19	9,29		72,76		4,41		1,64	0,51	88,60	-52,0	Apodunite serpentinite
4	I-1042-1	38,0	54,73	0,00	7,07	0,20	16,89	1,94		42,52		7,09		0,60	0,82	52,65	-51,1	Troctolite serpentinitized
5	L-1097/40		83,49	15,24	1,06	0,22	8,80	1,45		79,53		7,48	10,0	0,58	0,56	99,54	-51,4	ApoHarzburgite serpentinite
6	L-1097/35		69,10	29,21	1,29	0,41	8,64	2,42	20,08		59,06	7,87	7,5	0,57	1,55	97,49	-89,0	ApoHarzburgite serpentinite
7	L-1097/43		73,77	25,01	0,85	0,37	8,40	0,65			78,74	7,87	7,5	0,58	1,15	96,34	-83,8	ApoHarzburgite serpentinite
8	L-1097/b	55,26	3,00	0,00	41,74	0,01	43,75	2,26					12,5	0,32	0,63	15,08	N.m.	Dolerite

Pl – plagioclase, Ol – olivine, En – enstatite, Di – diopside, Chr – chromite, Brs – brucite, f – iron number, β-, γ-Lis – lizardite, Hrs – chrysotile, Chl – chlorite, Trm – tremolite, Mzt – magnetite, Mag – magnetite, SumSp – sum of secondary minerals, δD,‰ – Hydrogen Isotope meaning in serpentinites, recalculated to VSMOW.