

УДК 552.321.5:549.27 (470.21)

ГЛУБИННЫЙ КСЕНОЛИТ ПЛАТИНОНОСНОГО ВЕБСТЕРИТА ИЗ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ВОЛЧЬЕТУНДРОВСКОГО ГАББРО-АНОРТОЗИТОВОГО МАССИВА В КОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

В. В. Чашин^{1,*}, Е. Э. Савченко¹, М. С. Люлько²

Представлено академиком РАН И.Д. Рябчиковым 14.02.2017 г.

Поступило 21.02.2017 г.

Представлены результаты исследований глубинного платиноносного ксенолита, обнаруженного в Волчьетундровском габбро-анортозитовом массиве в Кольском регионе. Показано, что ксенолит размером $8,5 \times 4$ м сложен вебстеритами в центральной части и плагиовебстеритами в краевой. Изучен химический и минеральный составы пород ксенолита, приведены сведения о содержаниях в них благородных и халькофильных элементов, а также о минеральном составе платинометальной минерализации.

Ключевые слова: глубинный ксенолит, вебстериты, плагиовебстериты, химический состав пород, содержание благородных и халькофильных элементов, минералы платиновой группы, Волчьетундровский габбро-анортозитовый массив, Кольский регион.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652486178-82>

Глубинные ксенолиты, выносимые на поверхность главным образом базальтовыми магмами и кимберлитами, являются одними из основных и единственными непосредственными источниками информации о составе и строении нижней коры и верхней мантии. Важный генетический интерес представляют сведения о содержании благородных металлов и их минеральном составе в мантийных включениях. В связи с высокой скоростью подъёма базальтовых магм и особенно кимберлитов, даже небольшие по размеру ксенолиты обычно оказываются на поверхности в весьма хорошей сохранности. Подобные ксенолиты в интрузивных базитовых породах весьма редки, поскольку из-за сравнительно медленной скорости подъёма магматического расплава они обычно полностью ассимилируются, поэтому одним из необходимых условий сохранности ксенолитов в таких условиях являются их крупные размеры.

Большой интерес представляет ксенолит платиноносных вебстеритов в Волчьетундровском габбро-анортозитовом массиве, который обнаружен одним из авторов данной статьи в 2003 г. в ходе проведения

поисковых работ на платиноиды. Ксенолит расположен в северной части Волчьетундровского массива ($68^{\circ}11'11''$ с.ш., $32^{\circ}23'14''$ в.д.), в районе водораздельной части хребта Волчьих тундр, в 1,3 км к северу от его наиболее высокой возвышенности — гора Юкспор (рис. 1а). Волчьетундровский габбро-анортозитовый массив слагает среднюю часть комплекса автономных анортозитов Главного хребта, маркирующего тектонический шов между двумя главными геологическими структурами региона: Кольским блоком и Беломорским подвижным поясом. В его строении выделяются две зоны: краевая, сложенная мелко-среднезернистыми норитами, габбро-норитами и плагиоортопироксенитами, и главная, представленная средне-крупнозернистыми лейкогаббро, лейкогаббро-норитами и анортозитами (рис. 1а). Возраст пород массива определён U–Pb-методом по циркону и составляет около 2470 млн лет [1]. Следует отметить, что с норитами и плагиоортопироксенитами восточной краевой зоны Волчьетундровского массива связано малосульфидное Pt–Pd-оруденение [2].

Ксенолит залегает среди мезо-лейкократовых габбро-норитов главной зоны массива, имея с ними крутопадающие, чёткие и довольно резкие контакты. В плане он образует тело овальной формы размером $8,5 \times 4$ м, вытянутое по длинной оси в субширотном направлении (рис. 1б), дискордантно относительно меридиональной ориентировки самого массива.

¹Геологический институт Кольского научного центра Российской Академии наук, Апатиты Мурманской обл.

²ОАО «Центрально-Кольская экспедиция», Мончегорск Мурманской обл.

*E-mail: chashchin@geoksc.apatity.ru

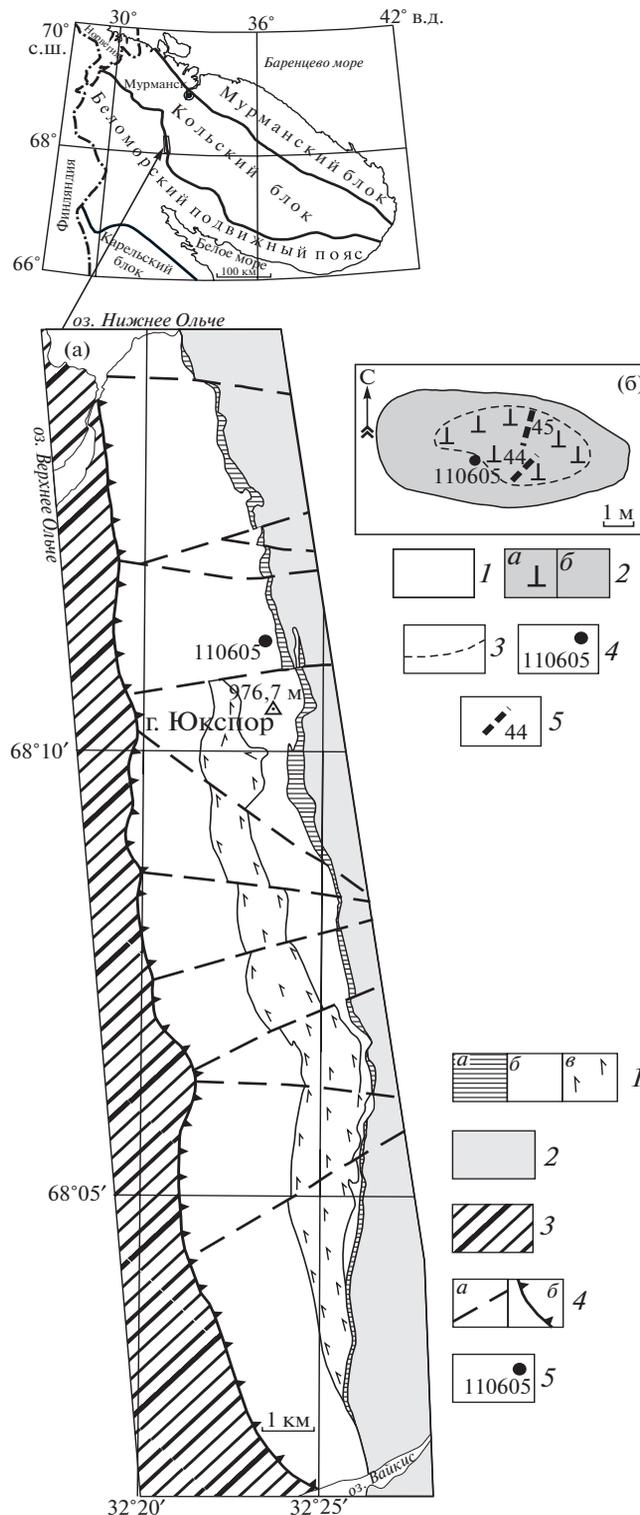


Рис. 1. Схема геологического строения Волчъетундровского габбро-анортозитового массива (а): 1 — породы Волчъетундровского массива: лейконориты, плагио-ортопироксениты и габбро-нориты краевой зоны (а), крупнозернистые габбро, габбро-нориты (б) и анортозиты (в) главной зоны; 2 — Кольский блок: основные и кислые гранулиты, амфиболиты, плагиогнейсы гранат-биотитовые, кварциты магнетитовые, гнейсо-диориты и эндербиты; 3 — Беломорский подвижный пояс: гнейсы биотитовые, амфиболиты, гнейсо-плагиограниты и гнейсо-диориты; 4 — разрывные нарушения: неустановленной морфологии (а), надвиги (б); 5 — местоположение обнажения глубинного ксенолита и его номер. План обнажения глубинного ксенолита (б): 1 — лейко-мезократовые габбро-нориты главной зоны Волчъетундровского массива; 2 — породы глубинного ксенолита: вебстериты (а), плагиовебстериты (б); 3 — геологические границы предполагаемые; 4 — образец и его номер; 5 — бороздовые пробы и их номера.

Макроскопически ксенолит представлен довольно однородными, плотными, массивными мелко-среднезернистыми породами тёмно-серого цвета. В строении ксенолита выделяются две зоны: центральная и краевая.

Центральная зона размером 4×3 м (рис. 1б) выполнена мелко-среднезернистыми плагиоклаз-содержащими амфиболизированными вебстеритами. Минеральный состав породы (об.%): ортопироксен (20–30) — бронзит (Fs_{21-27}), клинопироксен (20) — малотитанистый диопсид ($\text{En}_{43-46}\text{Fs}_8\text{Wo}_{46-49}$), плагиоклаз (до 5) — анортит ($\text{An}_{97}\text{Ab}_3$), бледно-зелёный амфибол (40–45), развивающийся по пироксенам. В породе присутствует обильная мелкая вкрапленность сульфидов пентландит-пирротин-халькопиритового состава (от 1–2 до 5 об.%), в виде редких зёрен присутствует оливин (хризолит Fa_{22}), замещённый буровато-красным идингситом, и магнетит, как замещающий оливин, так и развитый в виде редких отдельных зёрен. Структура вебстеритов панидиоморфнозернистая с фрагментами псевдоморфной и участками келифитовой.

Краевая зона ксенолита мощностью 1–1,5 м (рис. 1б) образована слабо амфиболизированными плагиовевстеритами с редкими зёрнами оливина, также содержащими мелкую вкрапленность сульфидов (1–2 об.%). От вебстеритов центральной зоны они отличаются повышенным (до 10–15 об.%) содержанием более кислого плагиоклаза (битовнит $\text{An}_{71-74}\text{Ab}_{26-29}$), более железистыми пироксенами: авгитом ($\text{En}_{41-43}\text{Fs}_{13-16}\text{Wo}_{43-44}$) и гиперстеном (Fs_{30-34}), а также оливином (Fa_{25}) и слабой степенью амфиболизации. Средняя температура минеральных равновесий в вебстеритах составляет 1100°C , давление около 16 кбар. Эти *PT*-параметры свойственны фации глубинности шпинелевых перидотитов, для которой характерны давления 10–20 кбар. По-видимому, они отражают *PT*-условия, существовавшие

в породе ксенолита на момент его захвата анортозитовым расплавом около 2,5 млрд лет назад.

По химическому составу (табл. 1) вебстериты и плагиовевстериты ксенолита близки между собой и характеризуются умеренным фракционированием ($f = 0,4$), заметным преобладанием CaO над Al_2O_3 ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} = 0,5-0,6$), низкой величиной $\text{MgO}/\text{SiO}_2 = 0,3-0,4$ и щёлочности ($K_{\text{ант}} = 0,09-0,11$). Согласно этим петрохимическим параметрам, данные породы наиболее близки верлит-пироксенит-горнблендитовому типу мантийных субстратов “чёрной” серии [3], отличаясь от них низкой титанистостью.

Распределение элементов платиновой группы (ЭПГ) и Au в породах ксенолита, приведённое в табл. 2, показывает, что ЭПГ очень сильно фракционированы. Содержания легкоплавких платиноидов (Pt, Pd, Rh) в породах ксенолита на два-три порядка выше, чем тугоплавких (Ru, Ir, Os), которые находятся на уровне примитивной мантии. При этом в вебстеритах центральной зоны содержания Pt, Pd, Au и Ag в три-шесть раз выше, чем в плагиовевстеритах краевой зоны (табл. 2). Кроме того, если для вебстеритов характерно превышение Pt над Pd ($\text{Pd}/\text{Pt} = 0,83-0,84$), то в плагиовевстеритах, наоборот, Pd преобладает над Pt ($\text{Pd}/\text{Pt} = 1,38$). Как для вебстеритов, так и плагиовевстеритов свойственно преобладание Cu над Ni, что отражает ведущую роль халькопирита в составе сульфидной минерализации. Полученный характер распределения ЭПГ весьма необычен, отличаясь от такового в платинометалльных месторождениях Фенноскандинавского щита, которые главным образом представлены малосульфидными рудами в расслоенных интрузиях с существенно Pd специализацией [4].

Минеральный состав благородных металлов, опделённый при помощи сканирующего электрон-

Таблица 1. Химический состав пород глубинного ксенолита и вмещающих пород главной зоны Волчьютундровского габбро-анортозитового массива, мас.%

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.	H ₂ O ⁻	Cr ₂ O ₃	Сумма
1 (44)	48,30	0,29	6,45	1,30	11,22	0,24	17,31	11,87	0,66	0,05	1,41	0,40	0,04	99,54
2 (45)	47,51	0,24	7,73	1,96	9,37	0,21	14,82	12,24	0,74	0,05	2,45	0,99	0,04	98,71
3 (110605)	48,16	0,39	8,18	0,10	10,11	0,20	17,06	13,35	0,70	0,07	0,86	0,20	0,02	99,40
4	51,08	0,32	15,16	0,63	7,99	0,15	11,26	10,48	1,92	0,21	0,26	0,14	0,03	99,63

Примечание. 1–2 — амфиболизированные вебстериты центральной зоны ксенолита; 3 — плагиовевстерит краевой зоны ксенолита; 4 — лейкогаббро-нориты главной зоны Волчьютундровского габбро-анортозитового массива, среднее по шести анализам. Анализы выполнены в ГИ КНЦ РАН (г. Апатиты) аналитической группой под руководством Л.И. Константиновой, п.п.п. — потери при прокаливании.

Таблица 2. Содержания благородных элементов, Ni и Cu (г/т) в породах глубинного ксенолита из Волчегундровского габбро-анортозитового массива

№ проб	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Os	Сумма ЭПГ	Au	Ag	Ni	Cu
1 (44)	4,97	4,15	0,02	0,005	0,008	0,004	9,157	1,99	1,85	1086,0	3698,3
2 (45)	5,80	4,83	0,11	0,005	0,013	0,005	10,763	2,11	2,21	2195,3	8565,4
3 (110605)	1,23	1,70	0,01	0,002	0,004	0,003	2,949	0,38	0,68	1064,3	2074,9

Примечание. 1–2 — амфиболлизированные вебстериты центральной зоны ксенолита; 3 — плагиовебстерит краевой зоны ксенолита. Содержания ЭПГ и Au определены в ФГУП ЦНИГРИ (г. Москва) методом ICP-MS с предварительным пробирным концентрированием в никелевый штейн (аналитическая группа под руководством А.П. Кузнецова), Ni и Cu — методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург), аналитик Д.М. Киселева, Ag — атомно-абсорбционным методом в ГИ КНЦ РАН (г. Апатиты), аналитик Л.В. Филипычева.

ного микроскопа LEO-1450, характеризуется большим разнообразием собственных фаз (около 40). Среди них преобладают теллуриды (мончеит), висмутотеллуриды (котульскит), интерметаллиды (сплавы Fe–Pt и Au–Ag–Pt–Pd) и самородные элементы (золото и электрум), реже развиты сульфиды Pt и Pd (куперит, брэггит и высокоцит). В единичных случаях встречены такие редкие минералы ЭПГ, как луккулайсваараит ($Pd_{14}Ag_2Te_9$), хрисстанлейит ($Ag_2Pd_3Se_4$), звягинцевит (Pd_3Pb) и торнроозит ($Pd_{11}As_2Te_2$), а также неназванные сплавы различного состава. В основном минералы платиновой группы представлены зёрнами субмикронной размерности (1–3 мкм), в редких случаях достигающими величины 10–30 мкм (высоцкит и мончеит), развитыми в тесной ассоциации с халькопиритом, реже борнитом, пентландитом и пирротинном.

Мы предполагаем, что описанный ксенолит в какой-то мере отражает состав верхней части литосферной мантии. Скорее всего, он характеризует состав наиболее ранних выплавок из мантийных лерцолитов [3] или оливиновых вебстеритов [5], рассматриваемых в качестве верхнемантийных протолитов. Не исключено, что и высокое содержание платиноидов в вебстеритах ксенолита (около 10 г/т) также является следствием ранней стадии мантийного магмаобразования, сопряжённого с образованием сульфидных расплавов обогащённых платиноидами [6]. Плагиовебстериты краевой зоны ксенолита, по-видимому, образовались в результате частичной ассимиляции ксенолита при взаимодействии его с анортозитовой магмой. Наряду с вышеописанной моделью нельзя исключить и вероятность присутствия системы эшелонированных рудоносных магматических очагов в нижней коре, продукты

кристаллизации которых были захвачены поднимающимся анортозитовым расплавом.

Разнообразие минералов благородных металлов в породах глубинного ксенолита, по-видимому, является следствием различных условий их кристаллизации. Скорее всего сульфиды ЭПГ и Fe–Pt-сплавы кристаллизовались в относительно высокотемпературных условиях и являются типоморфными для верхнемантийных вебстеритов, тогда как теллуриды, висмутотеллуриды, а также соединения Au и Ag образовались в более низкотемпературных условиях, что свидетельствует о длительных и сложных процессах транспортировки пород ксенолита.

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 15–35–20501 мол_a_вед).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чащин В.В., Баянова Т.Б., Елизарова И.Р., Серов П.А. // Петрология. 2012. Т. 20. № 5. С. 514–540.
2. Чащин В.В., Петров С.В. // Геология руд. месторождений. 2013. Т. 55. № 5. С. 415–442.
3. Лазько Е.Е., Шарков Е.В., Богатиков О.А. // Геохимия. 1993. № 12. С. 165–188.
4. Alapieti T.T., Lahtinen J.J. The Geology, Geochemistry, Mineralogy and Mineral Beneficiation of Platinum-Group Elements. Ontario: Canad. Inst. Mining, Metallurgy and Petroleum. 2002. Spec. Vol. 54. P. 507–546.
5. Кутюлин В.А., Широких В.А. В сб.: Материалы XI Всероссийского петрограф. совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. Т. 1. С. 358–359.
6. Рябчиков И.Д., Орлова Г.П., Бабанский А.Д., Магазина Л.О., Ценин А.И. // Рос. журн. наук о Земле. 1999. Т. 1. № 6. С. 511–519.

**DEEP XENOLITH OF PLATINUM-BEARING WEBSTERITE
FROM PALEOPROTEROZOIC VOLCHETUNDRА GABBRO-ANORTHOSITE
MASSIF IN THE KOLA REGION**

V. V. Chashchin¹, Y. E. Savchenko¹, M. S. Lyulko²

*¹Geological Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences,
Apatity, Murmansk district, Russian Federation*

²Joint Stock Company "Central Kola Expedition", Monchegorsk, Murmansk district, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS I.D. Ryabchikov February 14, 2017

Received February 21, 2017

The results of studies of the deep platinum-bearing xenolith found in the Volchetundra gabbro-anorthosite massif of the Kola region are presented. It is shown that xenolith with a size of 8.5×4 m is composed of websterite in the central part and plagiowebsterite in the marginal. The chemical and mineral composition of xenolith rocks was studied. Information is given on the contents of noble and chalcophile elements in them, as well as the composition of platinum group minerals.

Keywords: deep xenolith, websterite, plagiowebsterite, chemical composition of rocks, the content of noble and chalcophile elements, platinum group minerals, Volchetundra gabbro-anorthosite massif, Kola region.