Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XXII, вып. 2, 1977 г.

О КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОЛИВИНИТОВ МАССИВА ЛЕСНАЯ ВАРАКА

Ю.А.СОЛОПОВ

С массивами ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов связан широкий комплекс полезных ископаемых,[x] многие из которых используются в различных отраслях народного хозяйства. В то же время на этих массивах имеется ряд полезных ископаемых, использование которых станет возможно в ближайшие годы в связи с ростом потребности в некоторых видах сырья и совершенствования методов обогащения. К таким полезным ископаемым относятся титаномагнетитовые оливиниты – наиболее древние образования карбонатитовых комплексов. Содержание титаномагнетита в оливинитах колеблется в широких пределах и достигает 50-60% объема породы. Для оливинитов характерна сидеронитовая структура, густовкрапленные или полосчатые текстуры. Богатые титаномагнетитом оливиниты образуют среди нормальных оливинитов штокверкоподобные или линзообразные тела и имеют с ними обычно постепенные переходы. Такие оливиниты формировались из обогащенных рудным веществом остаточных расплавов, образовавшихся в процессе гравитационно-кинетической дифференциации ультраосновной магмы.[xx]

Титаномагнетитовые оливиниты могут рассматриваться как комплексное сырье для получения никельсодержащих титаномагнетитовых и оливиновых концентратов. Наиболее крупные тела титаномагнетитовых оливинитов известны на двух массивах Кольского полуострова – Ковдорском и Лесная Варака. Оливиниты Ковдорского массива практически полностью оказались под городскими застройками и возможность их разработки сомнительна. Массив Лесная Варака, расположенный в благоприятных транспортно-экономических условиях, может рассматриваться как реальный источник данного вида сырья.

Массив Лесная Варака (см. рисунок) – крупное, штокообразное тело оливинитов, окруженное с юга и юго-запада прерывистой полосой более поздних пироксенитов. Среди оливинитов встречаются маломощные (1-2 м) дайки щелочных пород: ийолитов, тунгуитов и сиенитов. В центральной части масси-

[x] В.И.Терновой. Генетические типы месторождений полезных ископаемых формации ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова. – Зап. ЛГИ, 1974, т.67, вып. 2.

[xx] Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии. Под ред. А.А.Кухаренко. М., „Недра", 1965.



ематическая геологическая карта массива Лесная Варака (с использованием материалов А.А.Кухаренко)

1 участки интенсивной сунгулитизации оливинитов; 2 – жилы доломитовых карбонатитов; 3 тремолитовые породы; 4 серпентинизированные оливиниты; 5 – пироксениты; 6 фениты; 7 – титаномагнетитовые руды; 8 – оливиниты титаномагнетитовые мелко- и среднезернистые; 9 – участки безрудных гигантозернистых оливинитов; 10 – геологические границы; 11 – границы массива по геофизическим данным

ва наблюдается серия крутопадающих жил доломитовых карбонатитов, с которыми пространственно и генетически связаны породы существенно тремолитового состава и серпентинизированные оливиниты. Широко на массиве развиты сунгулитовые образования, связанные с гипергенезом оливинитов.

Оливиниты занимают около 80% площади массива и представляют собой единое, но не однородное по строению тело. По количественному соотношению породообразующих и рудных минералов, текстурно-структурным признакам и условиям образования среди оливинитов можно выделить: I) оливиниты титаномагнетитовые, мелко- и среднезернистые; 2) титаномагнетитовые руды полосчатые, мелко- и среднезернистые; 3) титаномагнетит-перовскитовые руды тонко- и мелкозернистые; 4) оливиниты безрудные, гигантозернистые; 5) титаномагнетитовые руды гигантозернистые. Наиболее распространены мелко- и среднезернистые оливиниты, занимающие около 60% площади массива. Это типичные интрузивные породы с массивной текстурой, существенно оливинового состава с вкрапленным титаномагнетитом, содержание которого не превышает I0%. В незначительном количестве присутствует перовскит. В ни-

Таблица

Химический состав титаномагнетита,[x] %

Окислы	Из оливинитов		Из титаномагнетитовых руд		
	мелко-, и среднезернистых	гигантозернистых	мелко- и среднезернистых		гигантозернистых
SiO_2	3,20	1,80	1,40	1,50	1,60
TiO_2	8,20	8,40	11,75	10,40	8,80
Al_2O_3	2,48	1,88	2,33	2,01	1,84
Fe_2O_3	46,15	45,99	46,38	49,10	50,46
FeO	29,49	32,79	29,71	30,42	29,63
MnO	0,32	0,32	0,32	0,28	0,25
CaO	0,28	0,42	0,42	0,14	0,42
MgO	5,69	5,40	7,20	6,31	5,13
Cr_2O_3	3,45	2,11	0,42	0,32	1,09
NiO	0,20	0,20	0,20	0,15	0,18
V_2O_5	0,08	0,13	0,08	0,08	0,09
CoO	0,043	0,044	0,048	0,047	0,042
ZnO	0,040	0,047	0,038	0,031	0,046
	99,62	99,53	100,30	100,79	99,58

[x] Анализы выполнены в ЦХЛ СЗТГУ в 1975 г.; аналитики М.И.Кержаневич и В.И.Вороховская.

Таблица 2

Химический состав оливина, %

Окислы	Из оливинитов			Из титаномагнетитовых руд	
	мелко- и среднезернистых	гигантозернистых		мелко- и среднезернистых	гигантозернистых
SiO_2	40,70	39,80	37,85[x]	39,80	39,80
TiO_2	0,08	0,03	0,06	0,36	0,09
Al_2O_3	0,30	0,25	0,86	0,30	0,20
Fe_2O_3	2,57	1,87	4,26	2,02	2,28
FeO	10,75	10,70	12,32	8,09	9,93
MnO	0,25	0,23	–	0,13	0,23
CaO	0,84	0,70	0,54	0,70	0,84
MgO	43,97	46,17	42,66	48,21	45,87
Na_2O+K_2O			0,06		
NiO	0,15	0,15	0,04	0,12	0,12
CoO	0,022	0,018		0,018	0,019
ZnO	0,007	0,007		0,004	0,008
Cr_2O_3	0,01	0,007		Не обнаружено	Не обнаружено
H_2O^-	0,06	0,06	0,38	0,02	0,10
H_2O^+	–	–	1,37	–	–
	100,75	100,84	100,40	100,36	100,73

[x] Данные этой пробы – из материалов В.А.Афанасьева (1939 г.); остальные анализы выполнены в ЦХЛ СЗТГУ в 1975 г.; аналитики М.И.Кержаневич и В.И.Вороховская.

ной части оливинитовой интрузии сосредоточены линейно-вытянутые тела титаномагнетитовых руд, характеризующихся мелко- и среднезернистой структурой и полосчатой текстурой, обусловленной чередованием полос титаномагнетита и оливинита (мощность полос 0,5–2 см). Полосы титаномагнетита группируются в зоны мощностью до 2–5 м, которые в свою очередь объединяются в серии мощностью от 25 до 200 м. Падение полосчатости под углами 30–70° к центру массива. Содержание титаномагнетита в рудах колеблется от 10 до 50–60%, в среднем 20%. Среди титаномагнетитовых руд имеется ряд разобщенных в пространстве участков, обогащенных перовскитом, которые залегают согласно с полосчатостью, но иногда срезают ее под острыми углами. Гигантозернистые безрудные оливиниты (содержание титаномагнетита 1–3%) образовались в процессе перекристаллизации первичных оливинитов. Встречаются они преимущественно в восточной части массива, где образуют неправильной формы тела с нечеткими границами или секущие жилы мощностью до 20–25 м. Гигантозернистые титаномагнетитовые руды встречаются редко в виде маломощных (до 1 м, редко 2 м) жил, секущих все разновидности оливинитов и руд.

Основные минералы всех разновидностей оливинитов и руд – оливин и титаномагнетит.

Титаномагнетит представлен вкрапленными, линзовидными, полосчатыми или неправильной формы обособлениями. В гигантозернистых оливинитах он нередко встречается в виде тонких решетчатых выделений в зернах оливина. Микроскопическое изучение в отраженном свете показывает наличие в титаномагнетите тонких вростков ильменита, главным образом в гигантозернистых оливинитах и рудах, где он образует характерные решетчатые структуры распада. По данным Э.В.Быковой и Г.А.Ильинского, в титаномагнетитах отмечается примесь ульвошпинели. Для титаномагнетитов из полосчатых титаномагнетитовых руд (табл. 1) характерно повышенное содержание TiO_2 и MgO, в то время как для титаномагнетита из оливинитов отмечается более высокое содержание Cr_2O_3 что, по данным Э.В.Быковой и Г.А.Ильинского, объясняется различием в температуре кристаллизации титаномагнетитов в рудах и оливинитах. Хром (в составе титаномагнетита) выпадал из расплава при более высокой температуре, тогда как титан накапливался в остаточном рудном расплаве. Обращает внимание постоянное повышенное содержание в составе титаномагнетита никеля.

Оливин образует округлые зерна размером до 0,5 см в мелко- и среднезернистых оливинитах и рудах и до 6–7 см в гигантозернистых оливинитах. Нередко в оливине наблюдается мелкая, иногда пылевидная вкрапленность титаномагнетита. Оливины характеризуются невысоким содержанием окиси магния и повышенным содержанием железа, которое частично связано с мелковкрапленным титаномагнетитом, а большей частью входит в состав оливина. Из табл.2 видно, что менее железистыми являются оливины из титаномагнетитовых руд. Наиболее высокое содержание железа (13–15% фаялитового компонента)[x] – в гигантозернистых оливинах, что связано с поглощением железа оливином в процессе перекристаллизации.

---

[x] См. вторую сноску на стр. 77 наст. сб.

Таблица 3

Химический состав оливинитов и руд,[x] %

Окислы	Оливиниты					Титаномагнетитовые руды			Титаномагнетит-перовскитовые руды
	мелко- и среднезернистые			гигантозернистые		мелко- и среднезернистые		гигантозернистые	
SiO_2	36,10	36,10	37,10	36,60	36,00	21,40	19,20	33,40	17,20
TiO_2	1,02	0,80	0,46	0,09	0,95	5,12	6,45	1,8	21,00
Al_2O_3	0,80	0,80	0,70	0,30	0,85	0,94	1,31	0,90	0,89
Fe_2O_3	6,51	6,57	5,55	2,29	6,58	25,02	25,16	9,73	13,30
FeO	12,33	11,92	10,41	10,86	10,56	18,17	18,77	12,86	11,73
MnO	0,23	0,25	0,20	0,23	0,25	0,20	0,25	0,13	0,16
MgO	41,08	41,63	43,75	45,17	43,45	28,24	27,92	38,96	23,42
CaO	0,98	0,84	0,70	0,98	0,56	0,56	0,42	0,84	10,80
Cr_2O_3	0,37	0,36	0,38	0,05	0,31	0,15	0,34	0,20	0,07
NiO	0,14	0,18	0,15	0,16	0,14	0,13	0,16	0,13	0,08
V_2O_5	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,02	0,04
CoO	0,023	0,022	0,019	0,019	0,022	0,028	0,028	0,019	0,020
ZnO	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,012	0,016	0,012	0,010
П.п.п.	1,24	1,08	Не обнаружено	0,56	0,96	0,14	0,42	1,49	0,71
	100,62	100,63	99,45	100,74	100,66	100,16	100,39	100,49	99,43

[x] Анализы выполнены в ЦХЛ СЗТГУ в 1975 г.; аналитики М.И.Керженевич и В.И.Вороховская.

Химический состав оливинитов и руд (табл. 3) соответствует количественному соотношению оливина и титаномагнетита в породе. Характерной чертой оливинитов и руд является постоянное повышенное содержание в них никеля, концентрация которого в оливине и титаномагнетите примерно одинакова (см. табл.1 и 2).

Для изучения обогатимости наиболее распространенных на массиве мелко-, среднезернистых титаномагнетитовых оливинитов и руд и выяснения качества титаномагнетитового и оливинового концентратов были отобраны две представительные пробы, исследование которых проводилось П.А.Усачевым в Горном институте Кольского филиала АН СССР. Исходный состав проб соответствует приведенным в табл.3 составам оливинита и руды, а качество полученных концентратов дано в табл.4. Выход титаномагнетитового концентрата из оливинита 10,7%, из руды 43,6%. Извлечение железа в концентрат соответственно составляет 39,3 и 84,45%. Сравнительно низкое извлечение железа в концентрат объясняется повышенным его содержанием в оливине, извлечение же титаномагнетита составляет 95-98%.

Титаномагнетитовые концентраты благодаря повышенному содержанию хрома и никеля, наличию примеси кобальта и ванадия и низкому содержанию серы и фосфора, могут рассматриваться как высококачественное природнолегированное сырье для черной металлургии. Эти концентраты, благодаря повышенному содержанию никеля, могут быть также использованы для производства ферроникеля. Испытания в Свердловском институте металлургии титаномагнетитовых

Таблица 4

Химический состав оливиновых и титаномагнетитовых концентратов,[x] %

Окислы	Концентраты			
	оливиновые		титаномагнетитовые	
	из оливинита	из титаномагнетитовой руды	из оливинита	из титаномагнетитовой руды
SiO_2	38,06	36,04	2,01	0,71
TiO_2	0,45	3,96	7,92	12,61
Al_2O_3	0,30	0,40	2,20	2,52
Fe_2O_3	0,94	1,40	33,07	32,07
FeO	12,64	8,90	44,47	44,47
$Fe_{общ.}$	10,48	8,00	56,83	56,05
MgO	44,42	43,74	5,70	7,46
CaO	0,71	3,14	0,52	0,09
MnO	0,24	0,18	0,376	0,183
K_2O	0,08	0,10	0,07	0,08
Na_2O	0,07	0,07	0,04	0,04
Cr_2O_3	0,02	0,01	3,36	0,35
V_2O_5	Следы	Следы	0,07	0,05
P_2O_5	0,15	0,22	0,07	0,04
$S_{общ.}$	0,02	0,02	0,02	0,02
Ni	0,122	0,088	0,186	0,132
П.п.п.	0,81			

[x] Анализы по данным П.А.Усачева (1975 г.

концентратов из оливинитов Ковдора (содержание в концентрате, %: Fe 62,27, TiO_2 3,II, MgO 5,42, NiO 0,I9, Co 0,043, Cr_2O_3 I,I4, V_2O_5 0,09), аналогичных по содержанию никеля концентратам Лесной Вараки, показали возможность получения ферроникеля с содержанием никеля 4-5%, который может непосредственно применяться для выплавки различных марок сталей.

Оливиновые концентраты характеризуются сравнительно невысоким содержанием MgO и повышенным содержанием железа. Высокое содержание CaO и TiO_2 в оливиновом концентрате из титаномагнетитовых руд объясняется наличием в исходной пробе перовскита, который при обогащении переходит в немагнитный продукт. Уже давно установлена возможность использования безрудных гигантозернистых оливинитов (без предварительного обогащения) в качестве сырья для производства высококачественных магнезиальных огнеупоров. Требованиям, предъявляемым к этому сырью, удовлетворяют не только оливиновые концентраты, но также мелко- и среднезернистые разности оливинитов. Оливиновые концентраты могут также найти применение в производстве теплоизоляционных вкладышей, использование которых в металлургическом производстве все более расширяется. По предварительным данным Свердловского института огне-

упоров, они должны отвечать следующим требованиям: свободный SiO_2 отсутствует; $SiO_2 + MgO$ не менее 86% при содержании MgO не менее 45%; $Fe_2O_3 + FeO$ не более 10%; CaO не более 1%; п.п.п. не более 2%. Полученные оливиновые концентраты (см. табл.4) несколько уступают этим требованиям по содержанию MgO и суммы окислов железа. Однако они весьма близки к ним и необходимы технологические испытания, чтобы окончательно решить этот вопрос.

Запасы титаномагнетитовых руд на массиве составляют сотни миллионов тонн, а эффективность их использования может быть достаточно высокой благодаря комплексному характеру руд и практически полному их использованию.