

Н. Н. Трофимов

ТЕРНАВОЛОКСКИЙ СИЛЛ – УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Тернаволоцкий дифференцированный силл, по данным предыдущих исследователей (Куликов и др., 1976), занимает площадь около 70 км², относится к субвулканической фации, состоит из трех горизонтов (снизу вверх): пикриты – 35 м, оливиновые габбро-диабазы – 7 м, габбро-диабазы – более 20 м. Общая мощность силла – 60 м. Он включен в Суйсарский вулканический комплекс – Sm-Nd возраст условно принят по аналогии с Кончезерским силлом – 1975 ± 24 млн лет (Куликов и др., 1999).

Разрез силла изучен на п-ове Тернаволок у одноименной деревни в районе пос. Янишполе. Азимут падения его на этом участке ЮЗ 240° < 20–30°. Интрузив опробован от уреза воды в заливе по двум профилям через 400 м с перекрытием и наращиванием разреза до полного пересечения от нижнего до верхнего экзоконтакта вмещающих лав и туфосланцев (рис. 1). При полевых работах было выделено три горизонта, различающихся по структуре и составу пород.

Нижний горизонт мощностью около 30 м опробован в семи пересечениях. Во всех точках породы характеризуются исключительно выдержанным химическим составом (табл. 1), указывающим на отсутствие процессов дифференциации при кристаллизации горизонта. Содержание окиси магния изменяется от 7,05 до 7,95%, железа, в пересчете на закисное, в пределах 11,2–11,99%, за исключением одной пробы, имеющей более меланократовый состав. По среднему содержанию кремнезема – 49,23% – и суммы щелочей – 3,38% (табл. 1) – породы горизонта, согласно классификации TAS, соответствуют базальтам (долеритам). Структура породы микродолеритовая, переходная к интерсертальной (базальтовой). Размер лейст Pl 0,1–0,3 мм, Срх – 0,05–0,3 мм. По всему разрезу в шлифах (110/1–5) встречается незначительное количество хлоритизированного стекла (%): SiO₂ – 25,9–27,9; Al₂O₃ – 20,2–21,2; MgO – 13,3–14,1; FeO – 28,2–29,5. В верхней части горизонта присутствуют вариоли хлоритизированного вулканического стекла с кварцевой каймой и реже вариоли кварца (рис. 2, А, Б). Плагиоклаз альбитизирован и замещен цоизитом. В шл. 110/2 выявлен олигоклаз и первичный лабрадор – 61,5–62,6% An. Клинопироксен свежий, с преобладанием удлиненных (1 : 3) слегка корродиро-

ванных призматических кристаллов, часто собранных в метелкообразный пучок (рис. 2, В). По составу соответствует авгиту. Выделяется две группы Срх: железистые – Wo – 32,2–33,9%; En – 29,8–37,4%; Fs – 30,3–36,3% и магнезиальные – Wo – 39,8–43,6%; En – 41,3–37,4%; Fs – 15,1–18,4% (рис. 3, табл. 2).

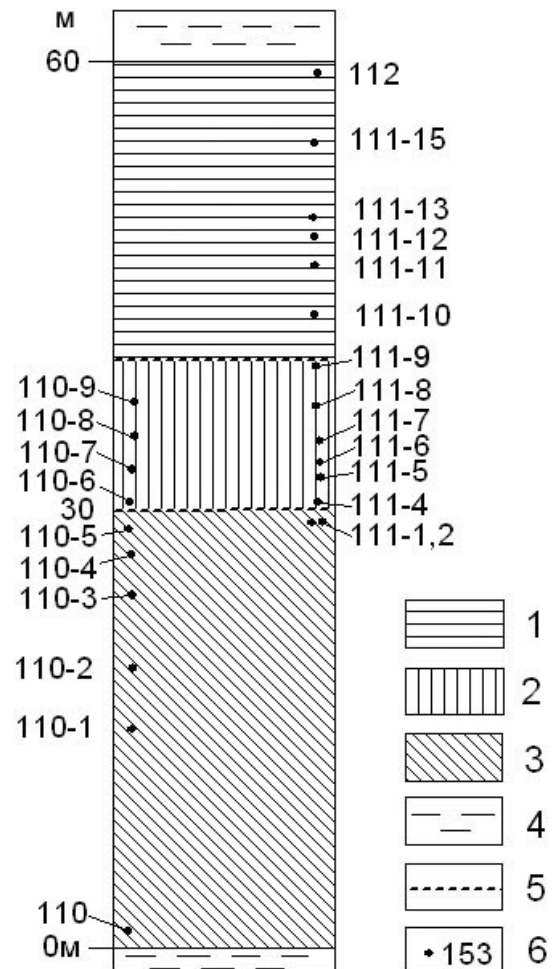


Рис. 1. Разрез Тернаволоцкого силла. Суйсарская свита людиковия:

1 – верхний горизонт; 2 – средний горизонт; 3 – нижний горизонт; 4 – лавы и туфогенноосадочные сланцы экзоконтактов силла; 5 – границы горизонтов; 6 – места отбора штучных проб на химанализ

Таблица 1

Химический и нормативный состав пород нижнего горизонта Тернаволоцкого силла

Компоненты, мас. %, г/т	Номера проб							Среднеариф. содержание
	110/1	110/2	110/3	110/4	110/5	111/1	111/2	
SiO ₂	48,2	49,42	49,24	48,8	50,96	49,26	48,72	49,23
TiO ₂	1,01	1,06	1,06	1,1	0,97	1,06	1,11	1,05
Al ₂ O ₃	13,24	13,47	13,47	13,44	13,78	13,38	14,29	13,58
Fe ₂ O ₃	2,71	2,31	1,72	2,77	1,94	1,51	2,26	2,17
FeO	9,55	9,91	10,63	11,2	9,48	10,05	9,62	10,06
MnO	0,208	0,188	0,206	0,205	0,187	0,193	0,183	0,20
MgO	7,57	7,64	7,63	9,12	7,05	7,47	7,95	7,78
CaO	10,4	10,03	8,69	8,4	8,47	9,36	8,23	9,08
Na ₂ O	2,55	2,24	3,15	2,54	2,98	3,17	3,31	2,85
K ₂ O	0,46	0,6	0,56	0,27	0,64	0,56	0,59	0,53
H ₂ O	0,38	0,29	0,26	0,51	0,28	0,24	0,24	0,31
ппп	3,36	2,61	2,92	4,26	3,03	2,82	3,29	3,18
P ₂ O ₅	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cr ₂ O ₃	300	310	250	330	310	320	290	301
V ₂ O ₅	480	530	420	540	520	530	570	513
CoO	60	60	60	60	60	60	60	60,00
NiO	140	150	140	160	140	140	130	143
CuO	90	110	110	70	90	100	90	94
S _{общ.}	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Сумма	99,97	100,02	99,78	99,85	99,99	99,96	100,06	99,95
Qu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
Or	2,72	3,55	3,31	1,60	3,78	3,31	3,49	
Ab	21,58	18,95	26,65	21,49	25,21	26,82	28,01	
An	23,33	24,93	20,97	24,48	22,34	20,63	22,40	
Di	22,47	19,63	17,44	13,29	15,38	20,43	14,29	
Hyp	14,19	24,24	12,66	24,30	24,54	9,59	10,02	
OI	5,60	0,03	10,63	6,39	0,00	10,83	12,48	
Mt	3,93	3,35	2,49	4,02	2,81	2,19	3,28	
Ilm	1,92	2,01	2,01	2,09	1,84	2,01	2,11	
Apt	0,31	0,33	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	

Примечание. Здесь и в табл. 3, 6 анализы выполнены в Институте геологии методом мокрой химии. Аналитики – Л. М. Демешина, Н. В. Питке, А. И. Полищук.

По первичному парагенезису и структуре порода может быть названа лабрадор-авгитовым долеритом или базальтом. Условия кристаллизации – близповерхностные.

Средний горизонт опробован более детально по двум профилям в 10 точках при мощности его 10 м (рис. 1). Содержание MgO и SiO₂ по разрезу ровное и составляет в среднем соответственно 20,32% и 43,40% при сумме щелочей 0,21% и TiO₂ – 1,33% (табл. 3), что соответствует по классификации TAS меймечитам. Высокая величина потерь массы при прокаливании (6,02%) указывает на широкое развитие водосодержащих минералов – хлорита и актинолита (по описаниям шлифов). Породы горизонта имеют крупнозернистое сложение и кумулятивную структуру. Кумулус представлен идиоморфными кристаллами размером 5–10 мм, псевдоморфно замещенными микроагрегатом хлорита и актинолита (рис. 4, А, Б), имеющих на выветрелой поверхности породы голубоватый цвет. По габитусу и характеру окраски их можно отнести к оливину (Куликов и др., 1976), но по составу вторичных минералов (табл. 4) это скорее ортопироксен, реакционная кайма – микроразернистый актинолит. В интеркумулусе идиоморфный и гипидиоморфный свежий клинопироксен, хлорит и лейкоксенизированный титаномagnetит (рис. 4, В, Г). Сrx соответствует составу магнезиального авгита: Wo – 41,5–44,1; En – 47,6–49,8; Fs –

9,4–12,6 (табл. 5, рис. 3). Сфен содержит: TiO₂ – 33,0–37,2%; CaO – 25,5–28,3%; SiO₂ – 32,6–33,6% и примеси Al, Fe, Mg. Перекристаллизованный ilm-2 характеризуется высокими содержаниями окиси Mn – 3–6,4%. В интеркумулусе отмечено хлоритизированное стекло. Таким образом, по первичному минеральному составу породы среднего горизонта могут быть условно названы вебстеритами.

Верхний горизонт плавно сменяет средний. Его мощность составляет около 20 м. Породы имеют средне- и мелкозернистое сложение. По химическому составу они, согласно классификации TAS, соответствуют базальтам (долеритам): SiO₂ – 48,3%, MgO – 10,25%, Na₂O+K₂O – 3,6% (табл. 6). Структура габбро-офитовая, долеритовая и лейкодолеритовая в кровле. Плаггиоклаз замещен цоизитом и альбитизирован.

По составу клинопироксен соответствует Wo – 39,6–44,2%, En – 38,0–44,8%, Fs – 11,0–16,4% (табл. 7). По содержанию ферросилитового минала Сrx верхнего горизонта занимает промежуточное положение между Сrx среднего и нижнего горизонтов (рис. 3). По горизонту часто отмечается наличие хлоритизированных сферолитов (рис. 5, шл. 111/12, 13). Такой же хлорит присутствует иногда в интерстициях между лейстами альбита при высокой сохранности авгита. Весь хлорит железистый, с содержанием FeO – 27–29% (табл. 8).

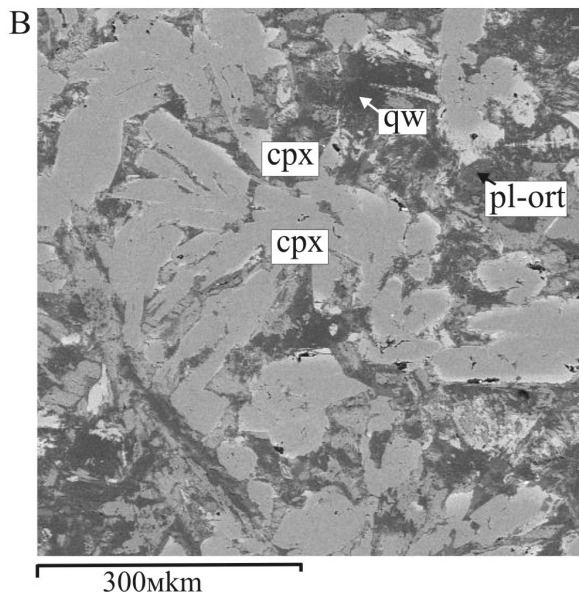
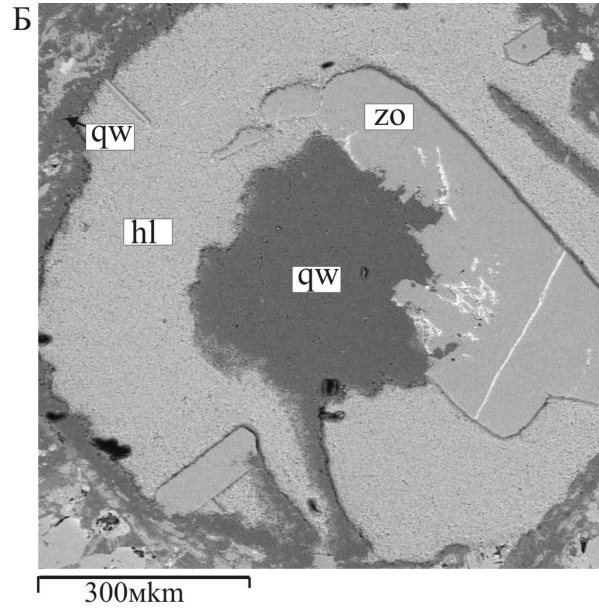
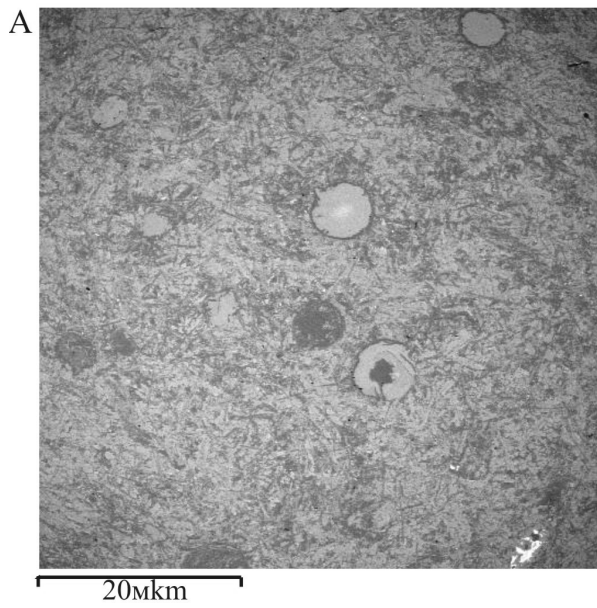


Рис. 2. Нижний горизонт Тернаволоцкого силла (кровля) (шл. 110-5, электронное изображение):

А – авгитовый базальт (долерит). Структура микродолеритовая с элементами вариолитовой; Б – вариоль, состоящая из хлоритизированного вулканического стекла (FeO – 28,6%), развивающихся по нему кристаллов цоизита (FeO – 6%). Кайма и центральная часть – кварц (qw); В – удлиненные кристаллы авгита имеют более крупный размер, чем Pl, корродированы и образуют кустовидные и метелкообразные гломеробластовые скопления, напоминающие структуру спинифекса

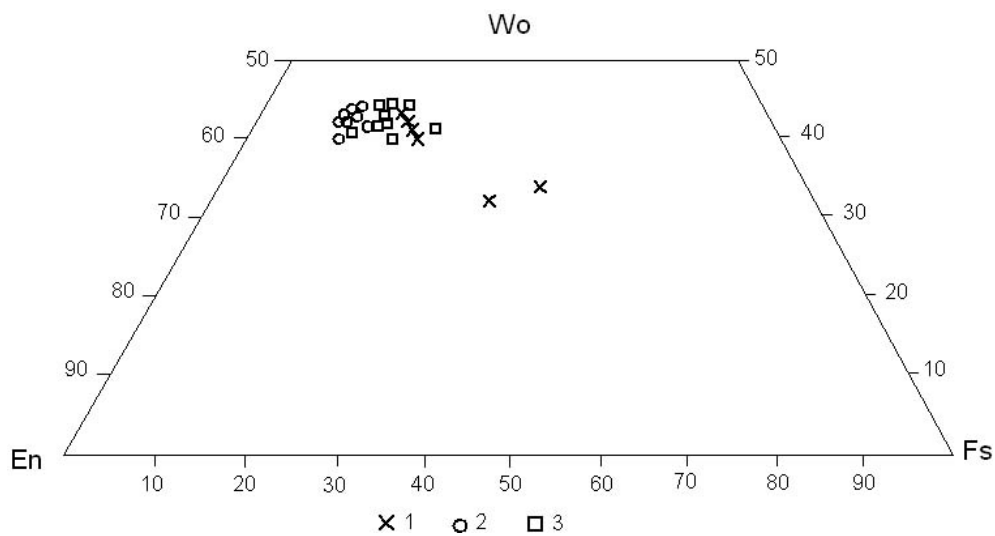


Рис. 3. Состав клинопироксена Тернаволоцкого силла по горизонтам:

1 – нижний; 2 – средний; 3 – верхний

Таблица 2

Состав клинопироксена нижнего горизонта Тернаволоцкого силла

Компоненты, мас. %	110-5						110-2	
	2-5	3-3	3-4	3-5	5-1	5-2	2-1	3-5
SiO ₂	49,19	50,10	49,22	45,76	49,17	50,76	52,22	49,95
TiO ₂	1,12	0,84	1,08	—	1,17	0,93	0,61	1,25
Al ₂ O ₃	2,61	3,39	4,00	4,01	5,16	1,93	2,87	2,45
FeO	18,10	10,91	9,77	10,53	9,21	22,92	9,65	17,80
MnO	0,52	0,65	—	—	—	—	—	—
MgO	12,90	14,77	14,24	14,05	14,17	10,49	15,97	11,97
CaO	15,44	19,58	20,21	19,16	20,79	16,57	19,61	16,14
Wo	32,20	39,84	42,42	40,84	43,60	33,85	39,73	34,57
En	37,44	41,80	41,57	41,65	41,33	29,81	45,01	35,66
Fs	30,34	18,37	16,01	17,52	15,07	36,34	15,26	29,76

Примечание. Здесь и в табл. 4, 5, 7, 8 анализы выполнены рентгенофлуоресцентным методом на анализаторе TESCAN. Аналитик – А. Н. Сафронов.

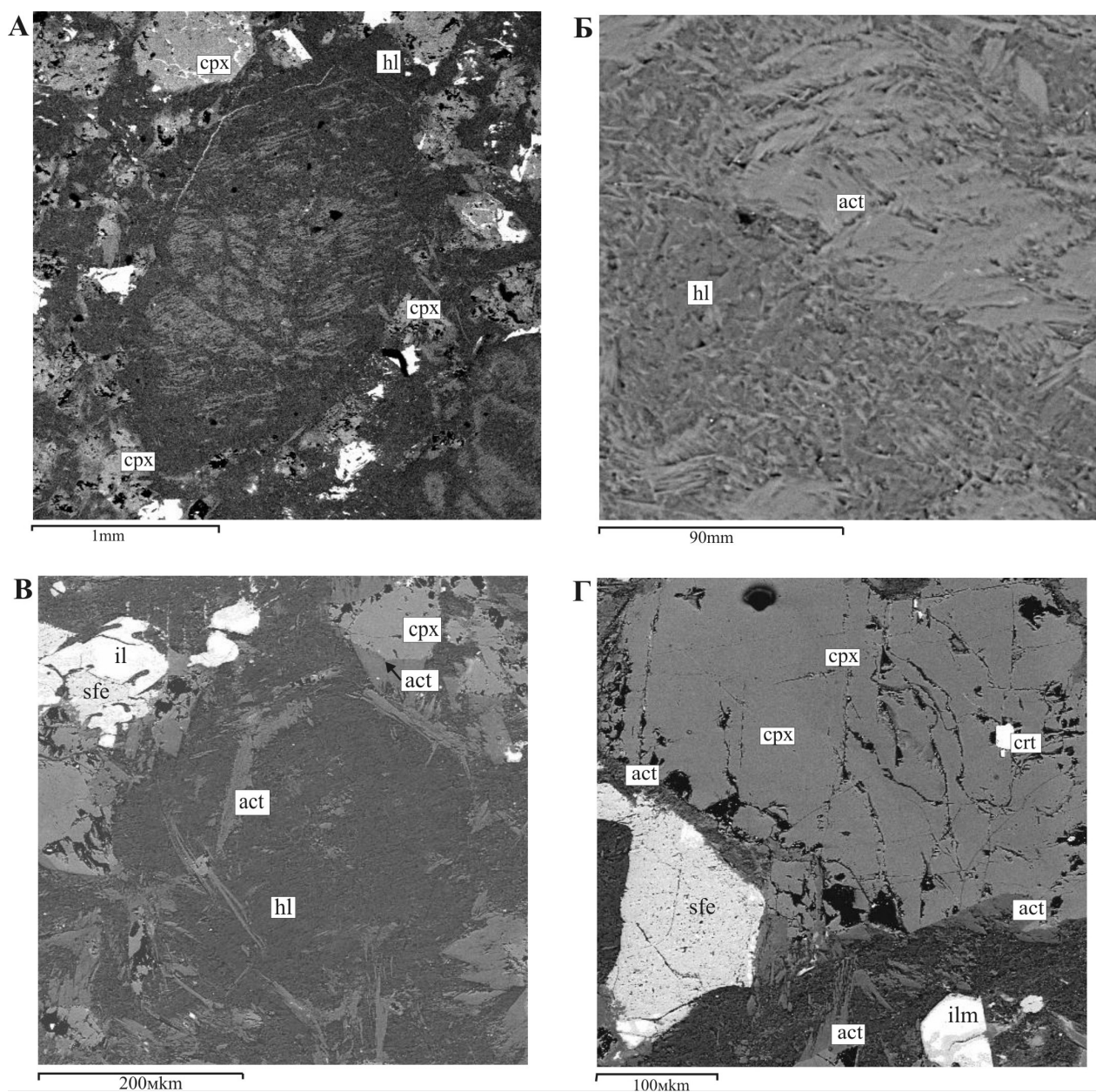


Рис. 4. Средний горизонт Тернаволоцкого силла (шл. 110-8):

А, Б – кумулат – ортопироксен (протокристаллы). Псевдоморфно замещен хлоритом (hl) и актинолитом (Act); А, В, Г – интеркумулус – клинопироксен и лейкосенизированный tmt (сфен-sfe, ильменит-ilm). Кайма актинолита оконтуривает кристалл Орх (В); Г – Срх с пойкилитовым включением кристалла Сгт и каймой Act

Таблица 3

Химический и нормативный состав пород среднего горизонта Тернаволоцкого силла (по двум профилям)

Компоненты, мас. %, г/т	Номера проб										Средне- ариф. содержа- ние
	111/4	111/5	111/6	111/7	111/8	111/9	110/6	110/7	110/8	110/9	
SiO ₂	46,21	42,76	42,59	44,55	42,94	43,42	41,72	43,00	41,98	44,8	43,40
TiO ₂	1,12	1,34	1,4	1,28	1,3	1,64	1,38	1,18	1,38	1,3	1,33
Al ₂ O ₃	5,95	7,85	7,78	6,66	7,34	9,13	8,31	7,38	7,78	7,04	7,52
Fe ₂ O ₃	1,61	1,42	1,97	1,89	2,06	1,27	2,04	2,88	1,72	1,45	1,83
FeO	8,99	10,27	10,06	9,47	9,69	10,11	10,34	9,77	10,63	10,12	9,95
MnO	0,198	0,188	0,222	0,196	0,227	0,208	0,235	0,227	0,209	0,211	0,21
MgO	21,49	20,33	20,58	20,32	20,97	18,07	20,27	20,7	20,39	20,07	20,32
CaO	7,71	8,86	8,3	8,56	8,29	9,14	8,17	6,98	8,62	9,36	8,40
Na ₂ O	0,11	0,13	0,14	0,11	0,13	0,75	0,15	0,11	0,15	0,15	0,19
K ₂ O	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,015	0,01	0,02
H ₂ O							0,85	1,28	0,7	0,61	0,86
ппп	5,92	6,13	6,31	6,23	6,38	5,69	6,12	6,11	6,02	5,3	6,02
P ₂ O ₅	0,18	0,2	0,22	0,18	0,2	0,24	0,19	0,22	0,22	0,18	0,20
Cr ₂ O ₃	1230	1200	1340	1570	1540	1270	960	760	790	930	1159
V ₂ O ₅	410	480	460	470	550	570	520	470	550	480	496
CoO	70	70	70	70	70	70	80	80	70	70	72
NiO	2010	1230	1440	0,15	1600	1110	1390	2100	1300	1330	1351
CuO	60	60	80	100	100	110	50	80	60	40	74
S _{общ.}	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Сумма	99,87	99,8	99,93	99,82	99,93	100,01	100,1	100,2	100,08	100,14	
Qu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Or	0,06	0,12	0,12	0,06	0,12	0,18	0,18	0,12	0,09	0,06	
Ab	0,93	1,10	1,18	0,93	1,10	6,35	1,27	0,93	1,27	1,27	
An	15,71	20,78	20,54	17,65	19,36	21,46	21,91	19,59	20,51	18,51	
Di	17,02	17,50	15,34	18,87	16,31	17,89	13,90	10,86	16,67	21,41	
Hyp	44,57	25,20	27,78	36,09	28,94	19,61	24,81	38,01	23,26	28,31	
Ol	10,40	23,60	22,29	14,03	21,40	23,01	24,74	16,04	25,67	19,43	
Mt	2,33	2,06	2,86	2,74	2,99	1,84	2,96	4,18	2,49	2,10	
Ilm	2,13	2,54	2,66	2,43	2,47	3,11	2,62	2,24	2,62	2,47	
Apt	0,43	0,47	0,52	0,43	0,47	0,57	0,45	0,52	0,52	0,43	

Таблица 4

Состав псевдоморфоз по Орх и реакционных кайм в среднем горизонте Тернаволоцкого силла по данным микронного анализа

Состав, мас. %	Псевдоморфное замещение Орх, шл. 110-8			Реакционная кайма		
	Хлорит	Хлорит	Актинолит	Актинолит по Орх	Актинолит	Срх
MgO	22,72	22,66	19,31	18,1	20,1	19,54
Al ₂ O ₃	17,38	18,24	0,74	0,49	1,02	–
SiO ₂	29,09	30,47	57,63	59,18	59,2	59,49
FeO	16,19	17,26	9,53	7,1	7,73	8,54
CaO			13,44	15,13	11,94	12,43
Сумма окислов	85,38	88,63	100,65	100,00	99,99	100,00
Сумма катионов	17,07	17,0	15,69	15,52	15,53	15,53
Сумма анионов	24,0	24,00	24,00	24,0	24,0	24,0

Таблица 5

Составы клинопироксенов среднего горизонта Тернаволоцкого силла

Компоненты, мас. %	Обр. 110-8							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	53,32	53,26	53,54	51,87	54,65	54,37	53,11	53,32
TiO ₂	0,86	0,65	1,29	1,19	0,74	0,72	0,90	0,85
Al ₂ O ₃	3,09	2,87	1,77	4,20	2,11	2,53	3,19	3,13
FeO	5,70	5,820	7,75	5,78	6,32	5,66	5,69	6,05
MgO	16,14	16,12	15,80	15,37	17,00	16,21	16,18	15,73
CaO	20,26	20,63	19,86	20,44	18,93	19,90	20,06	20,23
Cr ₂ O ₃	0,630	0,650	–	1,13	0,24	0,52	0,87	0,70
Wo	42,96	43,35	41,48	44,12	39,85	42,57	42,68	43,20
En	47,60	47,11	45,90	46,14	49,77	48,02	47,88	46,72
Fs	9,43	9,54	12,63	9,74	10,38	9,41	9,45	10,08

Таблица 6

Химический и нормативный состав пород верхнего горизонта Тернаволоцкого силла

Компоненты, мас. %, г/т	Номера проб						Среднеариф. содержание
	111/10	111/11	111/12	111/13	111/15	112	
SiO ₂	47,62	48,54	46,74	50,49	47,82	48,57	48,30
TiO ₂	1,77	2,2	2,16	2,24	1,23	2,24	1,97
Al ₂ O ₃	12,23	12,76	11,85	13,04	9,59	11,78	11,88
Fe ₂ O ₃	2,15	2,74	2,91	3,32	1,29	2,71	2,52
FeO	8,62	6,61	9,72	7,41	9,48	9,13	8,50
MnO	0,187	0,148	0,227	0,204	0,168	0,172	0,18
MgO	10,5	8,00	10,54	8,51	14,43	9,52	10,25
CaO	8,81	11,12	7,58	5,99	9,09	7,42	8,34
Na ₂ O	3,03	3,07	3,00	4,74	1,42	2,84	3,02
K ₂ O	0,53	0,77	0,46	0,28	0,46	0,99	0,58
H ₂ O	0,45	0,27			0,33		0,35
ппп	3,74	3,38	4,24	3,35	4,3	3,91	3,82
P ₂ O ₅	0,24	0,28	0,26	0,29	0,19	0,29	0,26
Cr ₂ O ₃	700	230	830	220	1080	470	588
V ₂ O ₅	580	640	650	590	480	680	603
CoO	50	50	50	60	70	60	57
NiO	490	200	460	190	790	370	417
CuO	140	140	120	210	90	260	160
S _{общ.}	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Сумма	100,07	100,01	99,89	99,99	100,05	99,75	100,04
Qu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Or	3,13	4,55	2,72	1,65	2,72	5,85	
Ab	25,64	25,97	25,38	40,10	12,01	24,03	
An	18,21	18,77	17,51	13,48	18,44	16,48	
Di	19,31	27,69	14,87	11,51	20,47	14,91	
Hyp	6,88	3,49	12,12	11,83	26,98	20,03	
Ol	15,48	6,96	13,93	8,19	9,90	5,51	
Mt	3,12	3,97	4,22	4,81	1,87	3,93	
Ilm	3,36	4,18	4,10	4,25	2,34	4,25	
Apt	0,57	0,66	0,62	0,69	0,45	0,69	

Таблица 7

Состав клинопироксена верхнего горизонта Тернаволоцкого силла

Компоненты, мас. %	111-10			111-11		111-12			111-13
	1-3	1-5	2-2	2-3	2-2	1-3	2-2	6-5	3-3
SiO ₂	50,38	51,82	50,08	53,30	51,69	51,50	49,09	52,52	50,51
TiO ₂	1,41	1,19	1,78	–	1,33	0,57	1,93	1,01	1,71
Al ₂ O ₃	2,70	1,98	3,01	1,39	2,31	2,23	3,82	2,30	2,75
FeO	8,30	8,30	8,95	10,54	8,91	6,91	10,36	8,94	13,11
MgO	14,86	15,44	14,61	15,82	14,78	16,97	13,82	15,86	13,77
CaO	21,27	20,33	20,96	19,81	20,99	19,94	21,19	21,26	20,07
Na ₂ O	0,63	0,57	–	–	–	–	–	–	–
Cr ₂ O ₃	–	–	–	–	–	0,610	–	–	–
Wo	44,18	42,106	43,43	39,59	43,28	40,75	43,69	422,269	41,04
En	42,94	44,78	42,10	43,97	42,38	48,23	399,63	43,858	38,03
Fs	12,88	13,42	14,47	16,44	14,34	11,02	16,67	13,873	20,93

По первичному парагенезису и структуре породе можно отнести к авгитовым долеритам, формировавшимся в близповерхностных условиях.

Расчет средневзвешенных параметров химсостава пород Тернаволоцкого силла по трем горизонтам дает следующие классификационные параметры: SiO₂ – 47,95%, MgO – 10,69%, Na₂O+K₂O – 2,92%. Без нижнего горизонта эти параметры составляют соответственно: 46,66%; 13,61% и 3,60%. В обоих случаях исходный расплав попадает в область базальтов, а не пикро-базальтов, как это считалось ранее. Породы Тернаволоцкого силла являются низкоглиноземистыми, относятся к натриевой серии, а по нормативному составу – к оливиновым толеитам (рис. 6). Нижний горизонт, сопоставляемый с базальтами, сложен мезо-

кратовыми разностями нормальной щелочности, а верхний и средний – меланократовыми. Коэффициент фракционирования – 0,37–0,58.

На диаграмме AFM все горизонты обособлены, определяющим является содержание FeO' для каждого из трех. Нижний горизонт наиболее железистый; средний магнезиальный с низкой щелочностью, верхний занимает промежуточную позицию (рис. 7).

Средний и верхний горизонты являются концентраторами Ni и Cr (табл. 1, 3, 6). Хром образует самостоятельную минеральную фазу в клинопироксене – хромшпинелид с содержанием Cr₂O₃ – 34,4% (рис. 4, Г). Для всех горизонтов характерно повышенное содержание ванадия относительно кларка.

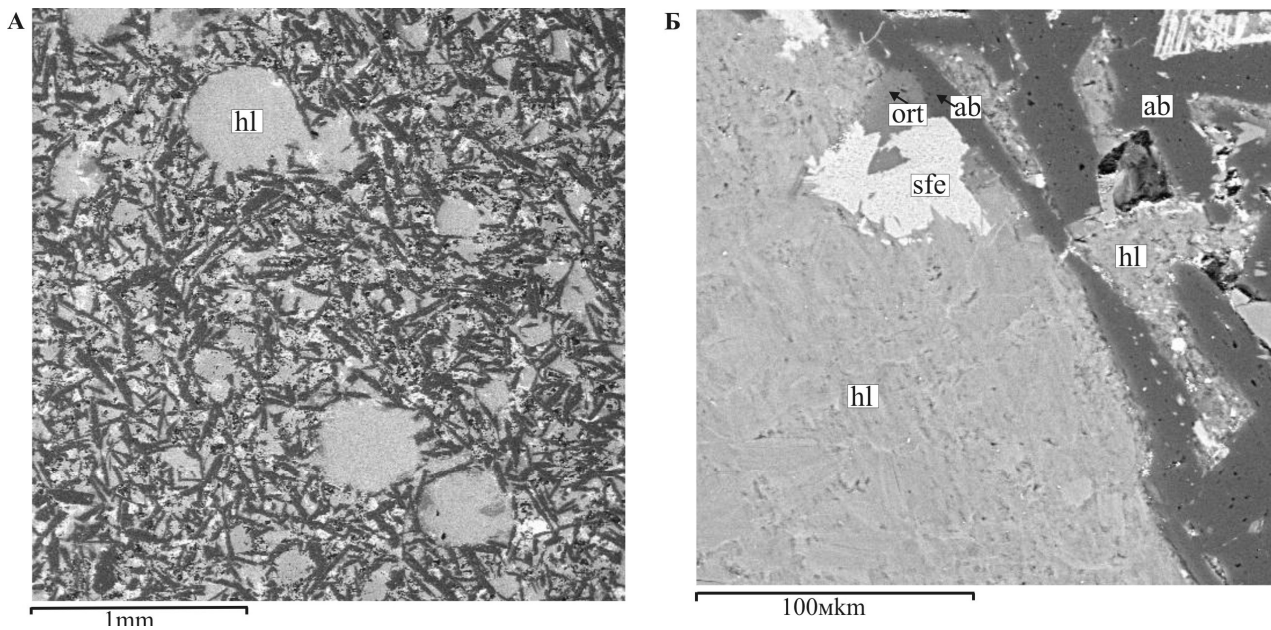


Рис. 5. Кровля верхнего горизонта Тернаволокского силла, шл. 111/13. Состав породы: альбит, авгит, сфен и хлорит. Структура микроделеритовая переходная к интерсергальной. Содержит каплевидные обособления предположительно вулканического стекла (хлоритизировано), окруженного альбитовой каймой (А, Б), и признаки хлоритизированного стекла в интерстициальных промежутках между альбитом (Б)

Таблица 8

Состав хлорита из пород верхнего горизонта Тернаволокского силла

Компоненты, мас. %	hl по Ab		hl по Ab	Капли. Вулканическое стекло (?)			Интерстиции между лейстами плагиоклаза		
	111/11	111/12	111/12	111/13	111/13	111/12	111/11	111/13	111/13
MgO	14,55	14,03	13,44	14,48	14,83	12,76	13,71	14,79	13,37
Al ₂ O ₃	19,22	20,49	20,18	18,09	17,85	19,70	19,91	17,79	21,24
SiO ₂	27,37	27,07	26,35	28,07	29,50	26,47	26,91	29,98	27,55
FeO	26,99	27,49	29,00	26,97	27,79	29,10	27,75	26,86	28,33
Сумма	88,13	89,08	88,98	87,61	89,96	88,02	88,28	89,40	90,49

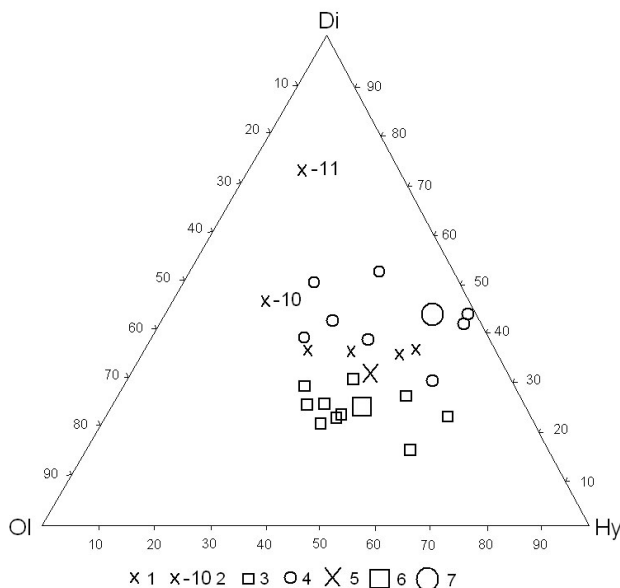


Рис. 6. Классификационная диаграмма CIPW оливино-волеита по нормативному составу пород Тернаволокского силла:

1 – верхний горизонт; 2 – подошва верхнего горизонта и № анализов (111-10 и 111-11); 3 – средний горизонт; 4 – нижний горизонт; 5–7 – средние виртуальные нормативные составы горизонтов соответственно (5 – верхний; 6 – средний; 7 – нижний)

Проведенные исследования заставляют обратить внимание на следующие особенности нижнего горизонта: максимальная железистость пород; наиболее низкая концентрация рудных элементов; максимальная железистость клинопироксена и появление в нем примеси Mn; выдержанность химсостава по разрезу: снизу вверх увеличение содержания вариолей, структурные особенности кристаллизации пироксенов (рис. 2, В) и их морфология.

На основании изложенного нижний горизонт следует считать самостоятельным геологическим телом и отнести его предположительно к эффузивной фации – базальтовым лавам (покров, ?). В составе Тернаволокского силла остаются, таким образом, средний и верхний горизонты общей мощностью 30 м. При полевых исследованиях, однако, зона закалки на границе нижнего и среднего горизонтов визуально не выявлена. Детальный послыйный отбор проб не производился. Допускается три возможных варианта: 1 – она не выявлена; 2 – отсутствует; 3 – слабо проявлена вследствие внедрения переохлажденного расплава.

Несмотря на эти отличия, у трех горизонтов много общего: содержание железа близкое и практически неизменное по всему разрезу; полное отсутствие серы; повсеместная альбитизация плагиоклаза, неиз-

мененный Срх и ведущие вторичные процессы хлоритизации, а не амфиболизации. Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в породах верхнего и среднего горизонтов идентично. Они одинаково обогащены легкими и обеднены тяжелыми РЗЭ, что сближает их с вулканитами пилгуярвинской серии Печенгской структуры, а по наклону кривой распределения РЗЭ и отсутствию европиевого минимума – с ферропикритами этой серии (Смолькин, Скуфьин, 1995). На их фоне нижний горизонт обособляется за счет наличия европиевого минимума и незначительной обогащенности тяжелыми элементами (рис. 8), что подтверждает необходимость выделения его из состава Тернаволоцкого силла. Все изложенное позволяет говорить о возможной связи их с единым магматическим очагом и особых условиях эволюции расплава верхнего и среднего горизонтов.

Отсутствие серы в расплаве, прошедшем через двухкилометровую толщу сульфат- и сульфидсодер-

жащих пород туломозерской и заонежской свит, – это феномен. При этом серы нет ни в расплаве, совершившем быстрый подъем (эффузивная фация), ни в расплаве, испытавшем остановку и кристаллизацию Орх на глубине (субвулканическая фация). Возможное объяснение этому явлению – развитие процесса сульфуризации и отделение сульфидного ликвата. А. А. Маракушев и др. (2002) объясняют возникновение сульфидных руд Норильского и Печенгского районов флюидной сульфуризацией богатых железом магматических ультраосновных дифференциатов вследствие реакции оливина с H_2S . Более частный случай сульфуризации – окисление железа при замещении Орх и ОI амфиболом. Этот процесс сопровождается восстановлением диоксида серы в расплаве до двухвалентного аниона, при достаточной концентрации которого образуется сульфидная жидкость (Закревская и др., 2009). Данная схема близка к среднему горизонту, где наблюдается интенсивное, без со-

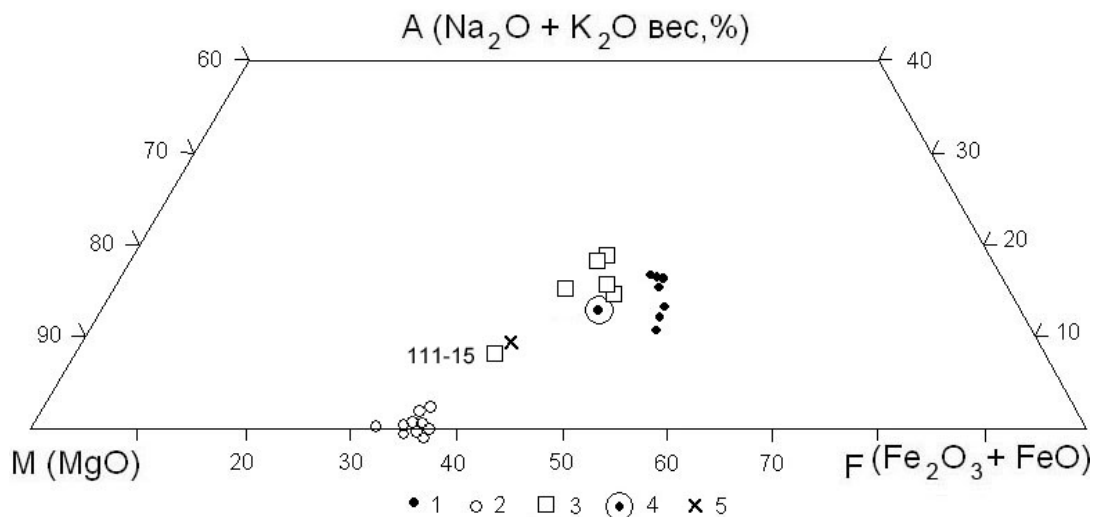


Рис. 7. Диаграмма AFM состава пород по разрезу дифференцированного Тернаволоцкого силла в горизонтах:

1 – нижнем; 2 – среднем; 3 – верхнем; 4-5 – средневзвешенные составы (4 – трех горизонтов; 5 – верхнего и среднего)

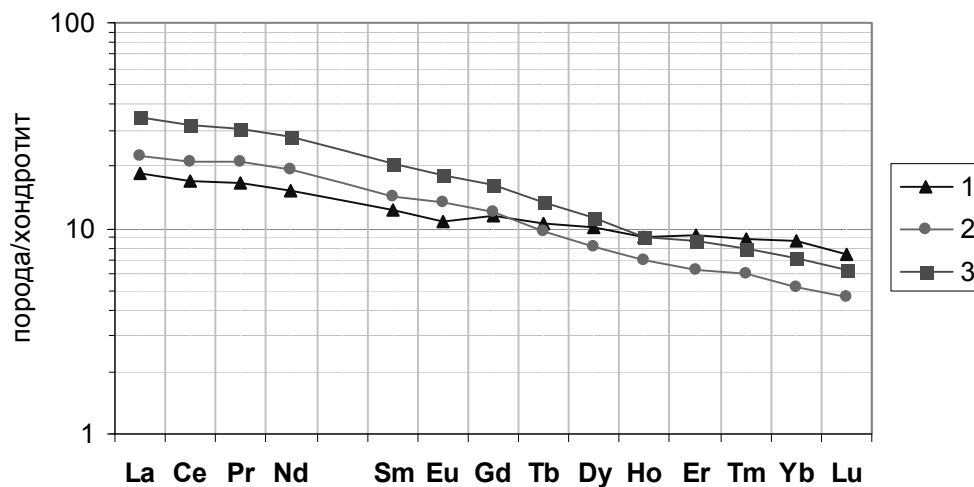


Рис. 8. Распределение РЗЭ в породах Тернаволоцкого силла по горизонтам:

1 – нижний; 2 – средний; 3 – верхний

хранения реликтов, замещение амфиболом и хлоритом на глубине кристаллов Орх. Поставщиком серы в восстановительной или окисленной форме может являться как глубинный флюид, так и эвапориты туломозерской свиты.

Отсутствие серы в пикритобазальтах суйсария носит площадной характер. В частности, это наблюдается и в более крупном дифференцированном Кончезерском силле. Благоприятные условия образования и отделение сульфидного ликвата из магнезиально-железистых расплавов суйсарского цикла вулканизма возникли вследствие их фронтальной остановки перед трудноодолимым препятствием – мощной толщей заонежской свиты, образованной многократным чередованием жесткой брони долеритов и базальтов с многослойными, в том числе и пластичными, углеродисто-пелитовыми (шунгитовыми) и доломитовыми горизонтами и пачками осадков. Рифтогенный режим и наличие кристаллизационной воды и галогенов в минералах эвапоритов (а возможно, и в погребенных рассолах) способствовали флюидонасыщению расплавов, их расслоению и снижению температуры кристаллизации.

Взрывное преодоление заонежской толщи выразилось в особенности суйсарского вулканизма – чередовании лавовых и эксплозивных фаций. Струк-

турно-текстурные особенности среднего горизонта Тернаволоцкого силла указывают на медленное выдавливание переохлажденного пластичного расплава, с раскристаллизованным на глубине Орх, в субвулканическую камеру. Наблюдаемое в шлифах интестициальное размещение Срх и сфена обусловлено не последовательностью их кристаллизации в субвулканической камере, а вынужденным заполнением оставшихся пространств, не занятых Орх. Все предыдущие исследователи, изучавшие Тернаволоцкий силл, отмечали эту структурную особенность – внедрение переохлажденного расплава в кашеобразном состоянии.

Таким образом, отсутствие серы в этих объектах – это глубинный маркер, указывающий на предполагаемую благоприятную металлогеническую ситуацию – потенциальное экстрагирование Cu, Ni и МПГ в сульфидный ликват и их концентрирование под заонежским экраном вулканитов и углеродистых пород. Эта точка зрения, принятая автором, не исключает и другой вариант – опережающий вынос бессульфидного расплава из области магмаобразования с последующим обогащением рестита, но не снимает проблему стерильности по сере при продвижении магматической колонны через сульфат-карбонатную и сульфид-углеродистую толщ.

ЛИТЕРАТУРА

Закревская Ю. Ю., Симакин А. Г., Салова Т. П. Хроника ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 г. // Геохимия. 2009. № 12. 1337 с.

Куликов В. С., Слюсарев В. Д., Кочнев-Первухов В. И., Кравченко А. Н. Суйсарский базит-ультрабазитовый комплекс Онежского синклинория // Интрузивные базит-ультрабазитовые комплексы докембрия Карелии. Л., 1976. С. 98–109.

Куликов В. С., Куликова В. В., Лавров Б. С. и др. Суйсарский пикрит-базальтовый комплекс палеопротерозоя

Карелии (опорный разрез и петрология). Петрозаводск, 1999. 96 с.

Маракушев А. А., Панях Н. А., Зотов И. А. Проблемы формирования медно-никелевых сульфидных месторождений // Руды и металлы. 2002. № 5. С. 23–33.

Смолькин В. Ф., Скуфьин П. К. Вулканические ассоциации Северной и Южной зон // Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. Апатиты, 1995. С. 37–82.