

## КРАТКИЕ НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 549.6 (470.22)

*В. В. Иваников, М. В. Малашин, А. И. Голубев***ХЛОРОВЫЕ АМФИБОЛЫ И БИОТИТЫ  
В НИЖНЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ (ЯТУЛИЙСКИХ) ТРАППАХ КАРЕЛИИ  
И ИХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ<sup>1</sup>**

Около 2 млрд лет назад, в раннем протерозое, территория Карелии была охвачена мощным базальтовым вулканизмом, в результате которого была образована обширная трапповая провинция [1, 2]. Как во всех других трапповых провинциях мира, излияния лав сопровождались многочисленными субвулканическими интрузиями. Наиболее крупные из них имеют дифференцированное строение и содержат промышленные концентрации титаномагнетитовых руд. К таким интрузиям относятся Койкарско-Святнаволоцкий силл в центральной Карелии, Пудожгорская пластовая интрузия на восточном берегу Онежского озера и силл Коли на сопредельной территории восточной Финляндии.

Мощность и внутреннее строение Койкарско-Святнаволоцкой и Пудожгорской интрузий примерно одинаковые [1]. Нижняя относительно меланократовая часть мощностью 40–60 м сложена долеритами и габбро-долеритами и включает рудный горизонт титаномагнетитовых габбро-долеритов мощностью 7–12 м. Средняя часть интрузий представлена крупнозернистыми, шпирово-такситовыми, лейкократовыми габбро-долеритами с продольными телами сиенитоподобных фельзических пород. В верхней приконтактной части наблюдаются закаленные мелкозернистые долериты. В силле Коли, в придонной его части, установлены кумулюсные ультрамафиты – клинопироксениты и верлиты [3, 4].

В минеральном составе долеритов и габбро-долеритов доминируют авгит, лабрадор и титаномагнетит со структурами распада твердого раствора в виде ламелл ильменита. В лейкократовых габбро-долеритах надрудной зоны широко распространена позднемагматическая (постериорная) роговая обманка с реликтами пироксена, а плагиоклаз обычно представлен андезином ( $Ал_{35-45}$ ), потому эти породы называют также диоритами [5]. Роговая обманка и еще более кислый плагиоклаз слагают сиенитоподобные шпире, где кристаллы плагиоклаза обычно окаймлены кварцево-альбитовым или кварцево-анортотоклазовым микропегматитом – гранофиром. В качестве второстепенного минерала во всех разновидностях присутствует биотит, наблюдаются апатит, титанит и циркон. Наиболее характерные вторичные минералы представлены альбитом, актинолитом, эпидотом и хлоритом.

Минеральный состав интрузивных траппов отражает сложную историю этих пород, содержащих, наряду с магматическими и субсолидусными (автометаморфическими и автотасоматическими) минералами, также минералы, образованные в процессе регионального метаморфизма зеленосланцевой фации. Региональный метаморфизм привел к почти полному перерождению минерального состава эффузивных траппов, целиком сложных минералами зеленосланцевой ассоциации, главным образом альбитом, актинолитом, эпидотом и хлоритом. Они, особенно альбит и актинолит, широко распространены также в интрузивных траппах, нередко преобладают в долеритах приконтактной зоны расчлененных интрузий и по своему происхождению могут быть как поздние или постмагматическими (субсолидусными), так и метаморфическими.

Породы, слагающие Койкарско-Святнаволоцкую и Пудожгорскую интрузии, в целом близки по химическому составу синхронным верхнеятулийским базальтам, характеризующимся как низкоглиноземистые кварц-нормативные толеиты с пониженным магниальным числом (менее 30) и выраженной феннеровской тенденцией накопления железа и титана. На петрохимических диаграммах фигуративные точки составов интрузивных пород продолжают тренды вулканитов, демонстрируя максимальное обогащение указанными металлами [6].

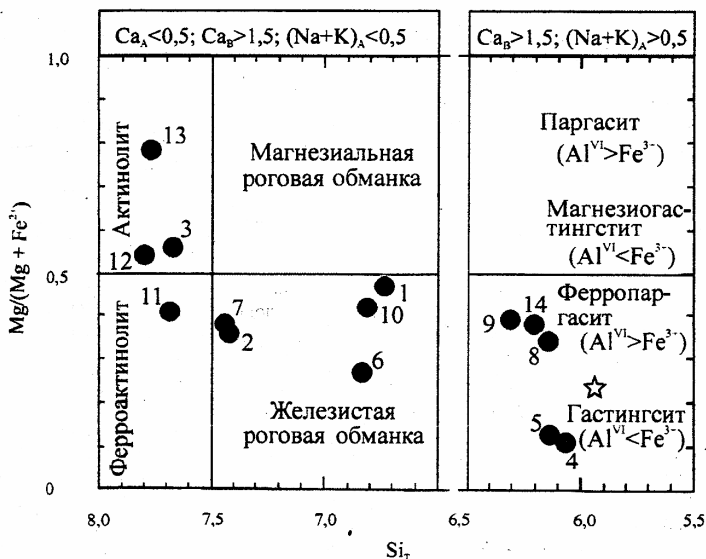
При микроскопическом изучении пород и определении химического состава минералов методом рентгено-спектрального микроанализа в породах Койкарско-Святнаволоцкого силла были установлены три различных

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 03-05-64062).

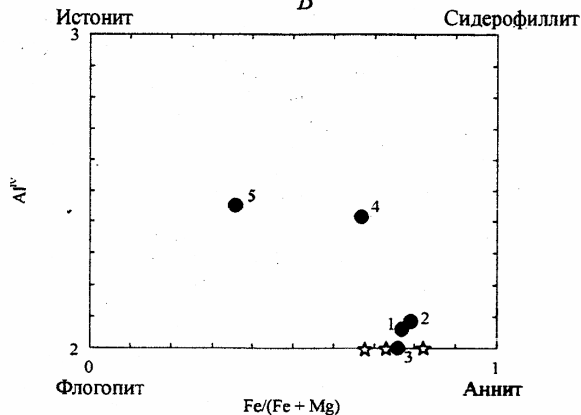
амфибола, и один из них оказался сильно обогащенным хлором. Прежде при описании пород рассматриваемых интрузий отмечались два амфибола – железистая роговая обманка и ферроактинолит [5].

Полученные нами данные подтверждают высокожелезистый характер роговой обманки (табл. 1, рисунок, А), но актинолитовые амфиболы, замещающие клинопироксен и роговую обманку, оказались изменчивыми по составу с вариациями магнезиальности ( $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ ) от 0,34 до 0,56. Кроме того, среди них присутствуют разновидности, заметно отклоняющиеся от ряда тремолит–ферроактинолит, представляя собой более сложные твердые растворы. Они содержат до 0,6 атомов алюминия и до 0,5 атомов натрия и калия на формульную единицу. В табл. 1 и на рисунке, А они показаны как промежуточные роговообманково-актинолитовые амфиболы. Во всех анализированных роговых обманках и актинолитах присутствует хлор, но его концентрации (от 0,11 до 0,87%) не идут

А



Б



Классификационные диаграммы для амфиболов (А) (по [7]) и биотитов (Б) (по [12]).

Номера точек химических составов минералов соответствуют табл. 1 и 2. Звездочками показаны: на А – «богатый хлором феррогастингсит» [8], он же «дашкесанит – новый хлорамфибол из группы гастингсита» [9]; на Б – наиболее обогащенные хлором биотиты из норильских траппов [13].

Таблица 1. Химические составы и кристаллохимические формулы амфиболов

Порода	Рудный габбро-долерит												Габбро-долерит						«Сиенит»				Шпир		
	Hb			Hb-Act			Act			Cl-Hst			Hb			Hb-Act			Act			Hb		Cl-Hst	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	
SiO <sub>2</sub>	44,22	48,85	52,47	36,04	36,69	43,45	48,00	39,20	40,44	44,82	51,06	53,10	54,91	54,91	53,10	51,06	53,10	54,91	54,91	53,10	51,06	53,10	54,91	54,91	39,10
TiO <sub>2</sub>	1,68	0,4	0,3	0,08	0,45	1,67	0,04	0,03	0,32	1,15	0,22	0,08	0,03	0,03	0,08	0,22	0,08	0,03	0,03	0,08	0,22	0,08	0,03	0,03	0,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,09	3,07	2,33	10,46	10,22	5,48	3,12	10,45	9,03	6,64	2,01	1,6	1,23	1,23	1,6	2,01	1,6	1,23	1,23	1,6	2,01	1,6	1,23	1,23	10,81
FeO	23,52	27,51	19,72	31,16	30,54	28,58	25,15	27,86	27,12	24,06	23,57	18,32	11,71	25,49	18,32	23,57	18,32	11,71	25,49	18,32	23,57	18,32	11,71	11,71	25,49
MnO	0,27	0,4	0,41	0,11	0,12	0,39	0,46	0,35	0,1	0,44	0,62	0,52	0,55	0,55	0,62	0,52	0,52	0,55	0,55	0,62	0,52	0,52	0,55	0,55	0,24
MgO	7,78	6,36	11,17	1,8	2,04	4,85	7,21	5,27	6,2	7,71	8,39	11,87	16,9	25,49	11,87	8,39	11,87	16,9	25,49	11,87	8,39	11,87	16,9	16,9	5,62
CaO	10,28	9,62	10,99	11,05	10,48	10,49	11,41	10,35	10,04	11,07	11,12	12,2	12,51	10,18	12,2	11,12	12,2	12,51	10,18	12,2	11,12	12,2	12,51	12,51	10,18
Na <sub>2</sub> O	1,29	1,21	0,67	1,51	1,6	1,62	0,57	2,85	2,62	1,48	1,07	0,65	0,26	2,01	0,65	1,07	0,65	0,26	2,01	0,65	1,07	0,65	0,26	0,26	2,01
K <sub>2</sub> O	0,12	0,87	0,27	2,5	2,5	1,2	0,3	0,88	0,97	1,4	0,08	0,12	0,08	1,12	0,12	0,08	0,12	0,08	1,12	0,12	0,08	0,12	0,08	0,08	1,12
Cl	0,12	0,87	0,27	4,36	5,5	0,4	0,17	2,41	2,03	0,52	0,15	0,11	0,09	2,18	0,11	0,15	0,11	0,09	2,18	0,11	0,15	0,11	0,09	0,09	2,18
Сумма	96,96	98,61	98,50	99,07	100,14	98,13	96,43	99,65	98,87	99,29	98,29	98,57	98,27	97,00	98,29	98,29	98,57	98,27	97,00	98,29	98,57	98,27	98,27	97,00	97,00
-O≡Cl	0,03	0,2	0,06	0,98	1,24	0,09	0,04	0,54	0,46	0,12	0,03	0,02	0,49	0,49	0,02	0,03	0,02	0,49	0,49	0,02	0,03	0,02	0,02	0,49	0,49
Сумма	96,93	98,41	98,44	98,09	98,9	98,04	96,39	99,11	98,41	99,17	98,26	98,55	98,25	96,51	98,55	98,26	98,55	98,25	96,51	98,55	98,26	98,55	98,25	96,51	96,51
TiSi	6,737	7,419	7,67	6,065	6,135	6,837	7,44	6,141	6,309	6,815	7,688	7,8	7,773	6,205	7,8	7,688	7,8	7,773	6,205	7,8	7,688	7,8	7,773	6,205	6,205
TAl	1,263	0,549	0,33	1,935	1,865	1,015	0,56	1,859	1,659	1,185	0,312	0,2	1,795	1,795	0,2	0,312	0,2	1,795	1,795	0,2	0,312	0,2	0,205	0,205	1,795
TFe <sup>3+</sup>	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,148	0,009	0,069	0,031	0,004	0,045	0,077	0,022	0,022	0,077	0,045	0,077	0,022	0,022	0,077	0,045	0,077	0,022	0,022	0,022
CaI	0,009	0,000	0,071	0,138	0,147	0,496	0,522	0,009	0,069	0,004	0,004	0,009	0,004	0,225	0,009	0,045	0,077	0,022	0,022	0,077	0,045	0,077	0,022	0,022	0,225
CFe <sup>3+</sup>	0,994	0,94	0,528	0,764	0,798	0,198	0,005	1,267	1,273	0,602	0,302	0,058	0,34	1,203	0,058	0,302	0,058	0,34	1,203	0,058	0,302	0,058	0,34	0,34	1,203
CT	0,193	0,046	0,033	0,01	0,057	0,138	0,005	0,004	0,038	0,132	0,025	0,009	0,003	0,03	0,009	0,025	0,009	0,003	0,03	0,009	0,025	0,009	0,003	0,003	0,03
CMg	1,767	1,44	2,434	0,452	0,509	3,117	1,666	1,231	1,442	1,748	1,883	2,599	3,566	1,33	2,599	1,883	2,599	3,566	1,33	2,599	1,883	2,599	3,566	3,566	1,33
CFe <sup>2+</sup>	2,003	2,523	1,882	3,621	3,473	3,117	2,738	2,384	2,234	2,457	2,666	2,192	1,024	2,18	2,192	2,666	2,192	1,024	2,18	2,192	2,666	2,192	1,024	1,024	2,18
CMn	0,035	0,051	0,051	0,016	0,017	0,052	0,06	0,046	0,013	0,057	0,079	0,065	0,066	0,032	0,065	0,079	0,065	0,066	0,032	0,065	0,079	0,065	0,066	0,066	0,032
BCa	1,678	1,565	1,721	1,992	1,877	1,768	1,895	1,737	1,678	1,804	1,794	1,92	1,897	1,731	1,92	1,794	1,92	1,897	1,731	1,92	1,794	1,92	1,897	1,897	1,731
BNa	0,322	0,356	0,19	0,008	0,123	0,232	0,105	0,263	0,322	0,196	0,206	0,08	0,071	0,269	0,08	0,206	0,08	0,071	0,269	0,08	0,206	0,08	0,071	0,071	0,269
ANa	0,059	0,059	0,059	0,485	0,396	0,263	0,066	0,603	0,471	0,24	0,106	0,105	0,349	0,349	0,105	0,106	0,105	0,349	0,349	0,105	0,106	0,105	0,349	0,349	0,349
AK	0,138	0,062	0,032	0,537	0,533	0,241	0,059	0,176	0,193	0,272	0,015	0,022	0,014	0,227	0,022	0,015	0,022	0,014	0,227	0,022	0,015	0,022	0,014	0,014	0,227
Сумма катионов	15,197	14,984	14,943	16,022	15,93	15,504	15,125	15,779	15,664	15,511	15,122	15,128	14,983	15,576	15,128	15,122	15,128	14,983	15,576	15,128	15,122	15,128	14,983	14,983	15,576
Cl	0,031	0,224	0,067	1,244	1,559	0,107	0,045	0,64	0,537	0,134	0,038	0,027	0,587	0,587	0,027	0,038	0,027	0,587	0,587	0,027	0,038	0,027	0,587	0,587	0,587
Mg(Mg + Fe <sup>2+</sup> )	0,47	0,36	0,56	0,11	0,13	0,27	0,38	0,34	0,39	0,42	0,41	0,54	0,78	0,78	0,54	0,41	0,54	0,78	0,78	0,54	0,41	0,54	0,78	0,78	0,78

Примечание. Анализ № 1-12 относится к верхнегулйскому Койкарско-Святнаволоцкому силлу, № 13, 14 - к актинолит-альбитовому шпиру в нижне-гулйском базальтовом покрове в пос. Гирвас; они выполнены в АО «Механопр-Анализ» с использованием полупроводникового спектрометра Link AN-10000, измерения проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе поглощения 4 нА; расчет кристаллохимических формул проводился в программе MINPET 2.02 по схеме I3-CNК с разделением на Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup>.

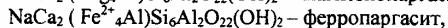
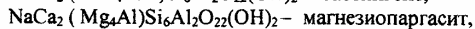
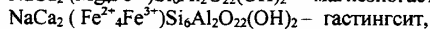
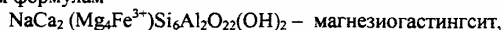
в сравнение с содержаниями этого элемента в третьем амфиболе – хлоровом гастингсита, впервые обнаруженном в породах ятулийского траппового комплекса Карелии.

Этот поздний амфибол развивается по трещинам спайности и по периферии зерен клинопироксена и роговой обманки и образует также самостоятельные мелкие (не более 0,5 мм в длину) тонкопризматические кристаллы и их агрегаты в интерстициях зерен плагиоклаза. От роговой обманки он отличается более густой окраской с резким плеохроизмом в синевато-зеленых тонах, несколько пониженным двупреломлением, характеризуется положительным удлинением и небольшим (около 10–15°) углом погасания, но оптический знак и угол оптических осей минерала определить не удалось. Развитие его сопровождается интенсивной альбитизацией плагиоклаза, что приводит к образованию среди габбро-долеритов рудной и надрудной зон автометасоматических лейкократовых пород, сложенных альбитом, хлоровым амфиболом, тонкочешуйчатым биотитом, лейкоксенизированным ильменит-магнетитом с реликтовыми структурами распада, а также подчиненными карбонатом, хлоритом и сульфидами – пиритом, халькопиритом и борнитом.

Как видно из табл. 1, хлоровые амфиболы заметно варьируют по содержанию щелочей и соотношению натрия и калия, магnezильности, концентрации хлора, при этом наиболее богатые хлором амфиболы оказываются максимально железистыми и калиевыми.

Хлоровые амфиболы относятся к редким минералам. В известной сводке Дира, Хауи и Зусмана [8] только один из более чем 100 анализов кальциевых амфиболов включает количество хлора, сопоставимое с его концентрациями в амфиболе из карельских траппов. Этот минерал авторами [8] определен как «богатый хлором феррагастингсит» (анализ № 21 в табл. 43, с. 314–315), а при первом его описании – как новый хлорамфибол («дашкесанит») из группы гастингсита (см. [9]). По химическому составу он близок к хлоровым амфиболом из карельских траппов, особенно № 4 и 5 в табл. 1. Все другие находки хлоровых амфиболов, обобщенные в статье [10], относятся к минералам паргаситового ряда.

Согласно теоретическим формулам



амфиболы гастингситового и паргаситового рядов различаются по соотношению трехвалентного железа и октаэдрического алюминия в позиции С. В гастингситах преобладает железо, а в паргаситах – алюминий [7]. Рассчитанные кристаллохимические формулы показывают, что изученные хлоровые амфиболы содержат незначительное количество  $\text{Al}^{\text{VI}}$  и, в соответствии с низким отношением  $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$ , могут быть диагностированы как хлорогастингситы, что и представлено на классификационной диаграмме (см. рисунок, А).

Хлорогастингсит присутствует также в породах эффузивной фации ятулийского траппового комплекса Карелии. Он был обнаружен в пегматитном шлере из верхней части нижнеятулийского базальтового покрова, который относится к известному в литературе вулканогенно-осадочному разрезу на южной окраине пос. Гирвас [11]. Такие линзовидные и пластообразные обособления грубозернистых лейкократовых пород встречаются иногда вблизи кровли мощных лавовых покровов и потоков, представляя собой продукты дифференциации базальтовой магмы. В рассматриваемом примере подобная порода состоит из больших (до 10 см в длину) кристаллов альбита и актинолита (анализ № 13 в табл. 1), между которыми располагается тонкозернистый агрегат из альбита второй генерации, биотита и хлорогастингсита (анализ № 14 в табл. 1). Для всего шлера в целом свойственна неравномерная, но местами обильная сульфидная минерализация. Как следует из краткой петрографической характеристики, мелкозернистый интерстициальный агрегат был образован из самой поздней, глубоко дифференцированной порции магмы, обогащенной летучими компонентами.

Высокие концентрации хлора установлены и в биотитах из пород Койкарско-Святнаволоцкого силла, причем в биотите поздней генерации, который по времени образования близок к хлорогастингситу и так же, как последний, активно замещает первично-магматические минералы, включая титанмагнетит. По химическому составу (табл. 2) хлоровые биотиты близки к флогопит-аннитовому ряду, тяготея к его железистому члену (см. рисунок, Б). Их ближайшими аналогами следует считать богатые хлором биотиты из траппов Норильска, в которых определено до 5% Cl [13]. Аналогия с норильскими породами тем более уместна, что именно с трапповой формацией Норильского района устанавливается наиболее тесное сходство ятулийского траппового комплекса Карелии как в отношении петрологии и геохимии, так и общей эволюции магматизма [6].

Хлоровые амфиболы и биотиты вместе с альбитом, карбонатом и сульфидами составляют наиболее поздний, субсолидусный парагенезис карельских траппов, происхождение которого связано с позднемагматическим флюидом сложного состава, обогащенным хлором и калием. Высокая активность калия во флюиде подчеркивается кристаллизацией биотита. Повышенное родство калия к флюидной фазе магм, особенно в присутствии хлора, вследствие чего он перераспределяется из расплава во флюид, хорошо известно в петрологии [14]. Возможно, что выносом части калия вместе с флюидом обусловлены пониженные в целом его содержания в интрузивных траппах ятулия по сравнению с синхронными лавами [6].

Есть основания предполагать, что флюидная фаза ятулийских базальтовых магм была обогащена также фтором. По данным финских исследователей, апатит из силла Коли содержит, наряду с 1,1% Cl, до 3,75% F [3, 4].



К сожалению, фтор в изученных нами амфиболах и биотитах не был определен, но, по [13], его концентрации в некоторых биотитах норильских траппов сопоставимы с высокими концентрациями в них хлора.

Таблица 2. Химические составы и кристаллохимические формулы биотитов

Порода № анализа	Рудное габбро		Габбро-долерит		«Сиенит»
	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	34,90	36,19	36,38	33,59	39,76
TiO <sub>2</sub>	2,67	2,00	1,68	2,13	1,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,59	11,72	10,44	13,79	16,59
FeO	32,56	32,30	33,83	29,04	15,15
MnO	—	—	0,17	0,24	0,13
MgO	5,47	4,81	5,48	8,01	15,3
CaO	0,42	Не опр.	0,15	0,09	0,10
Na <sub>2</sub> O	Не опр.	" "	Не опр.	Не опр.	0,59
K <sub>2</sub> O	9,28	9,64	8,46	8,97	9,4
Cl	2,40	3,10	3,41	1,44	0,08
С у м м а	98,29	99,76	100,00	97,3	95,42
-O=Cl	0,55	0,71	0,78	0,33	0,02
С у м м а	97,74	99,05	99,22	96,97	95,4
Si	2,881	2,957	2,942	2,675	2,774
Al	1,031	1,043	0,945	1,295	1,226
Al	—	0,086	—	—	0,250
Ti	0,166	0,123	0,103	0,128	0,064
Fe	2,248	2,207	2,288	1,934	0,956
Mn	—	—	0,012	0,016	0,008
Mg	0,673	0,586	0,660	0,951	1,721
Ba	—	—	—	—	0,005
Ca	0,037	—	0,010	0,008	0,008
Na	—	—	—	—	0,086
K	0,977	0,994	0,873	0,911	0,905
Cl	0,336	0,442	0,481	0,199	0,010
Fe/(Fe + Mg)	0,7696	0,7902	0,7761	0,6704	0,3571

Выявленные в карельских траппах необычные хлоровые амфиболы и биотиты могут вызывать не только минералогический интерес. Как известно, хлорсодержащему позднемагматическому флюиду и связанным с ним процессам флюидно-магматической дифференциации и гидротермально-метасоматического преобразования пород придается главная роль в формировании благороднометалльной минерализации малосульфидного типа в расслоенных ультрабазит-базитах [15, 16]. Авторы [13] подчеркивают различия в составе биотитов, приуроченных к проявлениям Pt-Cu-Ni сульфидных руд и к проявлениям Pt-малосульфидных руд в Норильском районе. Биотиты руд второго типа оказываются наиболее обогащенными галогенами, причем в процессе формирования руд общее увеличение содержания F + Cl в слюдах сопровождалось снижением в них роли F и повышением Cl.

Таким образом, представленные в статье данные позволяют по-новому, более оптимистично, подойти к оценке перспектив благороднометалльной минерализации, обнаруженной в дифференцированных ятулийских интрузиях Карелии и Финляндии [3-5, 17]. Не только сами интрузии и их экзоконтакты, но и сопряженные с ятулийским вулканизмом зоны тектонических нарушений должны приниматься во внимание при прогнозных оценках и поисках. Кроме того, глубинные геофизические аномалии вблизи эруптивных центров могут оказаться связанными с рудоносными ультрабазит-базитовыми телами, комплементарными приповерхностным пластовым интрузиям и покровам базальтов, как это предполагается для крупной аэромагнитной аномалии в районе Онежского озера [5].

Авторы благодарят Н. Н. Трофимова за представленные образцы рудных габбро-долеритов.

## Summary

Ivanikov V. V., Malashin M. V., Golubev A. I. Chloramphibole and chlorbiotite in Paleoproterozoic trappes of Karelia and their metallogenic significance.

Gabbro-dolerites of a layered sill and coarse-grained albitic enclave in a basaltic flow were found to contain chloramphibole determined as chlorgastingsite and chlorbiotite attributed to phlogopite-annite series. These minerals were formed at the late subsolidus stage of Karelian trappe crystallization. Their composition indicates high chlorine activity in a late-postmagmatic fluid, which could be considered as a favorable factor for PGE metal mineralization well known from trappe layered intrusions.

## Литература

1. Светов А. П. Платформенный базальтовый вулканизм карелид Карелии. Л., 1979.
2. Голубев А. И., Иваников В. В., Филиппов Н. Б., Малашин М. В. Карельская трапповая провинция: пример магматической и геодинамической эволюции плюма в раннем протерозое // Мантийные плюмы и металлогения / Под ред. А. Ф. Грачева. Петрозаводск; М., 2002.
3. Vuollo J., Piirainen T. The Koli layered sill and related PGE in north Karelia, eastern Finland // 5th Intern. platinum symposium "Guide to the post-symposium field trip". August 4–11, 1989. Geological Survey of Finland / Ed. by T. Alapieti. 1989.
4. Vuollo J., Piirainen T. The 2,2 Ga old Koli layered sill: The low Al tholeiitic (karjalitic) magma type and its differentiation in northern Karelia, eastern Finland // Geol. Foren. Stockholm Forh. 1992. Vol. 114.
5. Металлогения Карелии / Под ред. С. И. Рыбакова и А. И. Голубева. Петрозаводск, 1999.
6. Малашин М. В., Голубев А. И., Иваников В. В., Филиппов Н. Б. Геохимия и петрология мафических вулканических комплексов нижнего протерозоя Карелии. I. Ятулийский вулканический комплекс // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2003. Вып. 1 (№ 7).
7. Leake B. E., Woolley A. R., Birch W. D. et al. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the international mineralogical association's 1997 recommendations // Can. Mineralogist. 2003. Vol. 41.
8. Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. Т. 2: Цепочечные силикаты / Пер. с англ.; Под ред. В. П. Петрова. М., 1965.
9. Крутов Г. А. Дашкесанит – новый хлорамфибол из группы гасингита // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1936. № 2–3.
10. Чуканов Н. В., Конюхов А. Н., Задов А. Е. и др. Новый амфибол калиевый хлорпаргасит и условия его формирования в гранулитовом комплексе Сальных тундр (Кольский полуостров) // Зап. Всерос. минерал. о-ва. 2002. № 2.
11. Голубев А. И., Иваников В. В., Филиппов Н. Б., Малашин М. В. Ятулийский вулканогенно-осадочный комплекс центральной Карелии / Путеводитель геологических экскурсий международного симпозиума «Мантийные плюмы и металлогения» / Под ред. А. И. Голубева. Петрозаводск; Апатиты, 2002.
12. Rieder M., Cavazzini G., D'yakonov Y. S. et al. Nomenclature of the micas // Can. Mineralogist. 1998. Vol. 36.
13. Рябов В. В., Шевко А. Я., Гора М. П. Магматические образования Норильского района: В 2 т. Новосибирск, 2000.
14. Шинкарев Н. Ф. Физико-химическая петрология изверженных пород. Л., 1970.
15. Boudreau A. E. Investigations of the Stillwater Complex. IV. The role of volatiles in the petrogenesis of the J-M Reef // Can. Mineralogist. 1988. Vol. 26.
16. Казанов О. В. Платиноносность расслоенных интрузий: ключевые факторы генетических моделей // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2002. Вып. 3 (№ 23).
17. Сереброва Е. Л., Филиппов Н. Б., Губко М. Г., Франк-Каменецкий Д. А. Платино- и золотометаллическая минерализация в титаномагнетитовых габбро-диабазх Карелии // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 1995. Вып. 1 (№ 7).

Статья поступила в редакцию 11 июня 2004 г.