

ГРАНИТОИДЫ ХАУТАВААРСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

Дмитриева А.В.,¹ Гордон Ф.А.²

¹Институт геологии Карельского научного центра РАН, dmitrieva-a-v@yandex.ru

²Институт геологии и геохронологии докембрия РАН

Хаутаваарская структура, расположенная в западном обрамлении древнего (>3 млрд л.) Водлозерского блока, является наиболее сохранившимся фрагментом Ведлозерско-Сегозерского мезоархейского зеленокаменного пояса. В ее строении выделяют пять свит: нижняя *вьетуккалампинская* (3.05–2.95 млрд л., БАДР-серия и сопутствующие вулканогенно-осадочные ассоциации), *лоухиваарская* (3.05–2.90 млрд л., коматииты, базальты, туфы, туффиты, граувакки, конгломераты, черные сланцы, колчеданы, силициты, железистые кварциты), *калаярвинская* (>2.85 млрд л., сланцы по туфогенно-осадочным толщам средне-кислого состава, дациты, силициты, черные сланцы и колчеданы), *кульюнская* (базальты) и верхняя *усмитсанъярвинская* (черные сланцы, туфы и туффиты дацитового состава, кремнистые породы). Возраст дацитов вьетуккалампинской свиты – 2995±20, 2944±7.9 млн л., Sm-Nd-изохронный возраст коматиит-базальтов лоухиваарской свиты – 2921±55 млн л., верхний возрастной предел пород калаярвинской свиты определяется по прорывающим их дайкам дацитов и риолитов – 2862±45 и 2854±14 млн л. (Светов, 2005 и ссылки в ней).

В истории геологического развития Хаутаваарской зеленокаменной структуры гранитоидный магматизм имеет несколько эпизодов и охватывает широкий временной интервал. Карельской ГЭ были выделены древний *Сямозерский комплекс* доорогенных, *Шуйский комплекс* синорогенных и *Хаутаваарский комплекс* позднеорогенных гранитоидов, а также комплекс малых интрузий *Виртаоя* (таблица 1).

Таблица 1. Возраст гранитоидных массивов Хаутаваарской структуры

Комплекс/ массив	Порода	U-Pb возраст (млн л.)	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	t_{DMNd} (млрд л.)	ссылка
<i>К-граниты, пегматиты:</i> Виртаоя	умереннощелочные граниты, лейкограниты, пегматиты	~2.7 (?)			
<i>Санукитоиды:</i> Хаутаваарский	<i>I ф.:</i> монцогаббро, монцодиориты; <i>II ф.:</i> кварцевые монцодиориты, граносиениты, монцограниты	2742±23 2743±8	+0.1-+0.6 +0.2-+1.1	2.86-2.92 2.82-2.87	1–5
Чалкинский	диориты, кварцевые диориты	2745±5	-1.3	2.98	
<i>Граниты:</i> Шуйский	диориты, гранодиориты, плагиограниты	~2.86 (?)			
<i>ТТГ:</i> Сямозерский	гранито-гнейсы	>3 (?)			

Ссылки: 1 – Егорова, 2014; 2 – Овчинникова и др., 1994; 3 – Bibikova et al., 2005; 4 – Kovalenko et al., 2005; 5 – Lobach-Zhuchenko et al., 2005.

Наиболее древние гранито-гнейсы *Сямозерского комплекса* развиты в обрамлении Хаутаваарской структуры и представляют собой основание фундамента.

Шуйский комплекс, предполагаемый возраст которого ~2.86 млрд л., представлен рядом массивов различного размера диорит-гранодиорит-плагиогранитового состава. Они прорывают гранито-гнейсы Сямозерского комплекса и вулканиты хаутаваарской серии. Шуйский комплекс нами изучался в восточном борту структуры. Средне-, крупнозернистые гранодиориты характеризуются наличием голубого кварца, подвержены эпидотизации, что придает породам зеленоватый оттенок. Содержание SiO₂ в них 67.52–68.16%, сумма щелочей 6.81–8.34%,

mg# 0.48–0.52 (таблица 2, рис. 1). Отношение $Na_2O/K_2O=1.03-1.19$. Концентрация Cr 58–61, Ni 24–45 ppm. Содержание в породах Ba>1200, Sr 520–750 ppm. Сумма REE 104–151 ppm, коэффициент фракционирования $(La/Yb)_n=23-29$ (рис. 2). Содержание рудогенных элементов составляет (в ppm) Mo 0.9–4, Zn 35–49, W 1–7, Bi 0.16–0.8.

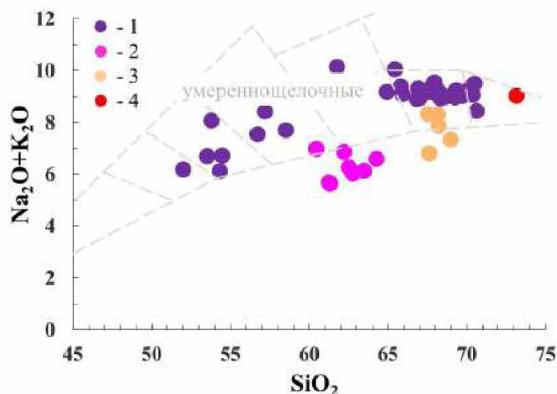


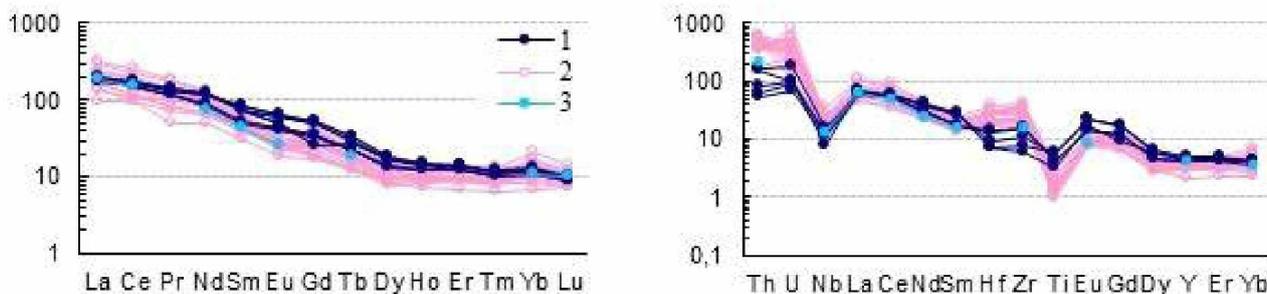
Рис. 1. Диаграмма $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$ для гранитоидов Хаутаваарской структуры

1 – Хаутаваарский массив, 2 – Чалкинский массив, 3 – Шуйский комплекс, 4 – Няльмозерский массив

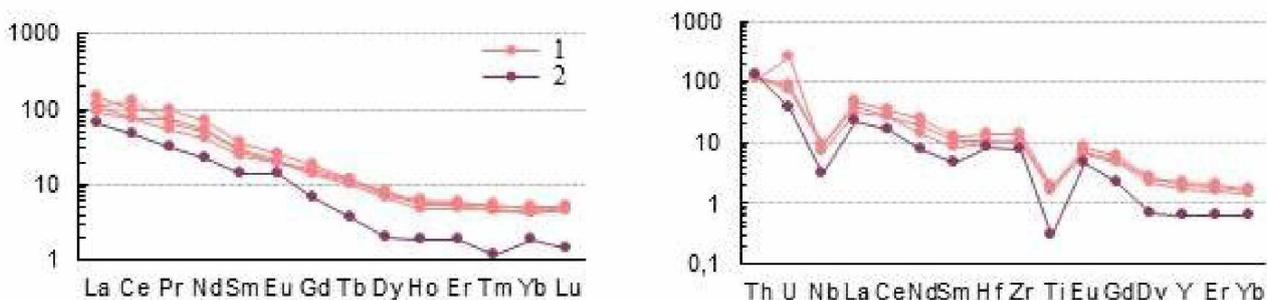
Таблица 2. Петрохимический и микроэлементный состав гранитных массивов

Комп.	1*	2	3	4	5	6	7	9*	10
Массив	Шуйский		Хаутаваара					Чалка	Виртаоя
			I фаза		II фаза				
Порода	Д	ГД	МГБ	МД	КМД	ГС	МГ	Д	УЩГ
SiO ₂ (%)	62.5	68.09	53.32	57.83	64.47	68.18	69.94	62.26	73.14
TiO ₂	0.59	0.36	0.88	0.66	0.59	0.44	0.35	0.64	0.13
Al ₂ O ₃	16.2	15.13	15.68	15.04	15.85	14.60	14.10	15.92	13.63
FeOt	6.51	3.11	7.79	5.93	3.48	2.94	2.44	5.09	1.13
MnO	0.1	0.054	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.09	0.026
MgO	2.5	1.57	5.92	4.46	2.17	1.70	1.22	3.30	0.78
CaO	4.27	2.43	6.87	4.65	2.46	1.62	1.56	4.80	1.31
Na ₂ O	3.49	4.59	3.36	3.61	4.02	3.82	3.91	3.92	4.14
K ₂ O	2.96	3.15	3.19	4.48	5.69	5.30	5.31	2.37	4.91
P ₂ O ₅	0.19	0.20	0.58	0.43	0.22	0.29	0.16	0.18	0.06
Total	100	99.88	99.51	99.76	99.96	99.87	99.85	99.56	99.91
mg#	0.43	0.49	0.59	0.59	0.54	0.52	0.48	0.53	0.55
alk	6.45	7.74	6.55	8.09	9.71	9.13	9.22	6.29	9.05
Cr (ppm)		61	170	202	64	48	37	150	34
Ni		36	56	60	28	21	20		19
V		42	185	129	94	60	40		<ПО
Rb		81	138	164	269	257	217	71	86
Ba		1060	1862	1851	1031	929	944	950	1518
Sr		625	1121	639	426	302	395	550	369
Y		9	21	20	16	19	15	20	3
Ta		0.5	0.5	0.7	1.2	1.6	1.4		0.2
Nb		6	7	10	17	17	13	9	2
Zr		127	94	168	330	348	236	175	85
Pb		13	19	42	16	30	27	28	23
Cu		14	37	90	16	16	14		6
W		3.7	1.0	1.8	0.2	2.6	2.9		0.5
Zn		44	131	102	49	39	26		28
Bi		0.4	0.4	0.4	0.2	0.5	0.1		0.01
Mo		1.7	2.2	2.2	3.8	3.4	3.6		1.1
ΣREE		130	249	218	212	224	199	>200	64
n	4	5/4	3/3	2/2	4/4	9/7	8/7	8/1	1/1

Примечание. ГД – гранодиорит, ГС – граносиенит, Д – диорит, КМД – кварцевый монцодиорит, МГ – монцогранит, МГБ – монцогаббро, МД – монцодиорит, УЩГ – умереннощелочной гранит; * – литературные данные.



1–2 – Хаутаваарский массив (1 – монцогаббро и монцодиориты I-фазы, 2 – кварцевые монцодиориты, граносиениты, монцограниты II-фазы), 3 – Чалкинский массив, диориты



1 – гранодиориты Шуйского комплекса, 2 – умереннощелочные граниты Виртаюского комплекса (Няльмозерский массив)

Рис. 2. Распределение REE и мультиэлементные диаграммы для пород гранитоидных массивов Хаутаваарской площади, нормированные к хондриту и примитивной мантии соответственно, по (Sun, McDonought, 1989)

Хаутаваарский комплекс, возраст которого оценивается ~2.74 млрд лет, включает массивы Хаутаваарский, Чалкинский и ряд более мелких интрузивных тел. По геохимическим характеристикам они были отнесены к санукитоидной серии (Lobach-Zhuchenko et al., 2005). Наиболее изучен Хаутаваарский массив (Дмитриева и др., 2016). Он расположен в центральной части структуры, сложен двумя магматическими фазами – монцогаббро-монцодиоритовой и граносиенит-монцогранитовой. Монцогаббро и монцодиориты встречаются в краевых частях массива. Породы меланократовые, средне-крупнозернистые. Большую часть интрузива слагают дифференциаты II-фазы. Кварцевые монцодиориты встречаются в небольшом объеме в приконтактной зоне и в прогибах кровли. Северную часть массива слагают лейкократовые, светло-серые, среднезернистые граносиениты, центральную – розово-красные, средне-, крупнозернистые монцограниты. Содержание SiO₂ в породах Хаутаваарского массива возрастает от 52 % в монцогаббро до 70.6% в монцогранитах, сумма щелочей – от 6.21 до 9.57 % (рис. 1). Отношение Na₂O/K₂O, как правило, <1, mg# пород колеблется преимущественно в интервале 0.5–0.6. С увеличением кремнекислотности снижается концентрация Cr от 220 до 20 и Ni от 70 до 15 ppm. Наибольшие содержания Ba отмечаются в монцогаббро-монцодиоритах – 1750–2050 ppm, в граносиенитах и монцогранитах варьирует от 800 до 1220 ppm. Сумма REE 350–160 ppm, коэффициент фракционирования (La/Yb)_n=13–21. Содержание Mo в монцогаббро и монцодиоритах ранней фазы 1–4 ppm, в породах поздней фазы – 1.2–6.84 ppm (до 13 ppm в граносиенитах вблизи рудных зон). Содержание V в породах Хаутаваарского массива 0.2–2.6 ppm, количество W не превышает 6 ppm.

Чалкинский массив расположен в северо-западной части Хаутаваарской структуры, вытянут в субмеридиональном направлении на несколько км, сложен средне-, крупнозернистыми, порфирированными диоритами и кварцевыми диоритами. В краевых частях массива породы подвержены эпидотизации, прорываются множеством плагиомикроклиновых и аплитовых

жил, характеризуются содержанием SiO_2 60.4–64.3% и суммы щелочей 5.7–7% (таблица 2, рис. 1). Отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1.5$, $\text{mg}\# > 0.5$. Чалкинский массив обладает более однородным состав и меньшим содержанием щелочей, тем не менее, по геохимическим характеристикам диориты схожи с породами Хаутаваарского интрузива (рис. 2).

Комплекс Вуртаоя включает микроклиновые граниты, жильные тела турмалин-мусковитовых лейкогранитов, микроклин-плагиоклазовых и сподумен-микроклин-альбитовых пегматитов. Умереннощелочные граниты развиты западнее оз. Няльмозеро (северная часть Хаутаваарской структуры). Породы мелкозернистые с красновато-розовым оттенком, характеризуются содержанием SiO_2 73.14%, повышенной суммой щелочей – 9.05% (таблица 2, рис. 1). Отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ составляет 0.84, $\text{mg}\#$ пород 0.55. Содержание REE низкое (~65 ppm), при этом коэффициент фракционирования высокий – 36 (рис. 2). Концентрация Ba 1500, Sr 370 ppm. Содержание рудогенных элементов низкие (в ppm): Pb 23, Cu 6, Mo 1.11, W 0.49, Bi 0.01, Sn 0.4, Y 3, Nb 2, Ta 0.2, Ag 0.5. Редкометалльные пегматитовые жилы преобладают в северной части структуры.

Рудная минерализация. Наиболее перспективными на настоящее время являются массивы Хаутаваарского комплекса. С граносиенитами Хаутаваарского массива связан линейный кварцевый штокверк, сопровождающийся Mo-Au-S минерализацией. В околорудной зоне наблюдается увеличение содержания Pb, Cu, Te, Bi и Ag. Непосредственно в рудной зоне, в зальбандах кварцевой жилы, концентрация Mo возрастает до 454–948 ppm, Pb 132–426 ppm, Cu до 355 ppm, Te 11–21 ppm, Bi 38–96 ppm, Ag до 9.77 ppm. Содержание Au в рудном теле достигает 20 г/т, в зальбандах жилы – 0.02–0.2 г/т. Рудная минерализация представлена пиритом, золотом, молибденитом, встречаются галенит, халькопирит, пирротин и редкие Bi-Te-Pb-S фазы.

В ореоле Хаутаваарского массива во вмещающих породах установлена вкрапленная молибденитовая и золотосодержащая полиметаллическая, Au-S-As и Au-Bi минерализация. В ореоле Чалкинского массива выявлена полиметаллическая минерализация, во вмещающих толщах отмечается повышение содержания Mo до 45 ppm.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00447.

Список литературы

1. Дмитриева А.В., Кулешевич Л.В., Вихко А.С. Петрохимические особенности и рудная специализация Хаутаваарского массива (Южная Карелия) // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 2. С. 52–70.
2. Егорова Ю.С. Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники: дис. ... канд. геол.-минер. наук. СПб., 2014. 208 с.
3. Овчинникова Г.В., Матреничев В.А., Левченков О.А. и др. U-Pb и Pb-Pb изотопные исследования кислых вулканитов Хаутаваарской зеленокаменной структуры, Центральная Карелия // Петрология. 1994. Т. 2. № 3. С. 266–281.
4. Светов С.А. Магматические системы зоны перехода океан-континент в архее восточной части Фенно-скандинавского щита. Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН, 2005. 229 с.
5. Bibikova E.V., Petrova A., Claesson S. The temporal evolution of the sanukitoids in the Karelian Craton, Baltic Shield: an ion microprobe U-Th-Pb isotopic study of zircons // Lithos. 2005. V. 79. P. 129–145.
6. Lobach-Zhuchenko S.B., Rollinson H.R., Chekulaev V.P. et al. The Archaean sanukitoid series of the Baltic Shield: geological setting, geochemical characteristics and implications for their origin // Lithos. 2005. V. 79. P. 107–128.