

Аu-S-КВАРЦЕВОЕ Мо-СОДЕРЖАЩЕЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ В ХАУТАВААРСКОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ МАССИВЕ, ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ

Л.В.Кулешевич,
А.В.Дмитриева

ФГБУН Институт геологии Карельского НЦ РАН,
г. Петрозаводск

Хаутаваарский массив, расположенный в южной части Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса, дифференцирован от монцогаббро до граносиенитов и монцогранитов. Кислые дифференциаты сопровождаются среднетемпературными изменениями, кварцевыми штокверками с золото-пирит-кварцевой и молибденитовой минерализацией. Золото рудопроявления Центральное Хаутаваарское ассоциирует с пиритом, галенитом, содержит ~10% Ag, вкрапленность молибденита встречается в измененных граносиенитах и зальбандах жил.

Ключевые слова: Мо-Au-S-кварцевое оруденение, Хаутаваарский массив, изменения пород, Карелия.

Хаутаваарская структура находится в южной части Ведлозерско-Сегозерского архейского зеленокаменного пояса в Карелии. На ее формирование большое влияние оказало внедрение Хаутаваарского массива (рис. 1), дифференцированного от монцогаббро-монцодиоритов до умеренно щелочных гранитов, объединенных в хаутаваарский комплекс. Данный комплекс пород повышенной щелочности и магнезиальности отнесен к серии, выделяемой как санукитоидная с возрастом 2743 ± 8 млн лет [16, 17]. С кислой фазой комплекса связано образование кварцевых жил и штокверков с молибденитовой Au-S-рудной минерализацией [7].

Задачи настоящей работы – выяснение геохимической и металлогенической специализации пород хаутаваарского комплекса, изучение околожильных изменений и характера распределения рудогенных элементов, сопровождающих кварцевый штокверк, минерального состава руд и последовательности рудообразования. Исследования пород, руд и околорудных из-

менений выполнялись в аналитическом центре ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск). Проведены химический и микрокомпонентный (ICP-MS) анализы пород, изучены рудные и акцессорные ассоциации на электронном сканирующем микроскопе VEGA II LSH с микроанализатором INCA Energy-350. Содержание благородных металлов в литохимических пробах приводится по данным предшествующих исследований.

Геологическое строение, магматизм и оруденение Хаутаваарской зеленокаменной структуры подробно рассмотрены в публикациях В.И.Робонена, С.И.Рыбакова, А.И.Световой [13, 14] и производственных отчетах Карельской геологической экспедиции (С.А.Морозов, В.В.Сиваев, А.Ф.Горошко) за 1971–1995 гг. Геодинамика архейского развития структуры продемонстрирована в более поздних работах В.Н.Кожевникова и С.А.Светова [5, 12]. Поисковые работы на золото с 2008 г. по настоящее время в пределах Хаутавааро-Ведлозерской площади осуществляются компанией ООО «Онего-Золото».

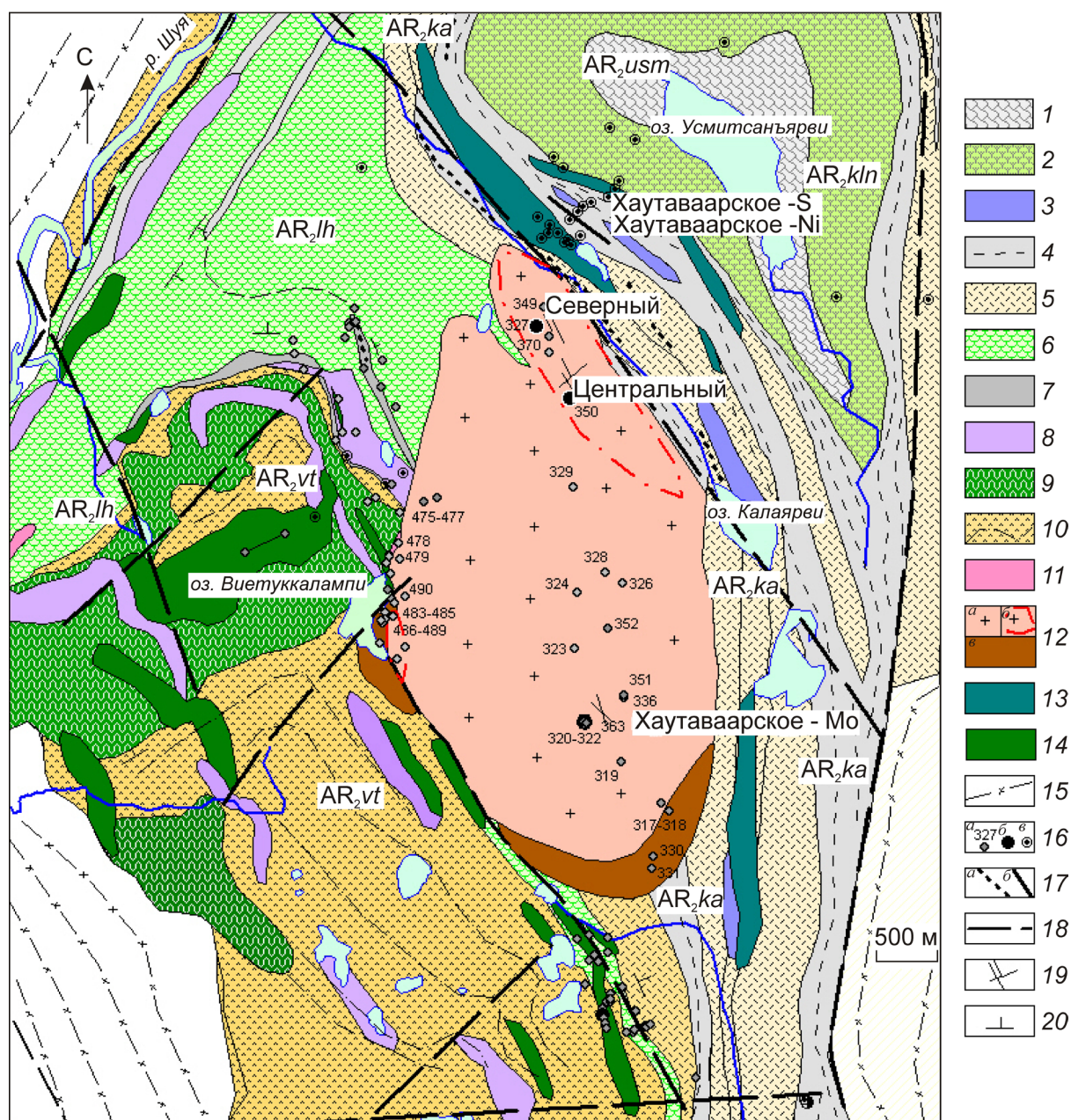


Рис. 1. Схема геологического строения Хаутаваарской структуры (по материалам геологов Карельской геологической экспедиции В.В.Сиваева, А.Ф.Горошко и ИГ КарНЦ РАН С.И.Рыбакова, А.И.Световой):

лопийский надгоризонт (AR_2lp), свиты: 1 – усмитсанъярвинская (AR_{2usm}), 2 – кульонская (AR_{2kln}), 3–5 – кала-ярвинская (AR_2ka), 6–8 – лоухиваарская (AR_2lh), 9, 10 – виетуккалампинская; 1 – туфогенно-осадочные породы; 2 – базальты; 3 – коматииты, отчасти интрузивные ультрабазиты; 4 – углеродсодержащие черные сланцы с сульфидной минерализацией; 5 – туфогенно-осадочная толща, риодациты, дациты; 6 – базальты, андезибазальты; 7 – углеродсодержащие сланцы, хемогенные кварциты с конкрециями сульфидов, магнетитовые кварциты; 8 – коматииты, интрузивные ультрабазиты; 9 – базальты; 10 – андезиты, дациты, риолиты; интрузивные комплексы: 11 – Виртаоя (дайки и малые тела К-гранитов), 12 – хаутаваарский (а – монцограниты, б – граносиениты, в – монцобаббро-монцодиориты), 13 – Кайнооя (габбро), 14 – виетуккалампинский (феррогаббро), 15 – шуйский (граниты, гранитогнейсы); 16 – обнажения и их номера (а), рудопроявления (б), скважины (в); 17 – руды (а – колчеданные, б – сульфидные медно-никелевые); 18 – разломы; 19 – жилы и штокверки; 20 – элементы залегания

В геологическом строении структуры (см. рис. 1) снизу вверх по местной стратиграфической шкале выделяют несколько свит, причисляемых к хаутаваарской серии (мезоархей) [13, 14]: виетуккалампинскую, лоухиваарскую, калаярвинскую, кульюонскую и усмитсанъярвинскую. Нижняя часть разреза (виетуккалампинская свита) представлена базальтами, андезибазальтами, андезитами, дацитами, риолитами и вулканогенно-осадочными толщами островодужной ассоциации (их возраст 2995–2944 млн лет). Коматиит-базальтовая океаническая ассоциация лоухиваарской свиты сформировалась около 2980–2921 млн лет назад. Калаярвинская свита состоит из сланцев по туфогенно-осадочным толщам среднего и кислого составов, дацитов, силицитов, углеродсодержащих сланцев и колчеданных руд. Возраст пород свиты древнее прорывающих их кислых порфировых даек (~2,85–2,86 млрд лет) и гранитов Хаутаваарского массива. Кульюонская свита включает метаморфизованные базальты и их туфы. Сланцы по туфам среднего состава и туффитам усмитсанъярвинской свиты распространены ограниченно в северо-восточной части структуры. Формирование зеленокаменного пояса завершилось складчатостью и метаморфизмом зеленосланцевой – амфиболитовой фаций умеренных давлений [11].

Интрузивный магматизм структуры представлен базит-гипербазитовым и гранитоидным комплексами пород. Ультрабазит-базитовые интрузии развиты в западной и восточной ее частях. Меланократовые габбро Виетуккалампинского массива, расположенного западнее одноименного озера, и пластовые интрузии в пределах площади выделяются как феррогаббро по повышенной магнитности и высокому содержанию суммарного железа и TiO_2 [15]. Феррогаббро и ультрабазиты секутся кислыми дайками и гранитами. В восточном борту Хаутаваарской структуры находятся более поздние тела габброидов. Гранитоидный магматизм проявлен шуйским комплексом тоналит-трондьемит-гранодиоритовой ассоциации, гранодиоритами, гранитами и гранитогнейсами в обрамлении структуры. К внутроструктурным гранитам относятся умеренно щелочные граниты, входящие в хаутаваарский дифференцированный

комплекс (2,74 млрд лет), а также калиевые граниты и их пегматиты комплекса Виртаоя (~2,7–2,68 млрд лет).

Архейские деформации, выделяемые на Хаутаваарско-Ведлозерской площади, имеют субмеридиональное, субширотное, северо-восточное и северо-западное простирания. Рассланцованные вмещающие породы обрамляют Хаутаваарский массив. В северо-восточной части структуры шир-зоны с азимутом простирания 320° сопровождаются метаморфогенно-метасоматическими изменениями коматиитов, вмещающих толщ и колчеданных руд. В восточной части площади преобладают субмеридиональные деформации. Субширотные и северо-восточные (70°) деформации и разломы представляют собой жесткие смещения, они блокируют в целом всю структуру. Северо-восточные зоны рассланцевания выделяются в северо-западной части Хаутаваарской структуры. В Хаутаваарском массиве наблюдаются кварцевые жилы с аз. пр. от 90° до 70° ВСВ и зоны трещиноватости с аз. пр. 310° СЗ, к которым приурочена рудная минерализация.

Металлогению Хаутаваарской структуры определяют разнообразные типы руд – колчеданные, полиметаллические, Cu-Ni-сульфидные, Au-S-кварцевые, молибденовые [2, 6, 7, 14]. Колчеданные руды Южной Карелии изучались С.И.Рыбаковым, Г.В.Ручкиным и В.Д.Конкиным [9–11, 14]. Их переопробование на благородные металлы позволило установить, что руды с полиметаллами содержат повышенные концентрации золота, а руды Хаутаваарского Cu-Ni-проявления – платиноидов.

Хаутаваарский дифференцированный массив вытянут в меридиональном направлении. Он имеет овальную форму размером 6х3 км (см. рис. 1) и играет заметную роль в составе всей Хаутаваарской архейской вулканической постройки. В более ранних производственных геологических работах (В.В.Сиваев, А.Ф.Горошко, 1982 г.) строение массива описано как четырехфазное: 1-я фаза представлена роговообманковыми диоритами-монцодиоритами, 2-я – плагиогранитами-гранодиоритами, 3-я – гранитами-граносиенитами, 4-я – дайками аплитов. Среди кислых дифференциатов комплекса граносие-

1. Химический состав пород Хаутаваарского массива и содержание в них некоторых микрокомпонентов

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂ , мас. %	53,32	57,83	63,77	68,24	69,94	66,26
TiO ₂	0,88	0,66	0,56	0,43	0,35	0,17
Al ₂ O ₃	15,68	15,04	16,40	14,56	14,10	16,38
Fe ₂ O ₃	3,08	2,48	1,75	1,24	0,95	1,03
FeO	4,71	3,45	2,08	1,73	1,49	0,57
MnO	0,14	0,10	0,06	0,05	0,04	0,085
MgO	5,92	4,46	2,26	1,75	1,22	0,90
CaO	6,87	4,65	2,01	1,58	1,56	0,15
Na ₂ O	3,36	3,61	3,95	3,85	3,91	2,94
K ₂ O	3,19	4,48	5,84	5,25	5,31	10,64
ППП	1,63	2,37	0,98	0,81	0,71	0,05
P ₂ O ₅	0,58	0,43	0,19	0,3	0,16	0,40
Сумма	99,51	99,76	99,99	99,91	99,85	99,94
mg#	0,59	0,59	0,53	0,53	0,48	0,52
Σalk	6,55	8,09	9,78	9,10	9,22	13,58
K ₂ O/Na ₂ O	0,95	1,24	1,48	1,36	1,36	3,62
Ba, г/т	1862	1851	1088	913	944	2145
Sr	1121	639	390	290	394	90
Rb	138	164	214	238	217	312
Zr	94	168	430	349	236	155
Cr	170	202	60	48	37	16
Co	28	23	10	8	6	5
Ni	56	60	25	21	20	6
Cu	37	90	16	17	14	27
Zn	131	102	41	38	26	35
As	21	32	<по	до 9	до 8	29
Mo	2,2	2,2	1,4	до 4,5	3,6	3
Ag	0,3	0,7	0,8	до 1,6	до 0,9	0,6
Pb	19	42	13	21	27	41
REE	249	218	287	213	199	71
Cu/Mo	17	41	11	4	4	9
n	3	2	2	8	8	1

П р и м е ч а н и е. 1-я фаза: 1 – монцогаббро, 2 – монцодиорит; 2-я фаза: 3 – кварцевый монцодиорит, 4 – граносиениты, 5 – монцогранит, 6 – аплитовидная жила. REE – сумма редкоземельных элементов, $mg\# = (MgO/M_{MgO}) / [(MgO/M_{MgO}) + (FeO/M_{FeO} + Fe_2O_3/M_{Fe_2O_3})]$, n – число анализов, <по – ниже предела обнаружения в ICP-MS-анализах (здесь и далее).

ниты впервые выделены в производственных отчетах В.В.Сиваевым и В.В.Иваниковым [4]. Детальное изучение Хаутаваарского массива, проведенное авторами [3], дает основание говорить лишь о его двухфазном строении и дифференцированности от монцогаббро до умеренно щелочных гранитов (табл. 1). Породы 1-й фазы – монцогаббро-монцодиориты – развиты во внешней части массива, центральная часть

сложена преимущественно монцогранитами и граносиенитами 2-й фазы. Аплитовидные жилы западного эндоконтакта отличаются высокой калиевой щелочностью, более низким суммарным содержанием REE и могут быть связаны с заключительной фазой комплекса или более поздним магматизмом.

Монцогаббро 1-й фазы представляют собой среднезернистые черные породы с крупными

вкрапленниками калиевого полевого шпата. Они содержат, %: плагиоклаз 50–55, частично замещенный эпидотом, К-полевым шпатом 4–5, роговую обманку 25–30, биотит 10–15, кварц до 3, акцессорный апатит 0,5, титанит 2, ильменит, циркон, монацит. Зеленовато-коричневые порфировидные монцодиориты содержат 30–35% меланократовых компонентов и являются биотитовыми или амфибол-биотитовыми разностями, состоящими из плагиоклаза (50–60%), частично замещенного эпидотом, К-полевого шпата (15–20%), роговой обманки (10–15%), биотита (15–20%), кварца (~3%), титанита (1–2%), акцессорного апатита (0,5%), циркона и монацита. В биотите присутствуют тонкие включения ильменита. Вторичные минералы – эпидот, кварц, актинолит, хлорит, кальцит, единичные сульфиды.

Вторая фаза – равномернозернистые или порфировидные, розовые и серые, средне- и крупнозернистые разновидности пород массивной текстуры, которые дифференцированы от лейкократовых кварцевых монцодиоритов до граносиенитов и монцогранитов (см. табл. 1, систематика по [8]). Кварцевые монцодиориты в небольшом объеме встречаются в приконтактной части и прогибах кровли массива. Граносиениты развиты преимущественно в его северо-восточной части и незначительно в западной. Умеренно щелочные граниты (монцограниты) слагают центральную часть. Минеральный и химический составы пород 2-й фазы близкие, переходы между ними постепенные. Умеренно щелочные граниты секут монцодиориты 1-й фазы и содержат их измененные ксенолиты.

Северо-восточная часть массива сложена преимущественно светло-серыми среднезернистыми граносиенитами. Породы состоят из плагиоклаза (30–35%), микроклина (40%), кварца (20%), биотита (5–10%). Акцессорные минералы – титанит (1–2%), апатит, циркон, монацит. При вторичных изменениях микроклин незначительно замещается серицитом, по плагиоклазу и в интерстициях образуются эпидот (до 3–8%), серицит (1–2%), единичные выделения кальцита, реже REE-карбонатов. Биотит замещается хлоритом (до 1%), в сростании с ним отмечаются редкие зерна рутила. В зонах рассланцевания и катаклаза наблюдается эпидотизация, возраста-

ет количество тонкочешуйчатого биотита, серицита (до 2–10%), кварца, встречаются сульфиды.

В центральной части массива распространены розово-красные средне- и крупнозернистые порфировидные монцограниты. Породы отличаются несколько большим, чем в серых граносиенитах, содержанием К-полевого шпата (в среднем 50%) и кварца (20–25%), меньшим – плагиоклаза (в среднем 25%). Темноцветные минералы представлены биотитом (5–10%). Акцессорные минералы – титанит (1–2%), апатит (до 0,5%), циркон, монацит. В зонах рассланцевания и катаклаза в монцогранитах образуются эпидот, мусковит (до 10%), кварц. В породах 2-й фазы встречаются ксенолиты измененных мелкозернистых монцодиоритов 1-й фазы с более высоким содержанием титанита и апатита (до 4–5 и 1% соответственно).

Химический состав пород хаутаваарского комплекса значительно изменяется (см. табл. 1): содержание SiO_2 увеличивается от 52 до 70,6%, сумма щелочей от 6,55 до 9,22–10,15% ($\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$). Породы имеют высокие магнезиальность ($\text{mg\#}=0,6–0,48$), ΣREE (287–199 г/т), концентрации Ba (1862–913 г/т), Sr (1121–290 г/т). Содержания Ba и Sr снижаются от основных к кислым дифференциатам, тогда как Rb, Zr возрастают. Содержание REE в породах обусловлено присутствием монацита, эпидота, REE-карбонатов. Оно снижается при увеличении количества SiO_2 , что обеспечивается фракционированием постоянной ассоциации минералов.

Монцогаббро 1-й фазы массива незначительно обогащены апатитом, титанитом (P_2O_5 0,56–0,61%, TiO_2 0,73–1,03%, V 176–201 г/т). Породы 1-й фазы содержат более высокие концентрации Cr, Ni, Co, Cu, Zn относительно пород 2-й фазы (см. табл. 1). Максимальное содержание Cr, Cu, Ni зафиксировано в монцодиоритах вблизи южного и западного контактов Хаутаваарского массива. Это может быть связано с их контаминацией вмещающими породами (коматииты и базальты лоухиваарской свиты), которые прорываются интрузивным телом. В породах 2-й фазы повышены концентрации Rb, Zr. Содержания Pb (13–42 г/т), Mo (1,4–4,6 г/т), As, Ag, W, Te и Bi в породах обеих фаз низкие, в кислых дифферен-

2. Микрокомпонентный состав измененных гранитов вблизи Au-S-кварцевой жилы рудопроявления Центральное Хаутаваарское, г/т

Микро-компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
	ХТВ-350/4	ХТВ-350/5	ХТВ-350/6	ХТВ-350/7	ХТВ-350/8	ХТВ-350/3	ХТВ-350/1	ХТВ-350/9
Cu	29,28	354,8	45,93	21,54	293,2	33,89	17,96	18,56
Zn	39,92	12,15	15,82	2,80	5,65	10,17	39,36	32,46
As	<по	<по	30,23	30,26	14,36	<по	<по	<по
Rb	203,5	40,05	66,63	7,07	24,48	32,03	226,1	240,5
Sr	170,7	47,16	26,23	11,97	15,93	72,89	276	383,9
Y	15,32	2,22	1,06	0,26	0,42	2,75	19,94	21,68
Zr	375,5	58	63,59	6,67	12,98	40,51	319,2	316
Nb	17,62	2,67	3,04	0,34	1,19	1,56	16,14	15,71
Mo	<по	454,9	8,38	3,33	4,38	948,1	1,78	13,16
Ag	2,03	9,77	3,41	2,42	4,02	0,97	1,42	1,24
Sn	3,05	1,09	0,79	0,38	0,53	0,82	2,67	2,79
Sb	<по	0,19	0,25	0,01	0,13	<по	0,24	<по
Te	1,16	11,1	11,28	1,31	3,37	21,2	0,88	<по
W	5,81	1,18	1,69	0,40	0,94	1,63	2,06	3,86
Pb	52,53	425,7	264,1	131,9	124,2	53,17	21,81	23,25
Bi	2,62	38,32	95,6	13,08	50,58	37,85	0,24	0,26
Th	54,12	10,15	10,04	0,58	1,62	5,79	47,23	54,47
U	7,24	2,26	0,76	0,16	0,35	1,60	7,52	9,21
ΣREE	63,25	12,41	18,43	6,81	5,5	12,97	201,68	237,0
Cu/Mo		1	5,5	6,5	67	0,1	10	1,4

Примечание. 1 – слабоизмененные граносиениты, 2 – измененные граносиениты с сульфидно-кварцевыми прожилками с вкрапленными молибденитом и халькопиритом, 3 – околожилльные метасоматиты в зальбандах пирит-кварцевой жилы, 4 – пирит-кварцевая жила, 5 – зальбанды пирит-кварцевой жилы, 6 – измененные граносиениты с молибденитом, 7 – измененные граносиениты, 8 – слабоизмененные граносиениты.

циатах лишь незначительно повышены содержания Mo и Ag. Зоны штокверкового окварцевания и изменения граносиенитов выделяются аномальными концентрациями Mo, Cu, Bi, Te, Pb, Ag (табл. 2).

Рудная минерализация Хаутаваарского массива. В монцогаббро и монцодиоритах 1-й фазы встречается только бедная (до 1–5%) вкрапленная сульфидная минерализация, представленная пиритом, пирротинном, халькопиритом. С граносиенитами 2-й фазы связаны проявления штокверковой вкрапленно-прожилковой молибденитовой (Хаутаваарское молибденовое) и Au-S-кварцевой (Центральное Хаутаваарское) минерализации, ряд проявлений (Виетуккалампи) и небольших пунктов полиметаллической минерализации в ореоле массива (см. рис. 1).

Хаутаваарское молибденовое проявление выявлено еще в 50-х годах прошлого столетия и

внесено в кадастр рудных объектов Республики Карелия, однако признано не перспективным. Тонкоchешуйчатый молибденит встречается в умеренно щелочных гранитах и особенно граносиенитах 2-й фазы в восточной части массива, где образует вкрапленность, реже мелкие гнезда. Фоновые концентрации молибдена в породах составляют 1–4,5 г/т, увеличиваясь в граносиенитах. Содержания в ареале кварцевых штокверков в граносиенитах колеблются от 0,001 до 0,025–0,1%. Для Хаутаваарского массива оценены прогнозные ресурсы категории P₃ молибдена – 100 тыс. т при среднем содержании Mo 0,032% [7].

Полиметаллическое проявление Виетуккалампи (скв. 145, 144) и серия новых пунктов минерализации, обнаруженных в северном и западном экзоконтактах массива и наиболее близко расположенных к нему, характеризуются

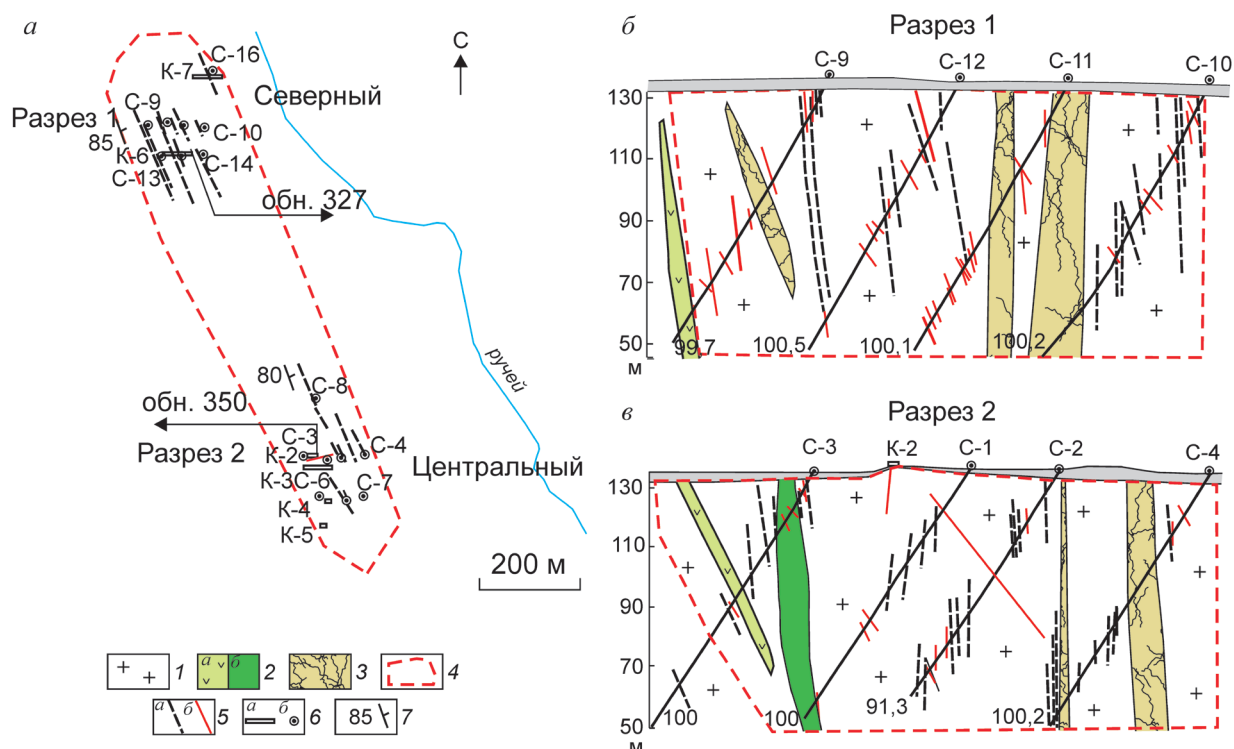


Рис. 2. Схема строения штокверка рудопроявления Центральное Хаутаваарское и разрезы по профилям (по материалам бурения, с дополнениями):

1 – граносиениты; 2 – ксенолиты вмещающих пород (а), габбро (б); 3 – зоны катаклазитов; 4 – ареалы кварцевых штокверков; 5 – зонки рассланцевания (а), кварцевые жилы (б); б – канавы (а), скважины и обнажения (б); 7 – элементы залегания жил и зон рассланцевания в гранитах

Cu-Zn специализацией (Zn до 2,6%, Cu 0,35%, Pb 0,01%, Ag до 20 г/т). С пирротинитом, халькопиритом, сфалеритом и более редкими галенитом и алтаитом ассоциирует тонкопластинчатый молибденит. Содержание Mo составляет 0,03–0,01%, в гнездах иногда достигает более высоких концентраций – 0,05%. В отдельных рудных образцах установлены Bi, Te, Au.

Золоторудное проявление Центральное Хаутаваарское объединяет Северный и Центральный участки (рис. 2), расположенные друг от друга на расстоянии около 1 км в северо-восточной части массива вблизи его контакта. Они разведывались в 2008–2009 гг. геологами ООО «Онего-Золото» (Ю.Н.Новиков, Н.К.Дягтерев, В.В.Рогальский) и доизучались в последние годы той же компанией (В.М.Тытык, А.С.Вихко). Масштаб рудных объектов небольшой (прогнозные ресурсы категории P_2 4,5 т, содержание Au 0,03–

20 г/т [7]). Для проявления ресурсы категории P_1 составляют 2,015 т при средних содержаниях Au на участках Северный и Центральный 2,83 и 7,05 г/т соответственно (по данным ООО «Онего-Золото»).

В северо-восточном эндоконтакте Хаутаваарского массива рудовмещающие граносиениты катаклазированы, рассланцованы (аз. 310°) и изменены. Кварцевые жилы северо-восточного простирания (аз. 70°) секут рассланцованные породы и, в свою очередь, испытывают небольшое северо-западное смещение. Незначительные наблюдаемые перемещения отдельных фрагментов этих более крупных жил позволяют рассматривать формирование нарушений в них с аз. 310 и 70° как близкоодновременное. К кварцевому штокверку в граносиенитах приурочена золоторудная минерализация проявления Центральное Хаутаваарское.

Наиболее высокие содержания золота связаны с пирит-кварцевыми жилами и зонами рассланцевания и изменения участка Центральный. Основная жила на участке имеет северо-восточное простирание (СВ 70°) и крутое падение (СЗ 85°). Ее мощность 10–30 см, прожилков – первые миллиметры. Содержание Au до 6–28 г/т. Кроме нее, в скважинах вскрыта серия более мелких жил с содержанием Au 1–5,61 г/т (см. рис. 2, в).

На контактах кварцевых жил в измененных граносиенитах развиваются тонкозернистые микроклин, биотит, серицит, эпидот, встречаются хлорит, иногда турмалин, содержание всех аксессуаров значительно снижается. Изменения пород среднетемпературные эпидот-кварц-серицитовые. Содержания REE, Rb, Ba, Sr, Zr, Nb в околожильных метасоматитах ниже, чем в неизмененных породах (рис. 3; см. табл. 2). Сумма REE в рудной зоне и кварцевых жилах снижается до 63,25–5,5 г/т относительно слабоизмененных граносиенитов (201–237 г/т). В областях штокверкового окварцевания, развития жил и прожилков резко уменьшаются содержания Th и U (см. рис. 3, г) относительно средних концентраций в гранитах, что может быть использовано как поисковый признак при радиометрической съемке.

В околожильной (околорудной) зоне увеличиваются содержания Mo, Cu, Pb, Te, Bi, Ag (см. табл. 2, см. рис. 3) относительно слабоизмененных граносиенитов. Содержание Mo на контакте с главной жилой в обнаженной ее части достигает 948, Pb до 426, Cu 355, Te 21, Bi 96, Ag 9,77 г/т. Эти элементы сопровождают золоторудную минерализацию, формируют внешний ореол и в данном массиве, соответственно, служат индикаторами Au-оруденения.

По данным опробования ряда скважин на участке Центральный в отдельных сечениях на глубине установлены достаточно значительные концентрации элементов-спутников, г/т: Pb 174–1380, Cu 93, Ag 10, Bi 19, в зонах с ксенолитами габбро Cu до 0,57%. В скв. 1 отмечается прямая корреляция золота, свинца и серы. Содержание S в зонах с золотом 0,2–3,4%. Содержание Au в главной жиле, вскрытой канавой, достигает 28 г/т, в среднем составляя 7 г/т, в экзоконтак-

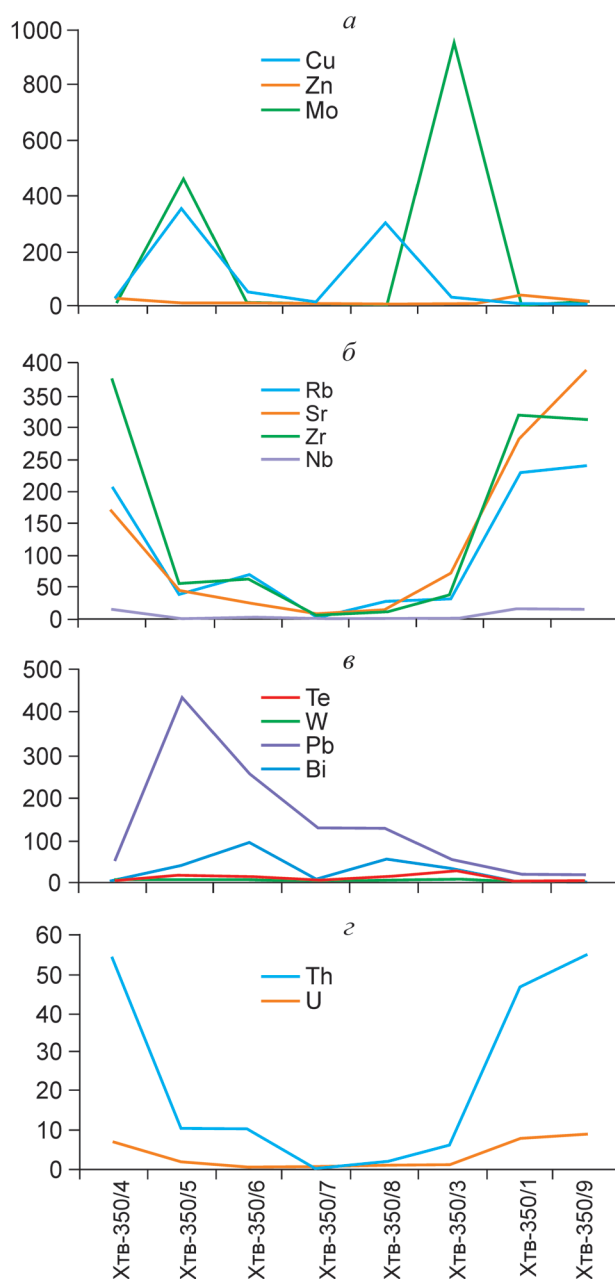


Рис. 3. Распределение элементов-спутников на контакте с Au-S-кварцевой жилой, г/т

те 0,01–0,08 г/т (по данным опробования ООО «Онего-Золото»).

Рудная минерализация развита в зальбандах кварцевых жил. На проявлении Центральное Хаутаваарское она представлена пиритом (до 10%), золотом, молибденитом, встречаются галенит, халькопирит и более редкие Bi-Te-Pb-S

3. Состав сульфидов и более редких минералов рудопроявления Центральное Хаутаваарское, мас. %

Эле- менты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
S	55,71	39,35	37,56	14,25	16,58	6,48	16,21	12,0		6,29	4,55			
Fe	44,29		30,04											
Cu			32,40		3,95									
Pb				85,75	35,28	20,33	31,70							
Mo		60,65												
Te						26,87			39,05	34,48	35,81	48,77	36,87	36,52
Bi					44,19	46,32	39,95			59,23	59,64	51,23	63,13	63,48
Ag							12,14	88,0	60,95					
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

П р и м е ч а н и е. Ведущие сульфиды (1–3): 1 – пирит, 2 – молибденит, 3 – халькопирит; редкие сульфиды, сульфосоли, висмутотеллуриды: 4 – галенит, 5 – виттит ($Pb_5Bi_6S_{14}$) Cu-содержащий, 6 – алексит ($PbBi_2Te_2S_2$), 7 – оурэйт ($Ag_{25}Pb_{30}Bi_{41}S_{104}$), 8 – акантит (Ag_2S), 9 – гессит (Ag_2Te), 10, 11 – тетрадимит (Bi_2Te_2S), 12 – теллуrowисмутит (Bi_2Te_3), 13–14 – цумоит ($BiTe$).

фазы – сульфосоли и висмутотеллуриды (табл. 3). Пирит образуется в прожилках и вкрапленности в зальбандах жилы (рис. 4) в ассоциации с кварцем, серицитом, иногда эпидотом. Пирит выделяется первым, в него по микротрещинкам проникают микровключения золота, галенита, халькопирита и реже других минералов. Тонкочешуйчатый молибденит обычно развивается самостоятельно в измененных граносиенитах в ареале кварцевых жил и прожилков. В зальбандах главной золото-пирит-кварцевой жилы проявления молибденит выделяется после пирита, сечет его, иногда ассоциирует с халькопиритом и висмутотеллуридами. Образует изогнутые пластинчатые кристаллы и их скопления (см. рис. 4, ж, з). Содержание Mo в околорудно-измененных породах на контакте с золото-кварцевой жилой достигает 0,045–0,1% (см. табл. 2). Соотношение Cu/Mo низкое – в рудовмещающих породах 4–41, рудах 0,1–67 (см. табл. 1, 2), что в целом характерно для Mo- и Cu-Mo-порфировых систем (по А.И.Кривцову).

Халькопирит распределен неравномерно, присутствует в небольшом количестве в зальбандах кварцевой жилы и в измененных граносиенитах. Образует микровключения в пирите, иногда ассоциирует с золотом и галенитом. Галенит выделяется в микротрещинах и микропорах в пирите, где образует мельчайшие зерна. В пирите галенит обычно находится в сростании с золотом, а в зальбандах кварцевой жи-

лы – с халькопиритом. По времени образования он наиболее близок к золоту, но распространен несколько шире. Висмутотеллуриды представлены тетрадимитом (Bi_2Te_2S), теллуrowисмутитом (Bi_2Te_3), цумоитом ($BiTe$). Они ассоциируют с халькопиритом, галенитом в зальбандах жил и присутствуют в пирите в единичных мельчайших зернах (1–5 мкм). Очень редко с ними ассоциируют Ag-Pb-Bi-сульфосоли, гессит (Ag_2Te), акантит Ag_2S (см. табл. 3).

Золото выделяется в виде мелких зерен, чешуек, кристаллов размером от 1–10 мкм до 0,03–0,2 мм в пирите, кварце, реже в силикатах – K-полевоом шпате, кварце, сериците в зальбандах жилы (см. рис. 4, б–е). Максимальная концентрация золота тяготеет к висячему контакту основной жилы с пиритовой вкрапленной минерализацией. Его спутником является галенит, занимающий такую же позицию, что и золото. Золото содержит 0,8–33% Ag, однако наиболее распространено золото с количеством Ag до 10–15% (табл. 4). От общего числа проанализированных проб ($n=75$) это составляет около 85%, серебристое золото (~20% Ag) и электрум встречаются реже. Мощность золотосодержащих (с $Au > 0,5$ г/т) зон в штокверке 0,1–0,35 м.

На продолжении рудной зоны к северо-западу от участка Центральный на участке Северный (см. рис. 2) в катаклазированных и рассланцованных граносиенитах с кварцевыми прожилками содержание Au достигает 8,35 г/т, а в их

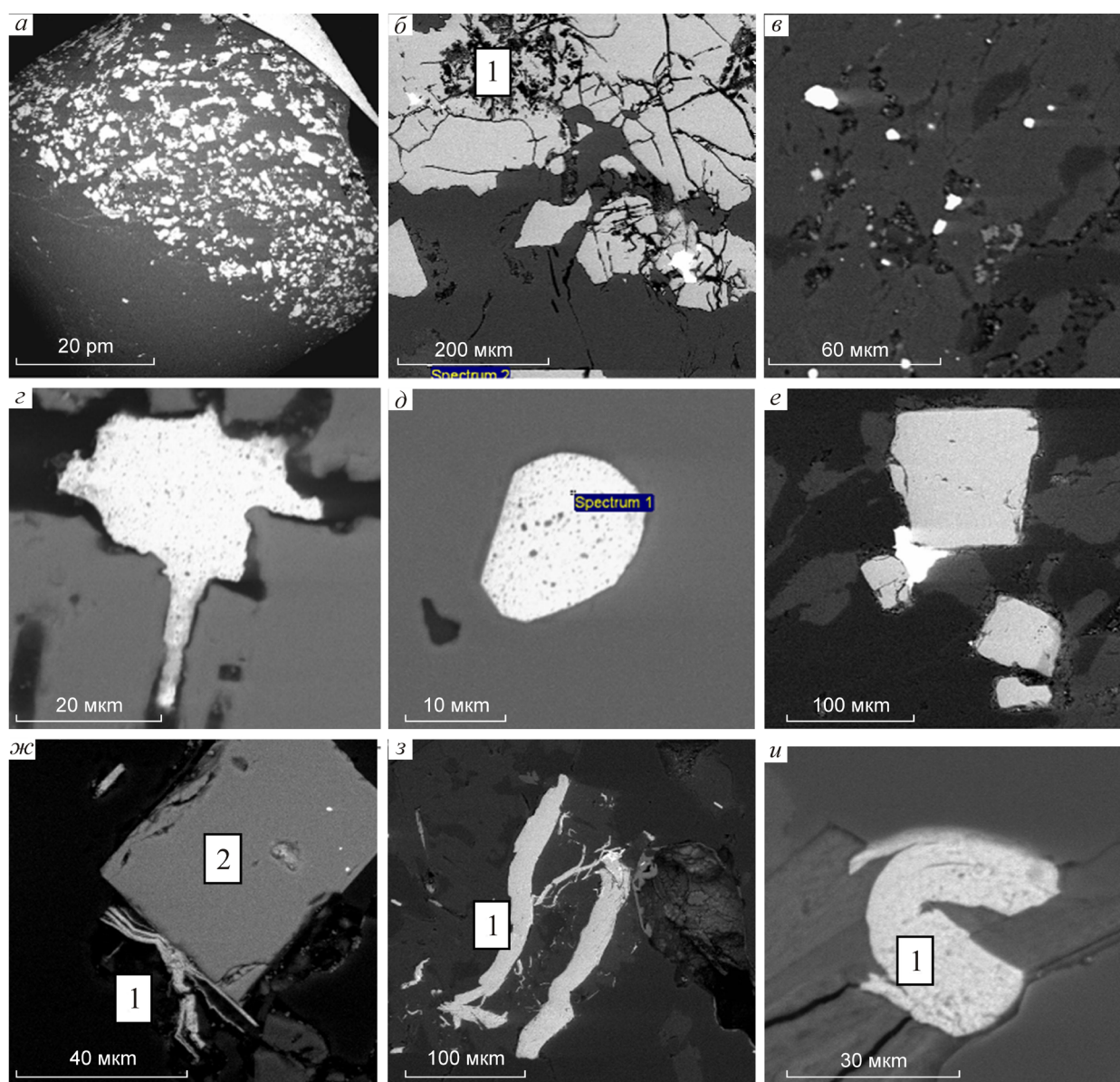


Рис. 4. Типоморфные минеральные ассоциации рудопроявления Центральное Хаутаваарское:

а – пирит-кварцевый прожилок (участок Центральный); *б* – золото (белое) в раздробленном пирите 1; *в* – золото (белое) в силикатах в зальбанде кварцевой жилы; *г* – золото сечет пирит; *д* – кристалл золота spectrum 1 в пирите; *е* – золото (белое) в сростании с пиритом, эпидотом и кварцем; *ж* – молибденит 1 в сростании с пиритом 2 (участок Центральный); *з* – молибденит 1 в силикатах, в зальбанде жилы (участок Центральный); *и* – изогнутая чешуйка молибденита 1 (участок Северный)

ореоле составляет 0,02–0,09 г/т (по данным ООО «Онего-Золото»). Изменения граносиенитов проявились здесь в интенсивном рассланцевании, увеличении количества эпидота, серицита и тонкопрожилковом окварцевании. Во внешнем ореоле в менее интенсивно преобразованных

граносиенитах увеличивается количество тонкочешуйчатого биотита и хлорита. Линейная штокверковая зона с аз. пр. 320° СЗ прослежена с перерывом почти 1000 м при общей мощности 100–150 м (см. рис. 2, *а*, *б*). Мощность отдельных кварцевых жил 30 см, прожилков с

4. Состав золота рудопроявления Центральное Хаутаваарское, мас. %

Элементы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ag	7,22	8,09	13,86	5,21	5,34	0,88	6,80	4,98	3,87	5,74	7,29	20,78	33,02
Au	92,78	93,91	86,14	94,79	94,66	99,12	93,20	95,02	96,13	94,26	92,71	79,22	66,98
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. 1–12 – золото, 13 – электрум из некоторых проб.

доминирующим северо-западным простиранием 0,1–7 см, их распределение неравномерное. Рассланцованные породы и сближенные с ними субвертикальные кварцевые прожилки обычно группируются по густоте их проявления в зоны мощностью от нескольких до 40 м и иногда разделены более массивными участками породы. Рудная минерализация в измененных породах и зальбандах прожилков представлена молибденитом, пиритом, золотом, встречаются пирротин, халькопирит, реже единичные галенит, цумоит (BiTe), гессит (Ag₂Te), шеелит. Молибденит на участке Северный образует тонкопластинчатые и скрученные кристаллы и их скопления размером 10–200 мкм (см. рис. 4, и). Содержание Mo 0,004–0,034%.

Проведенные исследования позволяют рассматривать Хаутаваарский дифференцированный массив как двухфазный: в его строении участвуют монцогаббро-монцодиориты и умеренно щелочные граниты. Благодаря детальным петрографо-петрохимическим исследованиям, среди дифференциатов 1-й фазы впервые выделены монцогаббро. Среди пород 2-й фазы умеренно щелочные «розовые граниты» центральной части массива были отнесены к монцогранитам, а так называемые «серые граниты» – к граносиенитам. Породы имеют повышенную щелочность ($\Sigma alk = 6,55–10,15\%$), $K_2O/Na_2O = 1,48–1,36$, магнезиальность 0,6–0,48, высокие содержания Ba (1862–913 г/т), Sr (1121–290 г/т), ΣREE (287–199 г/т), Rb и Zr, Cu/Mo=4–41.

Хаутаваарский массив (2,74 млрд лет) сечет более древние (~3,0–2,86 млрд лет) смятые и метаморфизованные вмещающие толщи среднего и основного составов. Сопряженные с ним одновозрастные вулканогенные образования в пределах Хаутаваарской зеленокаменной струк-

туры отсутствуют. Субщелочные интрузивные тела (с повышенным отношением $K_2O/Na_2O > 1$) и связанные с ними месторождения в публикациях рассматриваются обычно в качестве порфировых плутогенных (монцонитового типа). Они могут формироваться как окраинно-континентальные на андезитоидном вулканоплутоническом основании и быть с ним связаны и на более древнем кристаллическом основании (как в нашем случае).

Для характеристики метасоматических изменений пород и оруденения в Хаутаваарском массиве вполне применима «монцонитовая модель», разработанная в 70-х годах прошлого века Дж.Лоуэллом и Дж.Джилбертом. В зонах катаклаза, рассланцевания и штокверкового окварцевания породы массива претерпели среднетемпературные преобразования, выраженные в наличии ассоциаций тонкозернистого микроклина, биотита, эпидота, серицита, кварца, хлорита, вкрапленных сульфидов (проявленных в разных метасоматических зонах). Наиболее благоприятны для рудной минерализации зоны штокверкового окварцевания в серых граносиенитах 2-й фазы в северо-восточной краевой части массива с доминирующим направлением жил и трещин, имеющих аз. пр. 310 и 70°. К ним приурочены молибденитовая и Mo-Au-S минерализация (проявлений Хаутаваарское молибденовое, участков Центральный и Северный проявления Центральное Хаутаваарское) с невысокими содержаниями Cu и Pb.

На проявлении Центральное Хаутаваарское молибденитовая минерализация (0,001–0,1%) фиксируется во внешнем ореоле золото-сульфидных кварцевых жил и обычно широко распространена в измененных породах в пределах штокверков. Содержание Cu (от 0,001–0,035

до 0,5%) и Pb (от 0,005–0,043 до 0,14%) неравномерное. Кварцевые штокверки выделяются также по снижению концентрации радиогенных элементов (Th, U). Предполагается, что обогащение северо-восточной части Хаутаваарского массива серой было обусловлено тем, что его восточная часть прорывает породы калайвинской свиты, содержащей сульфидную вкрапленность и колчеданные руды. Соотношение Cu/Mo в штокверке варьирует от 0,1 до 67, в рудах с молибденитом наиболее низкое и составляет 0,1–1, что характерно для Mo-S и Mo-(Au-Cu)-S проявлений (с учетом существующих систематик по медно-порфировым и медно-молибден-порфировым месторождениям). На периферии Хаутаваарского массива встречаются небольшие проявления полиметаллов, в которых также несколько повышены концентрации золота.

На проявлении Центральное Хаутаваарское золото ассоциирует с пиритом, но по времени образования оно наиболее близко отложению сульфидов полиметаллов, особенно галенита и Bi-Te-минералов, тогда как халькопирит распространен шире и неравномерно. Наблюдается корреляция Au, Pb, S. Соответственно, низкотемпературная полиметаллическая ассоциация в массивах подобных Хаутаваарскому и в их ореолах наиболее благоприятна для нахождения золота, что следует учитывать при поисковых работах, а появление повышенных концентраций молибденита фиксирует лишь внешний ореол рудных штокверков. Среднее содержание Au на проявлении Центральное Хаутаваарское составляет 2,8 и 7 г/т, оно имеет высокую пробу (содержит ~10% Ag). Несмотря на то что в базу данных по полезным ископаемым Республики Карелия рудный объект был внесен как Au-S-кварцевый, формационный тип проявления можно рассматривать как Mo-Au-S-порфировый, связанный с умеренно щелочными гранитоидами – граносиенитами.

Закономерности, устанавливаемые по минеральным ассоциациям умеренно щелочных гранитоидов, руд и околорудных метасоматитов Хаутаваарского массива, отчетливо отражаются в первичных литохимических ореолах [1], позволяют оконтурить перспективные участки в

пределах массива и в целом могут служить поисковыми признаками на массивах подобного типа в зеленокаменных поясах Центральной и Южной Карелии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вихко А.С.* Первичные литохимические ореолы золото-сульфидно-кварцевого проявления Центральное (Хаутаваарская структура, Карелия) // «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии». Мат-лы XXV Молодежной конференции, посвященной 100-летию чл.-кор. АН СССР К.О.Кратцу. СПб., 2014. С. 30–36.
2. *Горошко А.Ф.* Вопросы геологии и металлогении южной части Карельского геоблока (на примере Хаутаваарской гранит-зеленокаменной структуры) // Геология Северо-Запада Российской Федерации. СПб., 1993. С. 171–192.
3. *Дмитриева А.В.* Петрохимические особенности и рудная минерализация Хаутаваарского массива (Карелия) // «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии». Мат-лы XXV Молодежной конференции, посвященной 100-летию чл.-кор. АН СССР К.О.Кратцу. СПб., 2014. С. 61–67.
4. *Иваников В.В.* Архейские сиениты и монзониты Карелии // Вестн. СПбГУ. 1997. Сер. 7. Вып. 1. № 7. С. 11–21.
5. *Кожевников В.Н.* Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона как аккреционные орогены. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000.
6. *Кулешевич Л.В., Слюсарев В.Д., Лавров М.М.* Благороднометальная минерализация Хаутавааро-Ведлозерской площади // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, 2009. Вып. 12. С. 12–25.
7. *Минерально-сырьевая база Республики Карелия* / Под ред. В.П.Михайлова. – Петрозаводск: Карелия, 2005.
8. *Петрографический кодекс России.* Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. 3 / Сост. В.В.Жданов, А.Е.Костин, Е.А.Кухаренко и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2009.
9. *Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Сергеева Н.Е.* Колчеданное рудообразование в нижнепротерозойских оса-

- дочно-вулканогенных толщах Карелии // Геология рудных месторождений. 1972. № 5. С. 56–66.
10. Рыбаков С.И. Колчеданное рудообразование в раннем докембрии Балтийского щита. – Л.: Наука, 1987.
 11. Рыбаков С.И. Метаморфизм осадочно-вулканогенных формаций раннего докембрия Карелии. – Петрозаводск: Карелия, 1980.
 12. Светов С.А. Древнейшие адакиты Фенноскандинавского щита. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009.
 13. Светова А.И. Архейский вулканизм Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Центральной Карелии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1988.
 14. Серноколчеданные месторождения Карелии / В.И.Робонен, С.И.Рыбаков, Г.В.Ручкин и др. – Л.: Наука, 1978.
 15. Слюсарев В.Д., Кулешевич Л.В., Лавров М.М. Благороднометалльная минерализация в габброидном массиве района оз. Виетуккалампи (Хаутаваарская структура) // Минералогия, петрология и минерагения докембрийских комплексов Карелии. Петрозаводск: Ин-т геологии КарНЦ РАН, 2007. С. 112–116.
 16. 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. Vol. 79. P. 129–145.
 17. The Archaean sanukitoid series of the Baltic Shield: geological setting, geochemical characteristics and implications for their origin / Lobach-Zhuchenko, H.R.Rollinson, V.P.Checulaev et al. // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 107–128.

Кулешевич Людмила Владимировна,
кандидат геолого-минерогических наук
kuleshev@krc.karelia.ru

Дмитриева Антонина Васильевна
dmitrieva-V@yandex.ru

TSENTRALNOE, AN AU-S-QUARTZ Mo-BEARING OCCURRENCE IN THE KHAUTAVAARA MASSIF, SOUTH KARELIA

L.V.Kuleshevich,
A.V.Dmitrieva

Rock differentiates which compose the Khautavaara Massif that lies in the south of the Vedlozero-Segozero greenstone belt vary from monzogabbro to granosyenite and monzogranite. Bodies of felsic varieties are accompanied by medium-temperature alterations and quartz stockworks carrying Au-pyrite-quartz and molybdenite mineralization. In the Tsentralnoe occurrence gold associates with pyrite and galena and contains ca. 10% Ag; impregnations of molybdenite occur in altered granosyenite and along the vein selvages.

Key words: Mo-Au-S-quartz mineralization, Khautavaara Massif, rock alterations Karelia.



Подписка в почтовых отделениях
по каталогу «Газеты. Журналы» Агентства «Роспечать»
(индекс 47 218)

Подписка на электронную версию журнала
на сайте Научной Электронной Библиотеки elibrary.ru

Вышедшие номера журнала можно приобрести в редакции:
Адрес: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1
Контактный телефон: 8 (495) 315-06-29. Факс: 315-43-47
E-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru

Периодичность — 4 номера в год. Цена подписки на год 800 рублей.