

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.411 (470.22)

Л.В.Кулешевич, В.М.Тытык, А.А.Компанченко, 2014

Au-S-As МИНЕРАЛИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НОВЫЕ ПЕСКИ В ДОКЕМБРИИ КАРЕЛИИ

Л.В.Кулешевич (ИГ КарНЦ РАН), В.М.Тытык (ООО «Онего-золото»), А.А.Компанченко (ПетрГУ)

Au-S-As-минерализация небольшого месторождения Новые Пески (Au 2,59 г/т) в докембрийских отложениях Южной Карелии представлена арсенопиритом, леллингитом, золотом (~7% Ag), реже сульфидами железа, меди и аксессуарными минералами — галенитом, мальдонитом, висмутом, шеелитом. Она отложилась в зоне деформации и гранатового бластеза на регрессивной стадии метаморфизма при температуре 500–360°C. Снижение температуры сопровождалось замещением леллингита арсенопиритом и выделением золота, сначала тонкодисперсного на границе с леллингитом, а затем более крупного. Прямая корреляция As и Au позволяет рассматривать арсенопирит как индикатор золоторудной минерализации.

Ключевые слова: золото, арсенопирит, зеленокаменный пояс, докембрий, Карелия.

Кулешевич Людмила Владимировна, kuleshev@krc.karelia.ru, Тытык Владимир Михайлович, tytyk.vladimir@yandex.ru, Компанченко Алена Аркадьевна

PRECAMBRIAN Au-S-As MINERALIZATION OF THE NOVYE PESKI DEPOSIT, KARELIA

L.V.Kuleshevich, V.M.Tytyk, A.A.Kompanchenko

The Au-S-As-mineralization of the small Novye Peski (Au 2,59 g/t) in Precambrian rocks of southern Karelia is represented by arsenopyrite, loellingite, gold (~7% Ag) and lesser iron and copper sulphides and accessory minerals such as galena, maldonite, bismuth and scheelite. It was deposited in a deformation and garnet blastesis zone at the regressive stage of metamorphism at a temperature of 500–360°C. A decrease in temperature was accompanied by the replacement of loellingite by arsenopyrite and the release of gold, first finely dispersed gold at the boundary with loellingite and then coarser gold. Au and As are directly correlated, arsenopyrite is considered as an indicator of gold mineralization.

Key words: gold, arsenopyrite, greenstone belt, Precambrian, Karelia.

Золото-сульфоарсенидное проявление Новые Пески расположено в небольшой Улялегской архейской зеленокаменной структуре Хаутавааро-Ведлозерской площади в южной части Карелии (рис. 1). Рудопоявление обнаружено в 1988 г. Карельской геологической экспедицией [9], в 2008–2013 гг. разведывалось ООО «Онего-золото» и переведено в разряд небольшого месторождения. По генезису и минеральному составу оруденение можно сопоставить с рудно-формационными типами гипо- и мезотермальных месторождений Австралии (Челленджер, Маунтин Йорк [11, 12]), Финляндии, Кольского полуострова [3, 4] и рудопоявлениями Карелии [5, 7]. Au-S-As рудные ассоциации, представленные золотом, арсенопиритом, леллингитом, пирротинном или пиритом, образуются в разных условиях в зависимости от соотношения As и S [1, 10]. В большинстве докембрийских высокотемпературных Au-S-As месторождений при дефиците серы формируются руды с золотосодержащим леллингитом [12]. На стадии ретроград-

ного метаморфизма привнос серы в зонах деформаций обуславливает последовательное образование ассоциаций арсенопирита с пирротинном или пиритом и сопутствующее выделение сначала тонкодисперсного, а затем более крупного золота. При этом по метаморфическим парагенезисам отчетливо фиксируется снижение *PT* параметров условий регрессивного изменения пород.

Изучение рудной минерализации и околорудных метасоматитов проводилось с использованием методов химического и ICP-MS-анализов. Содержание Au определялось пробирным методом в лаборатории ЦНИГРИ (г. Москва). Рудные парагенезисы изучались в аншлифах на электронном сканирующем микроскопе VEGA II LSH с микроанализатором INCA Energy-350 в ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск).

Геологическое строение участка Новые Пески, геохимические особенности вмещающих пород и руд. Вмещающие толщи представлены амфиболитами по базальтам, сланцами по андезибазальтам и

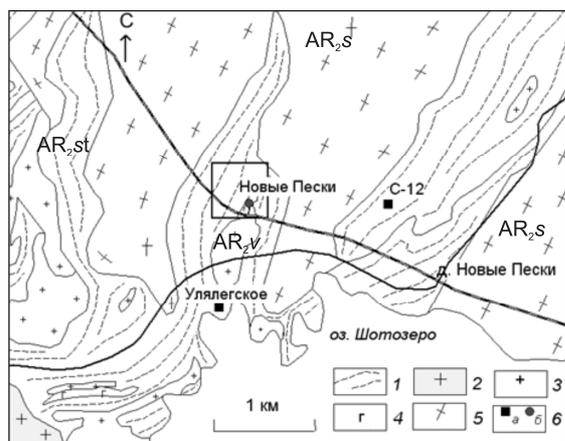


Рис. 1. Схема геологического строения Улягской структуры, по данным Карельской ГЭ с дополнениями:

1 — зеленокаменные толщи (AR_{2st} — шотозерская толща); 2 — граниты-рапакиви, R_1 ; 3 — архейские граниты и пегматиты, AR_{2v} ; 4 — габбро-амфиболиты; 5 — гранитоиды, AR_{2s} ; 6 — рудопроявления (а — колчеданные, б — золоторудные)

туфогенно-осадочным породам среднего состава шотозерской толщи (AR_{2st}) (см. рис. 1). Они прорываются габброидами, а также жилами гранитов и пегматитов, относимыми к комплексу Виртаоя (AR_{2v}). Метабазальты и биотит-амфиболовые сланцы по туфам в западной части участка имеют север-северо-восточное простирание, амфиболиты по габбро в пределах рудной зоны — северо-восточное. Габбро-амфиболиты выделены по результатам магнитной съемки, они деформированы и имеют преимущественно северо-восточное простирание.

Au-S-As минерализация приурочена к зоне север-северо-восточного расланцевания (шир-зоне) в метаморфизованных и метасоматически измененных габброидах. Шир-зона выделяется по наличию складчатых деформаций, гранатовому порфиробластезу, изменениям скарноидного типа и более позднему тонкому окварцеванию с арсенипиритовой минерализацией. Рудная зона по скв. 1 и 2 имеет мощность ~70 м и состоит из нескольких рудных интервалов (~3–16 м), включающих отдельные рудные прослои небольшой мощности (1–3 м). В блоках подсчета рудная минерализация распределена крайне неравномерно (месторождение 4-й группы сложности). Рудная зона прослеживается в разведочных выработках на расстояние ~200 м.

Вмещающие габбро-амфиболиты и зоны с арсенипиритовой минерализацией секутся пегматитовыми жилами. К юго-западу и северо-востоку от участка Новые Пески расположены колчеданные рудопроявления — Улягское и С-12. В геологических разрезах этих рудных объектов встречаются серицитовые и углеродсодержащие сланцы по породам вулканогенно-осадочной толщи и тремолитовые — по комагитито-базальтам. Вблизи оз. Шотозеро, к юго-западу от участка Новые Пески, архейские породы прорываются Улягским массивом рифейских гранитов-рапакиви (~1,57 млрд. лет) (см. рис. 1).

Несмотря на то что метаморфические преобразования пород Улягской структуры достигли амфиболитовой фации, в метаморфизованных базитах иногда сохраняются типичные габбровые структуры или подушечные текстуры вулканитов. В пределах участка Новые Пески преобладают метаморфизованные базальты, андезитобазальты и их туфы, к рудовмещающим породам относятся амфи-

1. Химический состав вмещающих пород месторождения Новые Пески, мас. %

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	45,38	50,36	42,57	46,47	49,26	40,84	50,58	44,86	51,34	46,90	59,20	56,88	61,49
TiO ₂	2,23	1,91	3,08	2,0	1,94	3,29	0,72	0,57	1,01	0,74	0,83	0,96	0,83
Al ₂ O ₃	8,09	10,19	11,66	8,39	10,96	12,0	11,89	16,05	14,11	14,72	16,06	15,86	15,89
Fe ₂ O ₃ f	32,68	24,60	23,73	31,01	22,80	23,01	16,1	11,84	13,62	13,84	4,42	8,44	6,84
MgO	2,31	1,74	4,59	1,94	2,56	5,14	6,23	7,44	5,76	7,93	4,33	5,26	3,44
MnO	0,48	0,30	0,27	0,38	0,36	0,32	0,22	0,23	0,20	0,21	0,25	0,28	0,06
CaO	6,02	8,19	9,73	6,54	8,15	10,25	10,91	15,62	11,31	10,93	4,20	5,44	3,56
Na ₂ O	0,90	1,48	2,18	0,96	2,36	0,99	1,91	0,83	1,60	2,41	6,24	3,72	3,35
K ₂ O	0,19	0,43	0,42	0,38	0,26	0,40	0,2	0,24	0,13	0,17	0,60	1,30	2,54
P ₂ O ₅	0,13	0,21	0,12	0,55	0,12	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,25	0,28	0,25
ППП	0,24	0,18	0,33	0,35	0,13	1,94	1,03	1,78	1,30	1,79	4,22	2,21	1,25
Σ	98,56	99,63	98,94	98,72	99,16	98,53	99,99	99,63	100,6	99,79	100,53	100,02	99,66
S	0,07	0,06	0,06	0,03	0,22	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03

Примечание. 1–6 — гранатовые амфиболиты по габбро, содержащие Fe-Ti-оксиды; 7 — эпидотовый амфиболит по габбро; 8 — мезократовое метагаббро; 9, 10 — метабазальты (эпидотовые амфиболиты); 11, 12 — метаморфизованные андезиты; 13 — биотитсодержащие туфы андезитов.

2. Содержание микрокомпонентов в рудах и вмещающих толщах месторождения Новые Пески, г/т

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
V	38,66	23,04	824,7	12,62	753,7	460,1		38,81	228,64	65,52	113,3	153,2	52,7
Co	40,18	58,41	63,62	30,64	98,61	48,65	243,5	113,1	116	60,13	16,9	19,94	1,15
Ni	3,78	3,68	29,01	8,64	64,97	103,7	6,18	2,33	9	4,18	23,9	23,36	2,18
Cu	78,53	19,55	555,5	153,9	556,6	34,37	187,4	194	451	83,3	56,3	10,14	14,2
Zn	154,62	153,2	174,3	117,5	153,3	109,8	33,3	171,5	116	154	34,2	112,4	7,8
As	12,18	13,83	19,42	31,22	14,12	7,29	8999	1743	10 159	31,48	0	0	30,1
Sb	0,77	1,13	0,78	0,78	0,39	1,06	6,80	2,94	3,86	1,26	0,16	0	0,08
W	0,65	0,29	0,76	0,48	0,75	0,14	0,94	30,23	79	1,13	0,3	0,47	0,16
Pb	4,72	2,03	4,70	7,45	2,13	2,42	3,86	17	2,71	11,3	7,03	13,93	21,12
Bi	0,2	0,16	0,35	0,28	0,16	0,1	1,51	3	0,28	0,28	0,06	0,04	0,01
Ag	0	0	0,16	0	0,2	0	0,14	0,12	0,07	0,06	0	0	0
ΣREE	89,3	91,31	69,21	216,3	32,87	272,5	117	76,0	44,89	64,21	180,24	272,52	33,46
Zr	117,1	57,46	48,36	264,1	21,28	15,72	253,3	67,4	28,73	43,17	214,2	346,4	10

П р и м е ч а н и е. ICP-MS анализ выполнен в ИГ КарНЦ РАН; 1–5 — полосчатые гранатые амфиболиты с Fe-Ti-оксидами (среди них 3–5 — пирит-(пирротин)-арсенипиритсодержащие); 6 — эпидотовый амфиболит; 7–10 — рудная зона с арсенипиритом в амфиболитах; 11, 12 — сланцы по андезитам и их туфам; 13 — пегматитовая жила.

болиты по габбро. Габброиды обычно преобразованы в пятнистые или полосчатые роговообманковые, гранатые или эпидотовые амфиболиты, в том числе с магнетитом и ильменитом. Au-S-As минерализация развита главным образом в гранатых амфиболитах по габбро. Состав пород и содержание в них микрокомпонентов приведены в табл. 1, 2 и на рис. 2 а–з.

Метаморфизованные андезиты и их туфы приурочены к западной части участка, где представлены биотит-хлорит-амфибол-полевошпатовыми сланцами. Количество биотита в них варьирует, увеличиваясь в зонах наложенной биотитизации от 5 до 20–25%. При этом содержание K₂O возрастает от 0,6 до 2,5% (см. табл. 1, графы 11–13). На северном побережье оз. Шотозера в вулканогенно-осадочных толщах среднего состава локализованы колчеданные залежи. Метабазальты или эпидотовые амфиболиты по базальтам содержат, %: зеленую роговую обманку (60–55), раскисленный плагиоклаз (30), эпидот (7–10), кварц (2–4), акцессорные ильменит и титанит (1–2). Содержание редкоземельных элементов (ΣREE) в породах среднего состава составляет 180–253 г/т, Zr 230–250 г/т (см. табл. 2, рис. 2, з). Близкий характер распределения REE отмечается в колчеданных рудах (см. рис. 2, з). Для метабазальтов характерны более низкие, чем в породах среднего состава, концентрации REE (30–50) и Zr (16–30).

Амфиболиты по габбро — породы черного цвета, темно-зеленая до черной роговая обманка в них ассоциирует с гранатом или эпидотом, средним плагиоклазом, кварцем, развиты Fe-Ti оксиды (ильменит, магнетит) и титанит (в сумме 5–7%). Характерны порфиробластические или полосчатые

текстуры за счет выделений граната, образующего бласты размером 2–4 мм. Гранат сечется тонкими просечками хлорита. Гранатые амфиболиты с Fe-Ti минерализацией отличаются от безрудных амфиболитов по габбро и метабазальтов по химическому составу (см. табл. 1, 2, рис. 2, а, б) и повышенному содержанию Mn в породе до 0,48%. В эпидотовых амфиболитах по габбро эпидот ассоциирует с амфиболом или образует округлые порфиробластические симплектитовые сростания с кварцем и гранатом.

Среди крупнозернистых пятнистых гранатых амфиболитов в керне скважин встречаются мало-мощные (~1–3 м) субсогласные или секущие линзы скарноидов, состоящие из сростаний светло-зеленого диопсида, более крупного коричневатого-красного граната, кальцита, хлорита. Гранат скарноидов имеет Mn-Ca-Al-Fe состав и содержит 1–2,7% Mn. В краевых частях линз развит амфибол, эпидот, альбит, титанит.

В меланократовых гранатых амфиболитах по габбро концентрация Fe₂O₃t достигает 23–32,68, TiO₂ 3,29, P 0,55% (см. табл. 1, 2), что сопоставимо с феррогаббро с титаномагнетитом из вьетуккалам-пинского комплекса Хаутаваарской структуры [8]. В Fe-Ti-содержащих амфиболитах участка Новые Пески обычно присутствуют овальные гнездовые сростания ильменита и титанита, образовавшиеся на месте полностью распавшегося при метаморфизме титаномагнетита (рис. 3, б). Распределение Ti коррелируется с V (229–753 г/т), с Mn эта зависимость обратная (рис. 4). На регрессивной стадии преобразований титанит замещает ильменит, что сопровождается появлением хлорита и более поздних сульфидов.

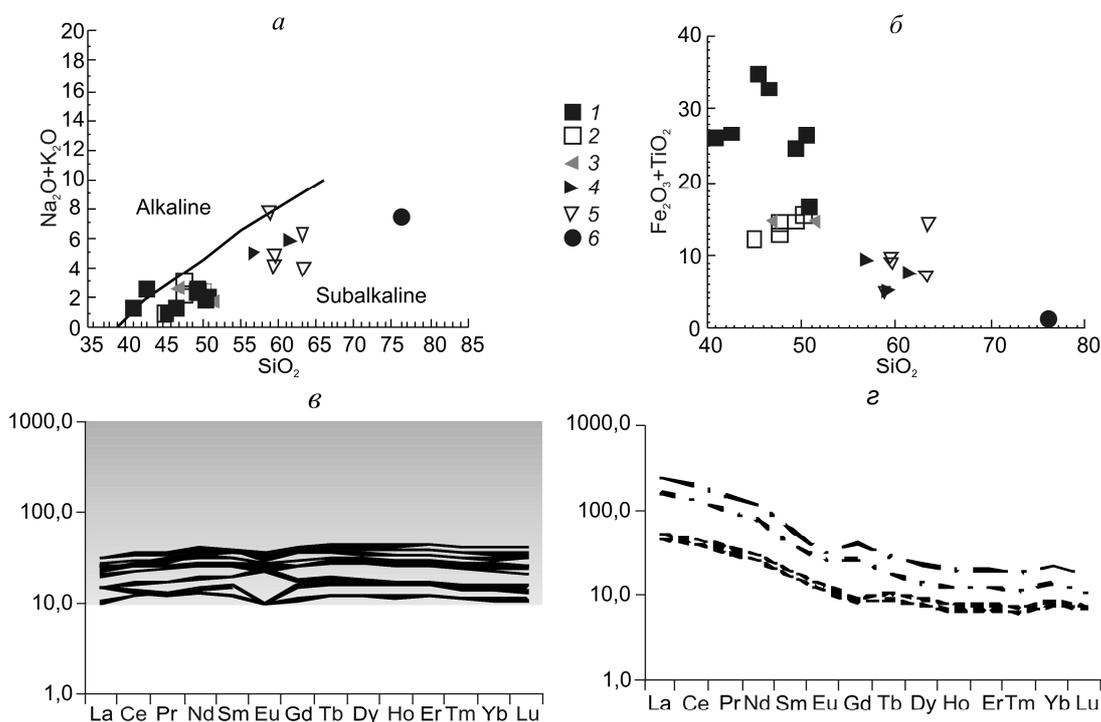


Рис. 2. Состав пород (а, б) и распределение в них редкоземельных элементов (в, з):

диаграммы: а — $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, б — $\text{SiO}_2-(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2)$; спайдерграммы распределения REE (относительно хондрита C1): в — в рудных амфиболитах по габбро, з — в сланцах по породам среднего состава (штрих-пунктир) участка Новые Пески и колчеданных рудах проявления Улягское (штрих); амфиболиты: 1 — гранатовые по габбро с Fe-Ti оксидами, 2 — по мезогаббро, 3 — эпидиотовые по базальтам; 4 — метаморфизованные андезиты, андезибазальты; 5 — туфы среднего состава, в том числе биотитизированные; б — гранитные пегматиты

На спайдерграммах распределения REE (см. рис. 2, в, з) метаморфизованные габбро и гранатовые амфиболиты, в том числе с арсенопиритовой минерализацией, характеризуются низкими относительными содержаниями редкоземельных элементов и близкими почти горизонтальными типами графиков, типичными для базитов. Лишь в эпидиотовых амфиболитах наблюдается незначительный Eu-минимум, в рудных — небольшой максимум.

В южной части участка амфиболиты прорываются жилами плагиомикроклиновых пегматитов, входящих в комплекс Виртаоя (AR_2V). Пегматитовые жилы секут вмещающие породы всех типов, гранатовые метасоматиты и арсенопиритовую минерализацию. В ореоле пегматитов локально развиваются тонкое послойно секущее окварцевание, слабая биотитизация, появляется акцессорный циркон. При этом содержание кремнезема и калия в породах может несколько возрасть, но в целом содержание микрокомпонентов гранитофильного профиля в породах и рудах низкое (см. табл. 2). Для пегматитов ($\sum \text{REE}$ 33,5, Zr 10 г/т), а также зон с Au-S-As минерализацией ($\sum \text{REE}$ 45–117 г/т) характер-

но низкое содержание REE. Это не позволяет предполагать связь пегматитов и оруденения с гранитами-рапакиви Улягского массива, отличающимися повышенными значениями данных элементов и, соответственно, принять одну из существовавших ранее точек зрения (А.Ф.Горошко) о подобной генетической связи [2, 6].

Золото-сульфоарсенидное оруденение Новые Пески. В Улягской структуре встречаются несколько типов рудной минерализации: золото-сульфоарсенидная (месторождение Новые Пески), колчеданные руды (проявление Улягское) и Ni-содержащая пирит-пирротиновая минерализация (С-12НП).

Золотосодержащая арсенопиритовая минерализация приурочена к гранатовым амфиболитам по габбро. Линейность по амфиболу в рудной север-северо-восточной шир-зоне изменяется от азимута 10° С-СВ до 40° СВ. Au-S-As руды неоднородные, средnezернистые, вкрапленно-полосчатые, прожилковые или гнездово-вкрапленные (см. рис. 3). Количество сульфоарсенидов и сульфидов составляет 20–25%. Руды содержат, %: арсенопи-

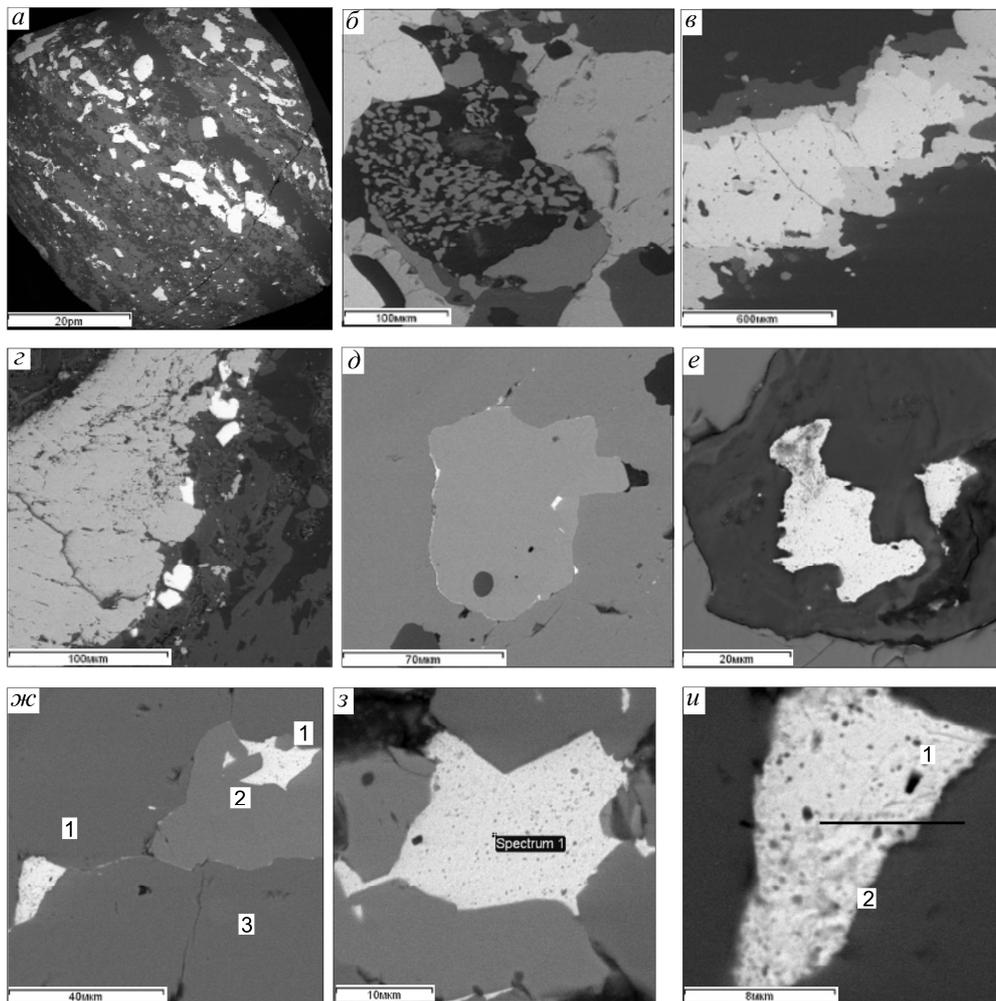


Рис. 3. Минеральная ассоциация золото-арсенопиритовых руд месторождения Новые Пески:

a — вкрапленно-полосчатая текстура арсенопиритовых руд; *б* — сростание ильменита и титанита (темно-серые линзы в центре); *в* — леллингит (белое) обрастает арсенопиритом (светло-серое), в кайме — титанит (темно-серое); *г* — арсенопирит (светло-серое), шеелит (белое); *д* — золото-1 тонкодисперсное (белое) на границе леллингита (серое) и арсенопирита (темно-серое); *е* — золото-2 в силикате; *ж* — золото (1 — белое) на границе леллингита (2) с арсенопиритом (3); *з* — золото в арсенопирите (spectrum 1); *и* — золото (1) в сростании с висмутом (2)

рит (5–30), леллингит (1–3), пирротин (1–3), халькопирит (до 5–6), пирит (5–10), сфалерит (1), глаукоцит (0,5), галенит (до 0,5) и единичные выделения шеелита, золота, висмута, мальдонита (Au_2Bi). Рудная зона выделяется по аномальным концентрациям As, Au, иногда W. Содержания рудогенных элементов, г/т: Co 60,1–243,5, Ni 2,3–9, Cu 83–451, Zn 33,3–171,5, Sb 1,3–6,8, W 1–79, Pb до 17, Bi 0,3–3, Ag 0,07–0,14 (см. табл. 2). В рудных зонах прослеживается прямая корреляция Au и As (см. рис. 4).

Распределение S неравномерное и не коррелируется с As, Au, так как более поздняя относительно золотосодержащей сульфидная минерализация развивается в более широком интервале. Тем не

менее, более высокие концентрации Cu и Pb — элементов, входящих в сульфиды, тяготеют к интервалам с сульфоарсенидами.

Рудная минерализация представлена двумя ассоциациями — ранней золото-леллингит-арсенопиритовой, формирующейся на прогрессивной стадии метаморфизма и приуроченной к зонам с гранатом, и более поздней регрессивной золото-(пирротин-пирит)-арсенопиритовой. Сульфоарсениды и арсениды — ведущие рудные минералы-индикаторы, появление которых в измененных габбро-амфиболитах (гранатовых амфиболитах и скарноидах) позволяет выделить и оконтурить рудные тела при минералогическом картировании. Определены две

3. Состав арсенидов и Со-сульфоарсенидов месторождения Новые Пески

Компоненты	Леллингит						Глаукодот					
	S	4,03	1,51	2,82	2,73		1,97	18,32	18,45	17,43	20,65	19,97
Fe	26,63	27,42	28,08	27,19	28,01	26,04	23,04	28,08	23,7	29,53	29,05	23,49
As	69,35	71,07	69,11	70,08	71,99	71,04	48,64	49,58	50,16	47,04	47,02	47,86
Со							10,0	3,88	8,71	2,77	3,97	9,71
Сумма	100	100	100,01	100	100	99,05	100	100	100	99,99	100,01	99,99

генерации арсенипирита. Арсенипирит-1 образует более крупные ромбические кристаллы, их скопления и прожилки. Обычно он встречается в сростании с леллингитом, обрастает его или содержит более мелкие его включения (см. рис. 3). По контакту этих минералов выделяются тонкодисперсные золото и галенит. Леллингит данной ассоциации содержит небольшую примесь серы, реже присутствует глаукодот (табл. 3). Арсенипирит-2 образует хорошо ограненные более мелкие игольчатые и изометричные кристаллы в ассоциации с пирротин и пиритом. Отмечаются зональные (с разным содержанием As от ~36,2 до 32,3 ат. %) кристаллы арсенипирита, вследствие обрастания арсенипирита-1 арсенипиритом-2 (табл. 4), что соответствует широкому интервалу температуры начала его образования 500–350°C (по геотермометру Д.Скотта [10]). Широкий интервал колебания температуры образования этого наиболее раннего минерала подчеркивает то, что минеральная ассоциация руд не равновесна [5].

Оруденение формировалось в условиях снижения температуры на стадии привноса серы, что сопровождалось замещениями леллингита арсенипиритом. В нерудной ассоциации наблюдаются замещения граната эпидотом, часто с образованием симплектитовых сростаний, затем более поздним хлоритом, кварцем, диопсидом — амфиболом, хлоритом, титаномagnetитом — ильменитом, затем титанитом.

Шеелит в Au-S-As-рудах встречается как акцессорный и вкрапленный минерал (см. рис. 3, з). Он образует цепочки мельчайших (10–70 мкм) зерен на границе с арсенипиритом, выделяется в сростании с амфиболом, альбитом, ильменитом и выполняет микротрещинки в арсенипирите. При этом среднее содержание W возрастает от 1–2 до 30–79 г/т в рудной зоне (см. табл. 2, графа 10).

Сульфиды в рудных зонах образуются после сульфоарсенидов и секут арсенипирит. Набор сульфидов достаточно простой — пирротин, пирит, халькопирит, реже железистый сфалерит (Fe ~10,76%). Пирротин выделяется ранее пирита.

Распределение золота в зонах с арсенипиритовой минерализацией неравномерное (от 1 до 20 г/т, реже более). Высокие его концентрации тяготеют к разнозернистым и гнездовым участкам руд (см. рис. 4). Золото-1 тонкодисперсное («точечное», размером 1–3 мкм) локализуется на границе леллингита и арсенипирита или в арсенипирите. Оно встречается в сростании с такими же тонкодисперсными минералами — галенитом, висмутом и мальдонитом (табл. 5; см. рис. 3, и). Мальдонит образуется при $T < 373^\circ\text{C}$. Золото-2 выделяется в более крупных самостоятельных зернах размером 10–60 мкм, иногда в хорошо ограненных кристаллах. Оно встречается на границе сульфоарсенидов и в виде самостоятельных выделений в нерудных минералах (см. рис. 3, е–и). Золото обеих генераций высокопробное, содержит до 12,23% Ag, в среднем ~7% (см. табл. 5).

4. Состав и температура образования арсенипиритов месторождения Новые Пески

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S	18,93	19,63	19,0	21,07	20,21	20,48	19,68	18,80	19,96	19,78	21,48	20,37
Fe	31,82	31,07	31,85	32,65	33,40	32,97	33,06	33,38	32,18	32,29	33,31	32,65
As	49,25	48,5	49,15	46,28	46,39	46,55	47,25	47,82	47,86	47,93	45,21	46,98
Сумма	100	100	100	100	100	100	99,99	100	100	100	100	100
As, ат. %	36,17	35,65	36,07	33,22	33,51	33,58	34,34	35,03	34,76	34,87	32,27	32,93
$T, ^\circ\text{C}$	500	460	490	415	420	420	360	410	390	400	350	390
Средняя	485			420			380					

Примечание. $T, ^\circ\text{C}$ рассчитана по [10].

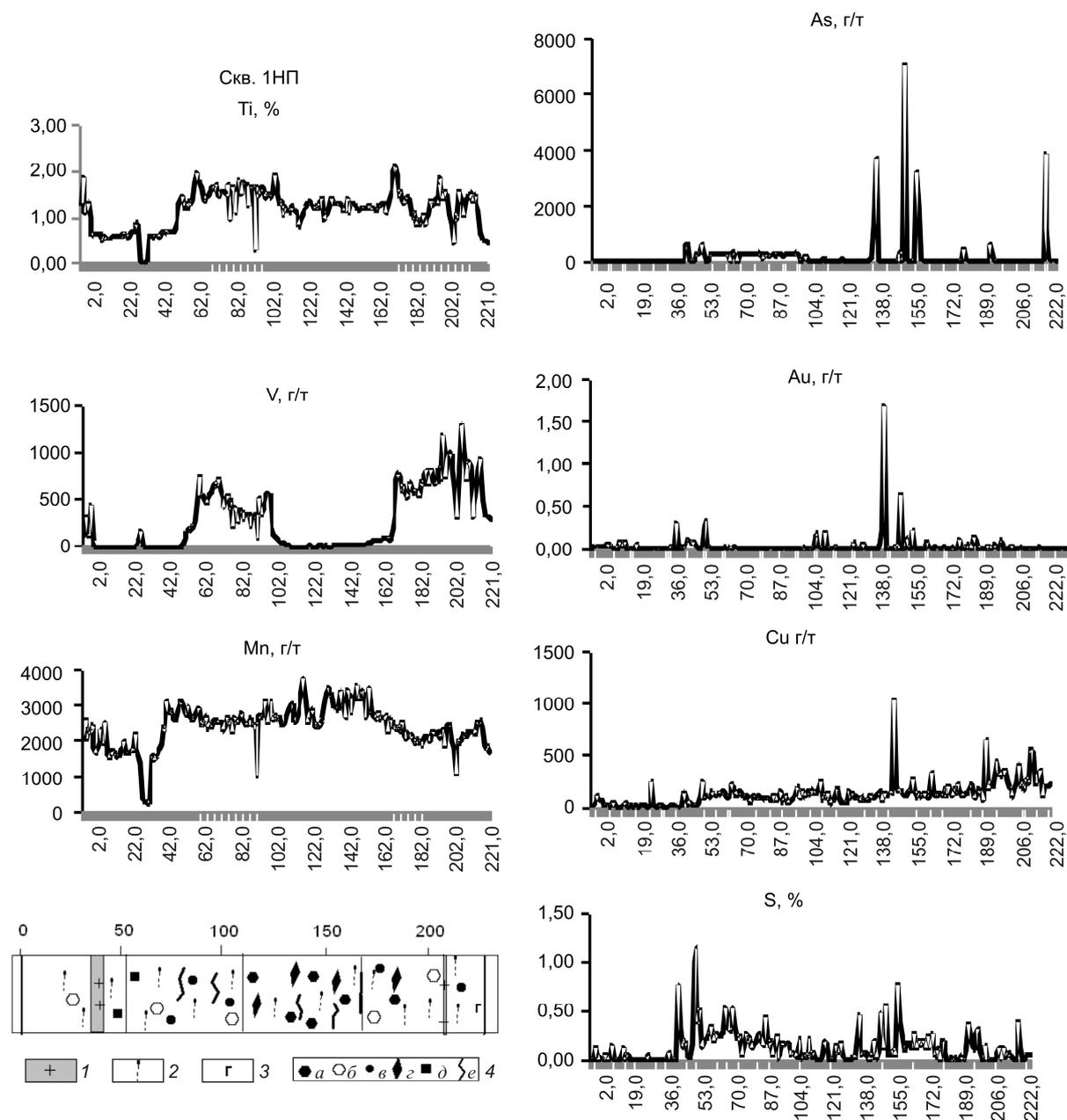


Рис. 4. Распределение некоторых элементов в измененных породах скв. 1НП:

1 — пегматиты; 2 — амфиболиты бластические или полосчатые, в том числе скарноиды; 3 — амфиболиты с габбро-вой структурой; 4 — минералы: а — гранат, б — эпидот, в — ильменит (магнетит, титанит), г — арсенопирит, д — сульфиды (пирит, пирротин), е — кварц прожилковый

В местах скопления сульфидов (пирит, пирротин, сфалерит) иногда фиксируется электрум (Ag 34,52%).

Улегское колчеданное проявление представлено маломощной пластовой залежью в юго-западной части площади (см. рис. 1). Руды вкрапленно-полосчатые слабо метаморфизованные с содержа-

нием S 36,9–40%, запасами серы 64,3 тыс. т [9]. В них сохраняются первичные текстуры и оолитовые стяжения, сложены преимущественно пиритом, концентрация сульфидов полиметаллов и пирротина незначительная (1–3%). Содержание рудных элементов, г/т: Co 180, Ni 136, Cu 190, Zn 480, Pb 20, As 80, Sb 1,8, Bi 0,75, Ag 0,36, W 0,72, Mo 5.

5. Состав золота, висмута, интерметаллидов месторождения Новые Пески, мас. %

Элементы	Золото											Висмут	Мальдонит
	Ag	8,85	9,31	6,76	12,23	8,28	7,87	5,77	4,16	6,68			
Ag	5,77	8,85	9,31	6,76	12,23	8,28	7,87	5,77	4,16	6,68			
Au	94,23	91,15	90,69	93,24	87,77	91,72	100	92,13	94,23	95,84	93,32	82,13	
Bi												100	17,87
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Рудопроявление С-12НП с вкрапленно-прожилковой колчеданной минерализацией расположено северо-восточнее участка Новые Пески. Рудные минералы — пирит, пирротин, халькопирит, пентландит. Отмечаются повышенные концентрации Cr, Ni, Cu, Co, что связано с метаморфогенно-метасоматическими преобразованиями коматиитов вблизи рудной зоны и миграцией соответствующих элементов. Определен следующий микрокомпонентный состав руд, г/т: Ni до 1413, Cu 1212, Co 232, а также Zn 72,6, Pb 57,3, As 22, Sb 6,8, Bi 6,4, Au 0,05, Ag 5,7, W 0,04 и Mo 0,25.

Локализация Au-S-As оруденения в зоне север-северо-восточной деформации (шир-зоне), характер окolorудных изменений, ассоциация арсенопирита с леллингитом и сульфидами (пирит, пирротин) позволяют отнести рудопроявление Новые Пески к гипо- мезотермальному типу (T 500–350°C), сформировавшемуся после пика метаморфизма на позднеархейской коллизионной стадии развития территории. Изменения пород (в том числе габброидов) и рудогенез происходили на стадии метаморфогенно-метасоматических преобразований, но до внедрения многочисленных пегматитовых жил, секущих вмещающие толщи и вкрапленную рудную минерализацию. Геохимия руд и минеральная ассоциация (арсенопирит, леллингит, золото) с шеелитом, висмутом, галенитом свидетельствуют об участии растворов, связанных, в том числе, с поздними гранитами. При увеличении в растворах содержания серы леллингит замещался арсенопиритом и образовывались ассоциации с пирротинном, а затем с пиритом. В арсенопирите уменьшается содержание As (от 37 до 33 ат. %), что отчетливо отражает понижение температуры рудообразования. При этом часто встречаются зональные арсенопириты и поздние однородные игольчатые. Тонкодисперсное золото выделяется на ранней высокотемпературной стадии, высвобождаясь из леллингита, образование же «более крупного» золота сопровождается полным замещением леллингита арсенопиритом и выделением сульфидов железа (сначала пирротина, затем пирита).

Благодаря поисковым работам ООО «Онего-золото» рудопроявление Новые Пески переведено в

разряд небольшого месторождения со средним содержанием Au 2,79 г/т (при максимальных локальных концентрациях до 20–56,4 г/т [9]). Золото, ассоциирующее с сульфоарсенидами, как и на других рудопроявлениях Карелии подобного типа [7], относится к высокопробному со средним содержанием Ag 7%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бортников Н.С.* О достоверности арсенопиритового и арсенопирит-сфалеритового геотермометра // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 2. С. 177–191.
2. *Горошко А.Ф.* Вопросы геологии и металлогении южной части Карельского геоблока (на примере Хаутаваарской гранит-зеленокаменной структуры) // Геология Северо-Запада Российской Федерации. С-Пб., 1993. С. 171–192.
3. *Калинин А.А., Казанов О.В., Бороздина С.В.* Золото Тикшезерского зеленокаменного пояса: новые данные // Мат-лы Международной конференции «Золото Фенноскандинавского щита». Петрозаводск, 2013. С. 74–77.
4. *Карнов С.М., Волошин А.В.* Генетическая минералогия золота и серебра в колчеданных рудах Прихобины (Кольский полуостров) // Мат-лы Международной конференции «Золото Фенноскандинавского щита». Петрозаводск, 2013. С. 77–80.
5. *Компанченко А.А., Кулешевич Л.В.* Минералогия Au-S-As гипо- и мезотермальных проявлений Карельского кратона и его обрамления // Мат-лы Международной конференции «Золото Фенноскандинавского щита». Петрозаводск, 2013. С. 91–95.
6. *Кулешевич Л.В., Горошко А.Ф.* Сурьяно-мышьяковая минерализация в зонах свежикарельской и архейской активизации // Минералогия докембрия Карелии. Петрозаводск, 1988. С. 11–129.
7. *Кулешевич Л.В., Горьковец В.Я.* Минералогия Южно-Костомукшского золоторудного проявления в докембрии Карелии // Зап. РМО. 2007. № 6. С. 49–63.
8. *Кулешевич Л.В., Слюсарев В.Д., Лавров М.М.* Благороднометалльная минерализация Хаутавааро-Ведлозерской площади // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, 2009. С. 12–25.
9. *Минерально-сырьевая база Республики Карелия /* Под ред. В.П. Михайлова. – Петрозаводск: Карелия, 2005.
10. *Скотт С.Д.* Использование сфалерита и арсенопирита для оценки температур и активности серы в гидро-

термальных месторождениях // Физико-химические модели петрогенеза и рудообразования. Новосибирск, 1984. С. 41–49.

11. *Timing of gold mineralization in the Mt York district, Pilgangoora greenstone belt, and implications for the tectonic and metamorphic evolution of an area linking the western and eastern Pilbara craton* / P. Neumayar, J.R.

Ridley et. al. // *Precambrian Research*. Vol. 88. P. 711–725 (в печати).

12. *Tomkins A.G., Mavrogenes J.A.* Redistribution of gold within arsenopyrite and lollingite during pro- and retrograde metamorphism: application to timing of mineralization // *Econ. Geol.* 2001. Vol. 96. P. 525–534.
-