

УДК 553.24:552.4

МЕТАСОМАТИТЫ, МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА ИЗ ОКИСЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТОНОСНЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Г.П. Дворник

Уральская Государственная горно-геологическая академия

В метаморфических комплексах Урала достаточно широкое развитие получили железистые кварциты. Согласно проведенным исследованиям [8, 9] железистые кварциты совместно с гондитами и родонитовыми породами образуют единый генетический ряд, представленный марганцево-железо-кремниевыми метасоматитами. С ассоциацией этих пород на Среднем Урале связаны основные месторождения железа, марганца и золота в железистых кварцитах (Шабровское, Южно-Шабровское, Северо-Шабровское, Горнощитское, Дьячковское, Дмитриевское, Змеиногорское) и родонитовые месторождения (Кургановское, Малоседельниковское, Бородулинское). В структурном отношении эти месторождения расположены в пределах Восточно-Уральского поднятия в Шабровском рудном районе в метаморфизованных вулканогенно-осадочных породах силурийского возраста (рис. 1). Магматические образования в районе месторождений представлены среднепалеозойскими интрузиями перидотитов и габбро, позднепалеозойскими массивами гранодиоритов, биотитовых и аляскитовых гранитов.

Метасоматическое происхождение железистых кварцитов, гондитов и родонитовых пород Урала обосновано в работах В.Н. Лукошкова, Ю.Д. Панкова, О.Н. Грязнова, Г.А. Кейльмана, Г.А. Глушковой, В.Б. Болтырова [1, 4, 5, 7, 9, 12]. Исходными породами, по которым развивались марганцево-железосиликатные метасоматиты, являлись согласно [13] метаультрабазиты и metabазиты, представленные серпентинитами, метагабброидами, двупироксеновыми кристаллосланцами, плагиоклазовыми амфиболитами, зелеными сланцами, по другим авторам [11] их эдуктом служили метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы основного и среднего состава.

В Шабровском рудном районе наиболее полная метасоматическая зональность с участием всех членов рассматриваемого генетического ряда проявилась на

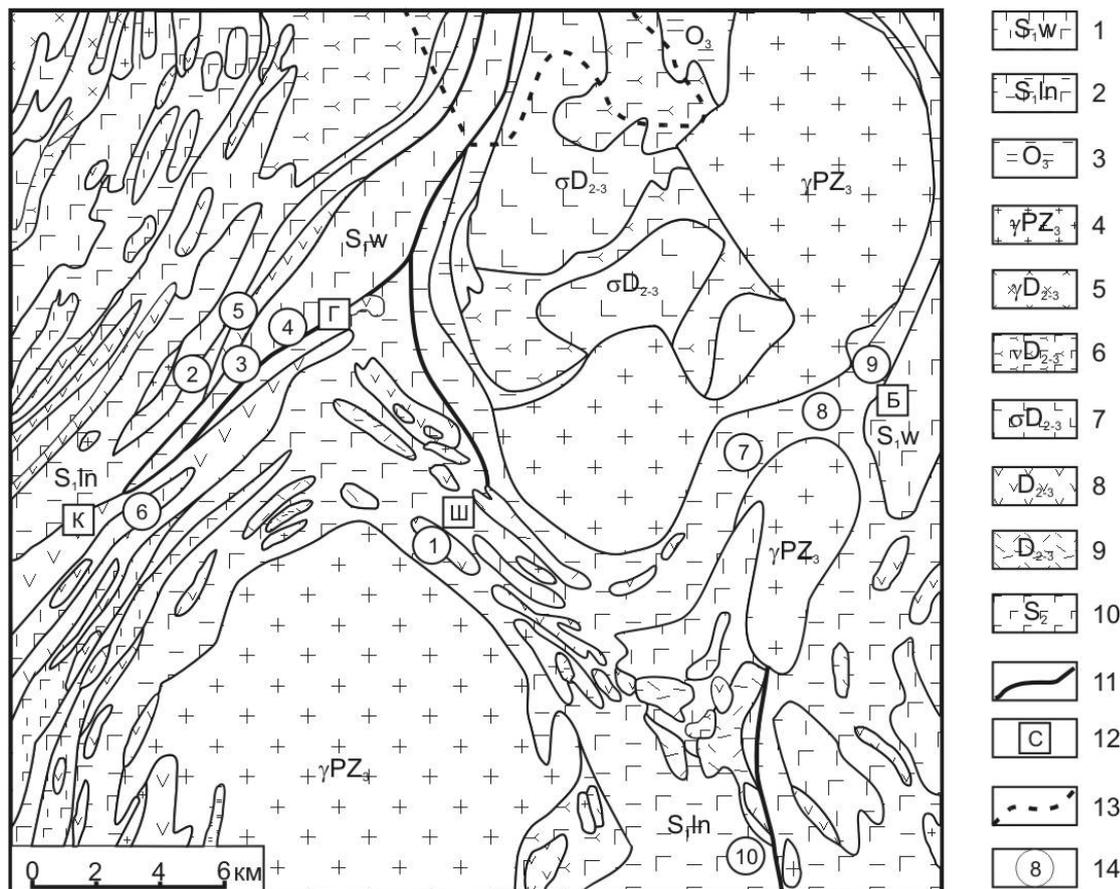


Рис. 1. Геологическая схема Шабровского рудного района (составлена геологами ПГО "Уралкварцсамоцветы" с использованием материалов Уралгеолкома). 1 – 2 вулканиты и вулканогенно-осадочные породы силура (1 – венлокский ярус: долериты, порфириды базальтовые, андезитовые и дацитовые, кварц-хлоритовые и кварц-серицитовые сланцы, амфиболиты; 2 – лландоверский ярус: мраморы, порфириды базальтовые и андезито-базальтовые, сланцы углисто-кремнистые, графитистые, кварц-хлоритовые, кварц-серицитовые, кварц-биотитовые и гранат-амфиболитовые); 3 – вулканогенно-осадочные породы ордовика: порфириды базальтовые, кварц-хлоритовые и кварц-биотитовые сланцы, амфиболиты, гнейсы амфиболовые и биотитовые; 4 – позднепалеозойские интрузии биотитовых, двуслюдяных и аляскитовых гранитов; 5-10 – среднепалеозойские интрузии (5 – гранодиориты, диориты; 6 – габбро и габбро-амфиболиты, апогаббровые амфиболиты; 7 – дуниты, пироксениты и гарцбургиты; 8 – серпентиниты аподунитовые, апоперидотитовые и апопироксенитовые; 9 – апосерпентинитовые тальк-карбонатные и тальковые породы; 10 – диориты, габбро-диориты, габбро-нориты, габбро, апогаббровые амфиболиты); 11 – наиболее крупные тектонические нарушения; 12 – поселки: С – Большое Седельниково, Б – Бородулино, К – Курганово, Ш – Шабры, Г – Горный Щит; 13 – границы южной окраины г.Екатеринбурга; 14 – месторождения и проявления: 1-5 золотоносных железистых кварцитов (1 – Шабровская группа; 2 – Горнощитское; 3 – Дмитриевское; 4 – Змеиногорское; 5 – Дьячковское); 6-10 – родонитовых пород (6 – Кургановское, 7 – Малоседельниковское, 8 – Бородулинское-1; 9 – Бородулинское-2; 10 – Афанасьевское).

месторождениях родонитовых пород (орлеца). Эта зональность является сложной, что обусловлено стадийным развитием метасоматического процесса.

В раннюю щелочную стадию в условиях повышенной активности в гидротермальных растворах марганца и углекислого газа сформировались родонитовые породы. Температура их образования, определенная по декрепитации газовой-жидких

включений, составляет 400-580°C [15]. Последовательность развития минеральных агрегатов, слагающих родонитовые породы Среднего Урала, детально рассмотрена А.И. Брусницыным [2]. На родонитовых месторождениях им выделены по возрастным взаимоотношениям три группы минеральных агрегатов, сложенных: 1) родонитом, кварцем и спессартином; 2) родохрозитом, тефроитом и сонолитом; 3) родонитом, кварцем и родохрозитом. Минеральные ассоциации первой и второй группы образовали на месторождениях основной объем поделочного орлеца с характерными для него полосчатой, линзовидной и пятнистой текстурами.

Родонит-родохрозит-кварцевые метасоматиты третьей группы возникли в стадию кислотного выщелачивания, формируя поздние прожилки, пересекающие родонитовые породы. По периферии родонитовых тел в эту стадию образовались спессартин-кварцевые метасоматиты (гондиты) и кварциты. Температура декрепитации газожидких включений в родонитсодержащих кварцитах составляет 350-370°C [15]. Химический состав марганцево-железосиликатных метасоматитов типичных месторождений родонита и железистых кварцитов на Среднем Урале приведен в табл. 1.

Из анализа данных этой таблицы вытекает, что продукты стадии кислотного выщелачивания (гондиты, гематит-магнетит-кварцевые метасоматиты) отчетливо отличаются от образований ранней щелочной стадии (родонитовых пород) более высоким содержанием кремнезема и низкой основностью, рассчитанной по [10].

В позднюю щелочную стадию на железистые кварциты, гондиты и изредка на родониты накладывается золотоносная прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация, включающая преимущественно пирит и более редкие халькопирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, пирротин [2, 3, 11]. Содержание золота в минерализованных железистых кварцитах по опубликованным данным [11] составляет в Шабровской группе от 1,2 до 3,1 г/т, в Горнощитном месторождении от 4,5 до 26,7 г/т, в Дмитриевском месторождении до 45,1 г/т. Последние два месторождения эксплуатировались небольшими карьерами на марганец и золото.

Возраст золотоносных метасоматитов родонит-гондит-кварцитового генетического ряда на Среднем Урале раннекаменноугольный, они сформировались после внедрения гранитоидов тоналит-гранодиоритовой (плагиогранитной) формации [11, 13] и являются более ранними образованиями в сравнении с метасоматитами березит-лиственитовой формации, развитыми в пределах Березовского рудного поля [14]. Возрастные

Таблица 1

Химический состав (мас.%) марганцево-железо-кремниевых метасоматитов (по [2, 9])

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	46.20	43.95	48.60	9.80	54.00	70.92	88.62	77.62	71.72
TiO ₂	0.01	0.10	1.80	0.14	0.88	0.34	0.01	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	0.33	5.26	12.80	0.43	8.40	6.94	0.22	0.22	0.39
Fe ₂ O ₃	0.34	5.04	1.90	1.60	8.50	8.60	6.27	17.26	2.53
FeO	3.45	–	–	–	–	–	3.68	3.82	3.67
MnO	44.20	41.03	27.40	53.20	18.40	10.21	0.09	0.07	0.03
MgO	0.70	0.16	0.29	1.20	5.50	0.48	0.07	0.05	0.18
CaO	3.99	3.05	4.40	7.30	3.30	1.79	0.05	0.11	0.24
Na ₂ O	0.04	0.14	0.29	0.69	<0.20	0.07	0.13	0.13	0.13
K ₂ O	0.06	0.18	0.03	<0.01	0.05	0.20	0.05	0.05	0.05
P ₂ O ₅	–	0.03	0.25	0.14	0.36	0.08	0.02	0.03	0.09
H ₂ O	0.03	0.34	–	–	–	0.22	0.30	0.04	0.49
CO ₂	0.40	0.03	1.40	25.30	0.12	0.37	0.02	0.16	0.05
Сумма	99.75	99.63	99.16	99.80	99.51	99.85	99.83	99.61	100.07
Основность, кДж	16.9	14.8	10.6	18.6	8.9	0.4	-4.4	-4.4	-4.3

Примечание: 1-6 – Кургановское месторождение: 1 – родонитовый метасоматит, 2 – спессартин-родонитовый метасоматит, 3 – спессартиновый метасоматит, 4 – тефроит-родохрозитовый метасоматит, 5 – спессартин-кварцевый метасоматит, 6 – родонит-кварцевый метасоматит; 7-9 – гематит-магнетит-кварцевые метасоматиты Шабровского, Северо-Шабровского и Южно-Шабровского месторождений.

взаимоотношения с участием этих метасоматитов автор наблюдал в восточной части рудного поля на Становлянском участке, железистые кварциты в котором секутся субмеридиональными дайками гранитоид-порфиоров и в отдельных случаях замещаются лиственитами.

На месторождениях золотоносных железистых кварцитов Шабровского рудного района (Горнощитском, Дмитриевском, Дьячковском, Змеиногорском, Шабровском, Южно-Шабровском) при проведении учебно-методической практики студентов-геологов в период 2001-2003 гг. были выполнены полевые работы, включающие минералогическое и шливовое опробование минерализованных пород и руд зоны окисления. Объем шлиховых проб составляет от 3 до 84 дм³. Камеральная обработка полученного полевого материала позволила изучить минеральные ассоциации, морфологические особенности и состав самородного золота из окисленных руд этих месторождений (табл. 2, 3). Минералогический анализ шлихов произведен С.В. Акуловой. Для пересчета на ПЭВМ процентного количества минералов во фракциях шлихов в их содержание в г/м³ применялась разработанная автором специальная программа. В минеральном составе тяжелой фракции шлихов из окисленных руд месторождений железистых кварцитов по

Таблица 2

Минералы	Средний минеральный состав тяжелой фракции шлихов (г/м ³) из окисленных месторождений и проявлений железистых кварцитов							
	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (1)	5 (3)	6 (2)	7 (1)	8 (1)
Золото	зн.	зн.	ед.зн.	зн.	р.зн.	р.зн.	ед.зн.	8 (1)
Циркон	0,7	2	р.зн.	0,5	0,04	0,8		зн.
Гематит	48	230	3	11	2	0,3		0,4
Магнетит	232	135	80	26	21	24	50	10
Хромит	7	77	ед.зн.	1	1		ед.зн.	0,2
Монацит	ед.зн.	ед.зн.		ед.зн.		р.зн.		зн.
Ставролит	ед.зн.	р.зн.		ед.зн.	ед.зн.		ед.зн.	
Гранат	9	4	10	23	6	4	81	2
Ильменит	74	135	28	52	15	15	ед.зн.	3
Рутил	0,7	2	2	0,8	0,05	3	р.зн.	2
Пирит	ед.зн.	0,2	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	р.зн.	1	ед.зн.
Турмалин	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	0,4	
Анаказ	ед.зн.	зн.		зн.	р.зн.			
Церуссит			2					
Эпидот	39	64	8	19	33	44	ед.зн.	28
Пироксен	ед.зн.		ед.зн.		р.зн.	р.зн.		р.зн.
Родонит							19	
Кианит	ед.зн.	зн.	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.		ед.зн.
Гидроксида железа	0,8	3	6	4	7	30	24	93
Псевдоморфозы лимонита по пириту	0,6	0,5	зн.	р.зн.	0,1	р.зн.	р.зн.	23
Гидроксида марганца			1		127	75	68	
Амфибол	2	6	1	5	1	19	9	2
Лейкоксен	р.зн.	ед.зн.	р.зн.		р.зн.			
Сфен	0,2	0,8	р.зн.	0,5	зн.	0,5	1	ед.зн.
Галенит		ед.зн.				ед.зн.		
Молибденит								
Везувиан		р.зн.		ед.зн.	ед.зн.		ед.зн.	ед.зн.
Апатит	р.зн.	зн.	0,01	0,07		0,5	0,07	зн.
Флюорит	ед.зн.	ед.зн.		ед.зн.			ед.зн.	

Примечание: Месторождения и проявления: 1 – Горнощитское, 2 – Дьячковское, 3 – Шабровское, 4 – Южно-Шабровское, 5 – Змеиногорское, 6 – Жулановское, 7 – Кургановское, 8 – Дмитриевское. В скобках указано число проб.

Таблица 3

Морфометрические параметры и химический состав самородного золота из окисленных руд месторождений и проявлений железистых кварцитов

Параметры	Горнощитское месторождение	Дьячковское месторождение	Шабровская группа месторождений	Змеиногорское месторождение	Жулановское рудопроявление
Средний размер золотин, мм	0,03-1,1 (0,3) n=88	0,02-0,5 (0,13) n=257	0,05-0,7 (0,27) n=77	0,05-0,2 (0,10) n=13	0,05-0,3 (0,09) n=18
Уплощенность золотин	1-8 (2,6) n=88	1-8 (2,6) n=257	1-9 (2,6) n=88	1-3 (2,1) n=13	1-5 (2,4) n=18
Пробность, ‰	853-976 (912) n=8	924-997 (972) n=14	913-993 (945) n=12	876-906 (896) n=4	846-984 (897) n=5
Содержание Cu в самородном Au, %	0,06-0,27 (0,15) n=8	0,04-0,74 (0,27) n=14	0,06-2,64 (1,08) n=12	0,01-0,10 (0,04) n=4	0,04-9,10 (2,52) n=4
Содержание Hg в самородном Au, %	0,10 (0,10) n=1	0,06-1,95 (0,42) n=6	0,15-0,16 (0,16) n=2	0,05-0,86 (0,30) n=4	—
Содержание Pt в самородном Au, %	—	0,02-0,14 (0,09) n=4	0,01-0,03 (0,02) n=3	0,05-0,08 (0,07) n=2	0,14 (0,14) n=1
Содержание Pb в самородном Au, %	0,01-0,15 (0,08) n=2	0,05 (0,05) n=1	0,18 (0,18) n=1	0,02-0,10 (0,06) n=2	0,06 (0,06) n=1

Примечание: в скобках приведено среднее значение параметров; n – количество золотин.

содержанию преобладают магнетит, гематит, гранат, эпидот, гидроксиды железа и марганца, присутствуют ставролит и кианит, характерные для метаморфических комплексов, и рудные минералы поздней золото продуктивной ассоциации, представленные преимущественно пиритом и более редкими галенитом, церусситом, молибденитом (табл. 2). В шлихах постоянно и нередко в весовых количествах отмечаются хромшпинелиды, что указывает на образование железистых кварцитов по породам повышенной основности.

Самородное золото в изученных выборках (435 зерен) из окисленных руд рассматриваемых месторождений (табл. 3) рудного облика, развивается преимущественно в виде кристаллов и их сростков и более редко в форме дендритов, уплощенных и удлинённых индивидов. Количество "породистого" золота (в сростании с кварцем, гидроксидами железа) составляет 17,5%. Средний размер золотин изменяется от 0,02 до 1,1 мм, по гранулометрическому составу превалирует тонкое и весьма мелкое золото классов 0,05-0,1 мм и 0,1-0,25 мм. Уплощенность золотин варьирует от 1 до 9 при средней уплощенности равной 2,6 (табл. 3) и резком преобладании в выборках индивидов изометричной формы (78%). По данным микрозондового анализа (оператор В.Н. Ослоповских) самородное золото из окисленных руд месторождений железистых кварцитов преимущественно высокопробное (853-993‰, \bar{x} =943‰, n=38). В его составе определены повышенные концентрации меди (0,01-2,64%, \bar{x} =0,48%, n=38), ртути (0,05-1,95%, \bar{x} =0,32%, n=13), присутствуют платина (0,01-0,14%, \bar{x} =0,06%, n=9) и палладий (0,01-0,18%, \bar{x} =0,09%, n=6).

Самородное золото также установлено в шлиховой пробе, взятой из минерализованных пород Кургановского родонитового месторождения (табл. 2). Выделенная золотина прожилково-пленочной формы, средний размер ее составляет 0,13 мм, уплощенность равна 3,5, пробность - 968‰, содержит примесь меди (0,57%), ртути (0,04%) и платины (0,03%).

Кроме этого было проведено изучение Жулановского рудопроявления золота в железистых кварцитах, расположенного в южной части Березовского рудного поля, которое по минеральному составу окисленных руд, типоморфным особенностям самородного золота, повышенной концентрации в нем меди сопоставимо с месторождениями золотоносных железистых кварцитов Шабровского рудного района (табл. 2, 3). В окисленных рудах Жулановского рудопроявления золота в железистых кварцитах наряду с обычным золотом высокой и средней пробы (846-984‰, n=4) с повышенным содержанием меди (0,04-0,86%, \bar{x} =0,32%, n=3), микрозондовым анализом

выявлено в соответствии с классификацией [16] медистое золото (Au – 90,63%, Ag – 0,20%, Cu – 9,10%, Pd – 0,06%) с развитой в краевой зоне гипергенной высокопробной каймой (Au – 99,72%, Ag – 0,15%, Cu – 0,12%).

В заключение следует отметить, что рассмотренные месторождения и проявления золотоносных железистых кварцитов Среднего Урала в целом обладают чертами сходства по морфологическим особенностям и химическому составу самородного золота из окисленных руд (преимущественному развитию изометричного высокопробного золота кристалломорфных очертаний) с объектами Березовского рудного поля (Кремлевское месторождение, участки Золотая гора, Успенская гора), где преимущественное распространение получила ранняя золото-пирит-кварцевая продуктивная минеральная ассоциация [6], но отличаются от последних более высоким содержанием меди и ртути в самородном золоте.

Литература

1. *Болтыров В.Б.* Метаморфогенная минерагения Урала // Геология и металлогения метаморфических комплексов. Свердловск, 1977. С. 160-167.
2. *Брусницын А.И.* Родонитовые месторождения Среднего Урала (минералогия и генезис) СПб.: Изд-во СПбГУ, 2000. 200 с.
3. *Вертушков Г.Н.* Курганит из месторождения орлеца на Среднем Урале. Свердловск, 1986. С. 83-89.
4. *Глушкова Г.А., Кейльман Г.А.* О генезисе железистых кварцитов Урала // Метасоматические железистые кварциты. Свердловск, 1979. С. 24-33.
5. *Грязнов О.Н.* Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. М.: Недра, 1992. 256 с.
6. *Дворник Г.П., Баранников А.Г., Угрюмов А.Н., Колбасин Д.И.* Минеральные ассоциации и типоморфные особенности самородного золота зоны гипергенеза Березовского рудного поля // Вестник Уральского отделения Минералогического Общества РАН. Екатеринбург: УГГГА, 2002. № 1. С. 16-22.
7. *Кейльман Г.А., Глушкова Г.А.* Геология и генезис железорудных месторождений Урала // Геология и генезис железорудных месторождений. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 49-52.
8. *Лукошков В.Н.* Возраст, состав и условия образования железистых кварцитов на Восточном склоне Урала. // Труды Ин-та геологии и геохимии УФАН СССР, 1972.

Вып. 91. С. 21-40.

9. *Лукошков В.Н.* Гондиты Урала: Препринт. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 62 с.
10. *Маракушев А.А.* Петрогенезис и рудообразование (Геохимические аспекты). М.: Наука, 1979. 308 с.
11. *Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А., Григорьев В.В.* Шабровский рудный район (Средний Урал). Геологическая позиция, продуктивные вещественные комплексы, оруденение-минерализация. / Под ред. акад. РАН В.А. Коротеева. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. 80 с.
12. *Панков Ю.Д.* Формация метасоматических железистых кварцитов. М.: Наука, 1984. 200 с.
13. *Панков Ю.Д.* Генезис гнейсовых куполов и их железистых кварцитов // Уральский геологический журнал, 2003, № 2 (32). 160 с.
14. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург, 1999. 571 с.
15. *Серков А.Н.* Петрология, минералогия и генезис среднеуральских месторождений родонита. Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1989. 19 с.
16. *Спирidonov Э.М., Плетнев П.А.* Месторождение медистого золота Золотая гора (О "золото-родингитовой" формации). М.: Научный мир, 2002. 220 с.