



Федеральное агентство научных организаций
Российская академия наук, Отделение наук о Земле
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук (ИГЕМ РАН)
Российский фонд фундаментальных исследований
Российское минералогическое общество, Московское отделение
Межведомственный комитет по рудообразованию Отделения наук о Земле РАН
Министерство природных ресурсов и экологии РФ
Научно-учебный Центр «Минеральные ресурсы»

**Месторождения стратегических металлов:
закономерности размещения,
источники вещества,
условия и механизмы образования**

Материалы конференции



Москва, 2015

УДК 553.3
ББК 26.0
М 53

Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования. Всероссийская конференция, посвящённая 85-летию ИГЕМ РАН. Москва, 25-27 ноября 2015 г. Материалы докладов. М.: ИГЕМ РАН, 2015. 336 с.

ISBN 978-5-88918-040-1

Сборник содержит материалы докладов научной конференции, посвящённой месторождениям стратегических металлов, которая проходила в ИГЕМ РАН (Москва) с 25 по 27 ноября 2015 г. Представлены доклады на следующие темы: «Металлогения месторождений стратегических металлов», «Источники вещества месторождений стратегических металлов», «Физико-химические условия образования руд месторождений стратегических металлов», «Формы нахождения и закономерности распределения стратегических металлов на месторождениях» и «Колчеданные месторождения – геология, минералогия и генезис (к 125-летию И.Ф. Григорьева)».

Материалы докладов публикуются в авторской редакции с минимальной редакторской правкой.

Материалы изданы при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-05-20984г).

Редколлегия:

Н.Н. Акинфиев, И.В. Викентьев, А.В. Волков, В.А. Коваленкер, О.Ю. Плотинская, М.А. Юдовская
Ответственный редактор – академик Н.С. Бортников

ISBN 978-5-88918-040-1

© ИГЕМ РАН, 2015
© Коллектив авторов, 2015

Воронцовское золоторудное месторождение - представитель оруденения карлинского типа на Урале

Мурзин В.В.¹, Варламов Д.А.², Азовскова О.Б.¹, Ровнушкин М.Ю.¹

¹ИГГ УрО РАН, murzin@igg.uran.ru; ²ИЭМ РАН, dima@iem.ac.ru

Широко известный в мировой литературе «карлинский» тип месторождений является одним из ведущих в мире, как по запасам золота, так и по количеству разрабатываемых объектов. Характерными особенностями золотого оруденения этого типа являются: наличие среди карбонатных и кремнисто-карбонатных пород золото-сульфидной минерализации, представленной тонкозернистыми сульфидами, прежде всего мышьяковистым пиритом с субмикронным или изоморфным золотом; Au-Hg-Tl-As геохимический спектр руд; аргиллизитовый тип околорудного метасоматоза. Большая часть месторождений этого типа расположена на территории США, однако они известны также в Канаде, Китае, Перу, Югославии, Турции, России.

В 1985 г. было открыто первое и пока единственное на Урале Воронцовское месторождение подобного типа, которое по ряду геологических параметров, а также минералого-геохимическим характеристикам отвечает карлинскому, а по запасам относится к классу крупных. Месторождение локализовано в ЮЗ экзоконтактной части Ауэрбаховского габбро-диорит-гранодиоритового интрузива среди толщи вулканогенно-осадочных пород. Последние слагают моноклираль, полого падающую на запад. В основании структуры залегают известняки с прослоями туффитов и алевролитов мощностью около 1 км. Карбонатная толща перекрывается вулканогенно-осадочными породами: туфоалевролитами, туффитами, порфиритами и туфами андезитового состава. Вблизи контакта известняков с вулканогенными породами развиты брекчии, обломки которых – известняки, сцементированные преимущественно вулканогенным материалом. Горизонты брекчированных известняков, а также породы вулканогенно-осадочной толщи на контакте с известняками вмещают рудные тела.

Рудная залежь, имеющая в плане вид субмеридионально вытянутой ленты, зональна. В центральной ее части развиты пирит-арсенопиритовые и пирит-реальгаровые руды, сопровождающиеся метасоматитами кварц-серицитовой формации и выделяемыми в ее составе аргиллизитами (изменяется пропицитизированный вулканогенный цемент брекчий содержащий тонкий рассеянный пирит). Геохимический спектр руд - As, Hg, Tl, Sb, Ba, S. Отношение Au/Ag более 1. На северном и южном флангах развита малопродуктивная минерализация, сопряженная с окварцеванием и доломитизацией пород, отнесенная к джаспероидной формации. С кварцевой фацией джаспероидов ассоциирует полиметаллический тип минерализации (вкрапленность пирита и сульфидов различных металлов), с доломит-анкеритовой фацией - сульфосольно-полиметаллический. Геохимический спектр руд - Ag, Pb, Zn, Cu, Sb, S. Отношение Au/Ag значительно меньше 1. В приконтактной зоне интрузии полосами и пятнами располагаются зоны золотоносных скарнов, а также маломощные кварцевые жилы, сопряженные с березитами-лиственитами и местами проникающие в пределы рудной залежи.

В верхней части месторождения развиты рыхлые золотоносные образования различного генезиса, заполняющие карстовые полости – делювиально-пролювиальные, элювиально-делювиальные отложения, нередко с линзами осадков олигоцен-миоценового и мелового (?) возраста, структурные и перемещенные коры выветривания. Выявлены признаки наложения низкотемпературного рудно-метасоматического процесса аргиллизитового типа на коры выветривания и карстовые образования, датированные поздним MZ– ранним CZ. Одним из таких признаков является присутствие «свежего» пирита и сопутствующей ему рудной минерализации. Участки наложения аргиллизитов на гипергенные образования мы рассматриваем как полигенные образования «гипогенно-гипергенной» природы. Наиболее поздняя золотая минерализация в аргиллизитах связана с битуминизацией пород.

Органическое вещество присутствует во всех типах пород и руд. Оно представлено исключительно битумами, среди которых преобладают растворимые их формы с содержанием от 23 до 466 мг/кг. Наиболее обогащены органическим веществом флюидопроницаемые зоны – тектонические нарушения, контакты пород, а также зоны карбонатных брекчий.

Фиксируются существенные различия видового состава рудных минералов в выделенных типах коренной минерализации. Основные черты пирит-арсенопиритового типа в туфогенных породах: 1) порода сложена реликтивными (пироксен, плагиоклаз, карбонат) и новообразованными минералами (актинолит, эпидот, хлорит, кварц, альбит, калиевый полевой шпат, серицит, кальцит, гидрослюда и др.); 2) в них преобладает тонкий рассеянный пирит, содержащий не более 0.4 мас.% As и арсенопирит (отношения S/As=0.93-0.74); 3) в местах наложения кварц-серицитового метасоматоза проявлена мышьяк-арсенопиритовая минеральная ассоциация, в которой помимо самородного мышьяка и арсенопирита зафиксированы редкие минералы – высокомарганцевый сфалерит (7.6 мас.% Mn), алабандин, блеклые руды (до 3.3 мас.% Mn) и самородное золото (пробность 920-960, до 2.6 мас.% Hg), а также более поздний реальгар.

Основные черты минерализации пирит-реальгарового типа в брекчиях известняка: 1) минеральный состав цемента брекчий аналогичен таковому в туфогенных породах; 2) метасоматоз кварц-серицитового типа сопровождается повышением содержания в цементе кварца, появлением серицита модификации 2M₁, кальцита, барита (до 1.5 мас.% SrO), апатита (1.8-7.6 мас.% As₂O₃ и 2.4-3.7 мас.% F); 3) характерно разнообразие рудных минералов в составе аурипигмент-реальгаровой минеральной ассоциации -

сульфиды As (реальгар, аурипигмент), Sb (антимонит), Hg (киноварь), Zn (сфалерит), Fe (грейгит), Mn (алабандин); сульфосоли Pb и Cu (джермсонит, буланжерит, цинкениит, халькостибит); теллурид Hg (колорадоит); самородный мышьяк; 4) присутствуют две генерации самородного золота – ранняя, представленная мелкими (до 0.08 мм) частицами очень высокой пробы (более 980), рассеянными в нерудной составляющей цемента брекчий и поздняя в рудах с реальгаром (пробность 930-990, до 3.3 мас.% Hg).

Основные черты минерализации сульфосолюно-полиметаллического и полиметаллического типа: 1) большое количество сульфидов Zn,Pb,Cu и гнездовой характер их выделений; 2) высокая серебристость руд и минералов (до 22.5% Ag в блеклых рудах); 3) присутствие мышьякового минерала (арсенопирита) только в ранних ассоциациях и широкое развитие сурьмяных сульфосолей Pb и Cu (буланжерит, бурнонит, плагинит, геокронит) в поздних ассоциациях; 3) наличие нескольких ассоциаций с самородным золотом пониженной пробы (от 940-950 до менее 700); 4) присутствие минералов Mn - алабандина и сфалерита (до 4.9% Mn).

Методами фазовых равновесий сульфидных минералов и доломит-кальцитовой геотермобарометрии оценены P-T-условия образования всех типов минерализации (табл. 1). Ранние минеральные ассоциации отлагались при достаточно высоких температурах (450-300 °С), поздние – при низких (260-110 °С). Режим формирования минерализации в джаспероидах отличался нестабильностью - временами происходило закрытие системы с повышением давления до литостатического (0.5-0.6 кбар), а к концу рудообразования давление становилось гидростатическим (0.15-0.2 кбар), отвечающим глубине формирования руд в 1-2 км.

Таблица 1. P-T-условия кристаллизации руд Воронцовского месторождения

Тип минерализации	Минеральные ассоциации	T, °C	P, кбар
Пирит-реальгаровый	Пирротин-арсенопиритовая	450-300	
	Аурипигмент-реальгаровая	250-150	
Сульфосолюно-полиметаллический	Арсенопирит-пиритовая	380-300	0.15-0.20
	Сульфосолюно-полиметаллическая	220	0.5
Полиметаллический	Сфалерит-арсенопирит-пиритовая	380-300	0.15-0.20
	Полиметаллическая	260-110	0.60-0.15

Изучение изотопного состава C, O и Sr карбонатов показали, что в процессе формирования золотоносных и золотосодержащих руд образуется карбонат с последовательным облегчением $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ в ряду: рудоносные известковые брекчии – джаспероиды – скарны – кварцевые жилы (рис.1). Изотопный состав стронция карбонатов также образует единый тренд от репера морского известняка к мантийному в той же последовательности рудообразующих процессов.

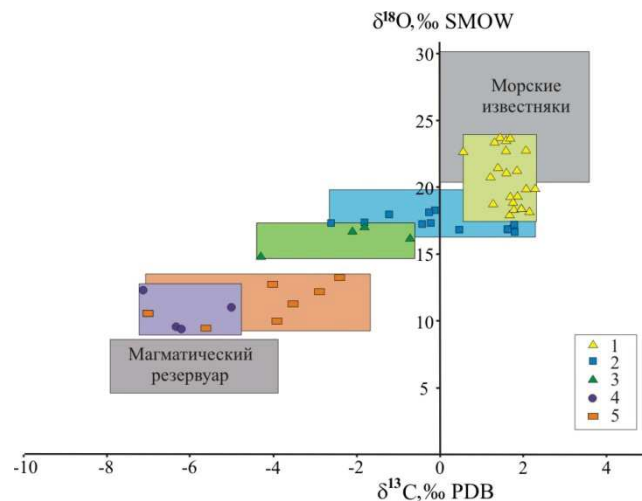


Рис.1. Диаграмма соотношений изотопов углерода и кислорода в карбонатах Воронцовского месторождения (1-3) и Ауэрбаховского рудного поля (3,4): 1 – известняк и мраморизованный известняк; 2 - рудоносные известняковые брекчии; 3 – джаспероиды; 4 – Cu-Fe-скарны, 5 – кварцевые жилы. На диаграмму нанесены также поля глобального магматического резервуара и карбоната морских известняков

Основные черты оруденения Воронцовского месторождения, отличающего его от типового месторождения Карлин, следующие: 1) формирование оруденения в непосредственной близости от Ауэрбаховской интрузии привело к совмещению в пространстве и частично во времени разноформационных рудных образований (кроме рассмотренных - золотоносные скарново-магнетитовые, меднопорфировые, золотые кварцевожилные); 2) рудоотложение происходило не в близповерхностных условиях, а на глубинах 1-1.5 км, а также при более высоких температурах (вместо аргиллизитов образованы кварц-серицитовые метасоматиты); 3) основная масса золота сосредоточена не в мышьяковистом пирите, а в самородной форме в виде тонких частиц, рассеянных преимущественно в нерудной массе; 4) специализация известняков на марганец (до 0.2% MnCO₃) обусловила присутствие в рудах его собственных минералов его (алабандин, клерит и др.) и изоморфное вхождение этого элемента в сульфиды и карбонаты (до 7% MnCO₃).