

соответствующего типа. Явления протоклаза могут также использоваться в качестве критерия корреляции поздних членов гранитоидных серий.

Список литературы

Алексеев В.И. О происхождении литий-фтористых гранитов Северного массива (Чукотка) // Записки РМО. 2005, Ч. 134. Вып. 6. С. 19-30.

Алексеев В.И. Термобарические условия кристаллизации гранитов Северного массива (Чукотка) по данным изучения полевых шпатов // Записки Горного института. 2008. Т. 174. С. 16-27.

Алексеев В.И., Ващенко А.В. Полуколичественная оценка температур деформации горных пород по микроструктурным данным // Записки ВМО. 1994. Ч. 123. Вып. 5. С. 105-111.

Геология оловорудных месторождений СССР. Оловорудные месторождения СССР. М.: Недра, 1986. Кн. 1. Т. 2. 429 с.

Долгушин С.С., Хомичев В.Л. Псевдоконгломераты: природа, диагностика, рудно-петрологическая значимость. Новосибирск: СНИИГГиМС. 2007. 92 с.

Иванкин П.Ф. Морфология глубоко вскрытых магматогенных рудных полей. М.: Недра, 1970. 287 с.

Марин Ю.Б. Гранитоидные формации малых и умеренных глубин (выделение, структура, становление, эволюция). Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. 144 с.

Рундквист Д.В. Природные национальные богатства России и их использование // Вестник ОГГТГН РАН. 2000. № 1 (11). С. 1-15.

Туговик Г.И. Эксплозии и рудный процесс. М.: Недра, 1974. 208 с.

RMS DPI 2008-3-3-0

МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Алпатов В.В. (alpatov@diamond.ysn.ru)

Якутское отделение. Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН

METASOMATIC MINERAL ASSOCIATIONS OF GOLD DEPOSITS OF THE VERKHOYANSK-KOLYMA FOLD AREA

Alpatov V.V.

Yakutsk branch. Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS

Верхояно-Колымская складчатая область (ВКСО) отличается широким развитием в ее пределах жильного золото-кварцевого оруденения, которому посвящены многочисленные исследования, начиная с момента открытия золотоносности ее территории в 30-40 годах прошлого века. Более поздние работы по разведке ряда объектов (Нежданинское, Сарылах, Сентачан, Кючюс и др.) выявили значительную роль вкрапленных руд в их золотоносности и привели к выделению нового метасоматического типа золотого оруденения, определяемого некоторыми исследователями как золото-сульфидный, что определило проведение минералого-геохимических исследований гидротермально-измененных пород золоторудных месторождений с целью определения условий образования промышленного вкрапленного оруденения.

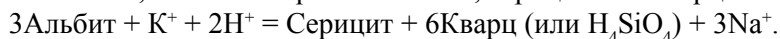
Минералого-геохимические исследования метасоматитов на золоторудных месторождениях с различными промышленными типами золотого оруденения позволили выявить общую последовательность гидротермальных изменений вмещающих пород, включающую соответственно дорудную березитизацию, рудоносную березитизацию, предшествующую сопряженной жильной минерализации, и околожильную сульфидизацию, сингенетичную ранней пирит-арсенопирит-кварцевой ассоциации жильной минерализации.

Дорудная березитизация контролируется крупными разрывными нарушениями сдвигового и взбросового характера, охватывает нередко большие объемы пород терригенных и магматических пород, формируя зональные инфильтрационные ореолы, и не сопровождается вкрапленным оруденением. Накладывается на дорудные магматические породы, формирующих дайки и штоки, и отсутствует в предрудных и внутрирудных магматических породах, слагающих дайки. По характеру новообразований, представленных кварцем, железистым серицитом-фенгитом и железистыми карбонатами они сопоставимы с метасоматитами березитовой формации. Новообразования в первую очередь замещают цветные минералы (хлорит, биотит, амфиболы), в меньшей степени затрагивая полевошпатовую составляющую пород. В тыловых зонах колонок формируются кварц-карбонат-альбит-(±калишпат)-серицитовые метасоматиты с объемом новообразований в 25-30 об.% в терригенных породах и от 5-10 об.% (кислые) до 50-70% (средние и основные) в магматических породах. Типоморфными минералами являются высокожелезистые серицит-фенгит и карбонаты анкерит-доломитового и сидерит-магнезитового рядов.

При наложении процессов более поздней рудоносной березитизации наблюдаются реликты железистого серицита-фенгита, реже анкерита и сидероплезита, количество которых уменьшается по мере увеличения степени преобразования вмещающих пород.

Рудоносная березитизация связана с отложением минералов *метасоматической арсенопирит-пирит-кварц-карбонат-альбит-серицитовой ассоциации* и контролируется прежде всего мощными зонами тектонитов. При этом формируются зональные инфильтрационные ореолы различной мощности (до десятков метров). Все разновидности рудоносных березитов отличаются от дорудных березитов является постоянное наличие сингенетичной вкрапленности сульфидов – пирита, призматического арсенопирита-1, а иногда и пирротина, образующихся за счет замещения железосодержащих минералов - фенгита и железистых карбонатов этапа дорудной березитизации – менее железистыми разновидностями серицита и карбонатов и ассоциацией сульфидных минералов – пирита, арсенопирита и пирротина. Железистость новообразованных карбонатов и серицитов уменьшается по мере увеличения степени синберезитовой сульфидизации вмещающих пород вплоть до образования почти безжелезистых разновидностей. Рудные минералы рудоносных березитов формируют зональные ореолы синберезитовой сульфидизации с внешней пиритовой и внутренней арсенопиритовой зонами.

Другой реакцией, характеризующей процессы рудоносной березитизации, является замещение полевых шпатов, главным образом альбита, серицитом и кварцем:



Локализация рудоносных березитов в активных тектонических структурах, где в различных их участках реализовывались различные режимы компрессии в зонах пластичных деформации пород и декомпрессии, приводила к различной направленности изменения минерального состава преобразуемых пород. Максимально возможное количество вариантов изменения минерального состава наблюдается в алевролитах, подверженных как хрупким, так и пластичным деформациям, в отличие от более хрупких песчаников и магматических пород даек и штоков. Это проявляется в количественном соотношении как силикатных минералов – кварца, серицита и полевых шпатов, так и сульфидов – пирита и арсенопирита (табл. 1).

В участках умеренной компрессии, отличающихся относительно большим объемом монолитных пород с единичными, почти плоскими слабдеформированными зеркалами скольжения вдоль кливажных трещин главной системы, при замещении альбита наблюдаются новообразования как серицита, так и кварца. Для тыловых зон колонок здесь характерно преобладание пирита над арсенопиритом (табл. 1).

Выделяются участки сильной компрессии вмещающих алевролитов в тектонических швах, служащих границами зон тектонитов, и в зонах смятия пород внутри зон тектонитов, отличающихся низкой монолитностью вмещающих пород. В этих участках высокого стрессового давления кремнезем, образующийся при замещении альбита серицитом, частично или полностью выносятся из зоны реакции в участки декомпрессии. При этом формируются существенно серицитовые (70-75%) метасоматиты. Для тыловых зон колонок существенно серицитовых метасоматитов характерно резкое преобладание пирита над призматическим арсенопиритом, его количество в сульфидной фракции рудоносных березитов не превышает 20% (табл. 1).

Режим декомпрессии реализовывался в зонах раздвиги-сдвигов, брекчирования или

прожилкования зон тектонитов. При небольшом объеме открытых трещин, в которых наряду с карбонатами и сульфидами отлагался кремнезем из компрессионных зон, было возможно продолжение процессов рудосопровождающей березитизации и в частности формирование рудоносных кварц-серицитовых метасоматитов на верхних горизонтах рудных тел, обычно с преобладанием арсенопирита над пиритом (табл. 1).

Реакция замещения альбита серицитом приводила к накоплению в гидротермальных растворах Na, из-за чего в более прогретых породах, как правило, нижних горизонтов была возможна обратная реакция замещения серицита альбитом. Этой реакции способствует декомпрессия, так как объем новообразований больше объема замещаемых фаз, поэтому интенсивная альбитизация наблюдается в зонах микробрекций в песчаниках, кислых и средних магматических породах даек и штоков, и в меньшем объеме в алевролитах.

Таблица 1

Характеристика синберезитового оруденения

Зона ореола синберезитовой сульфидизации, соотношение минералов березитов	Содержание сульфидных минералов	Типоморфные признаки сульфидных минералов	
Пиритовая	Пи - 0-4%, иногда 0-3% Пр	Пи	Наб 100+111, 100, 100+210* As до 2% Au 1-10 г/т
Пирит-арсенопиритовая			
Интенсивная компрессия Аб < 5%, Кв < Сер	Пи - 4-10% Арс - 0-2% Пи >> Арс	Пи Арс	Наб 100+210, 210 As до 4-7% Au 10-30 г/т (до 1500 г/т) Au 100-300 г/т
Умеренная компрессия Аб < 5%, Кв ? Сер	Пи - 2-6% Арс - 1-5% чаще Пи > Арс	Пи Арс	Наб 100+210, 210 As до 4-7% Au 10-30 г/т (до 600 г/т) Au 100-300 г/т (до 1500 г/т)
Декомпрессия			
кварц-серицитовые метасоматиты Аб < 5%, Кв > Сер	Пи - 1-4% Арс - 1-4% чаще Пи < Арс	Пи Арс	Наб 100+210, 210 As до 2-4% Au 30-50 г/т (до 300 г/т) Au 50-200 г/т
альбитовые метасоматиты Сер < 10%, Аб > Кв	Пи - 0-1% Арс - 3-10% Пи << Арс, иногда 0-3% Пр	Пи Арс	Наб 100, 100+210 As до 2% Au 1-10 г/т Au 10-30 г/т

Примечания. * - габитусы (Наб): 100 – кубический, 210 – пентагондодекаэдрический, 111 – октаэдрический, 100+111, 100+210 переходные типы габитусов. Сокращения: Аб – альбит, Кв – кварц, Сер – серицит, Пи – пирит, Арс – арсенопирит, Пр – пирротин.

Исследования позволили выделить 2 фации рудоносных березитов – кварц-карбонат-серицитовую и кварц-карбонат-альбит-серицитовую. Первая из них при совместном нахождении на месторождении наблюдается на верхних горизонтах месторождений, вторая – на нижних. При сходном строении колонок в участках умеренной и сильной компрессии, они различаются характером изменений в зонах декомпрессии: в кварц-карбонат-серицитовой развиваются кварц-серицитовые метасоматиты, а для кварц-карбонат-альбит-серицитовой характерны альбитовые метасоматиты. В ходе исследований установлено, что на месторождениях с доминирующим вкрапленным оруденением (Кючус, Сарылах, Сентачан) рудоносные березиты относятся к кварц-карбонат-серицитовой фации.

Главным золотоносным минералом рудоносных березитов является ранний призматический или игольчатый арсенопирит-1, отличающийся повышенной золотоносностью (рис., табл. 1). Его появление в рудоносных березитах в количестве 2% и более определяет формирование промышленных вкрапленных руд.

Околожильная сульфидизация связана с формированием жильной минерализации и проявлена в образовании диффузионной околожильной вкрапленности метакристаллов арсенопирита-2, как и жильный арсенопирит имеющих уплощенный или короткопризматический габитус. Редко в ассоциации с арсенопиритом-2 наблюдаются новообразования кварца и альбита. Золотоносность арсенопирита-2 не превышает 50 г/т (рис.). При наложении на ореолы арсенопирита-1 наблюдается понижение золотоносности последнего за счет низкозолотоносной каймы арсенопирита-2 на метакристаллах (Нежданинское месторождение).

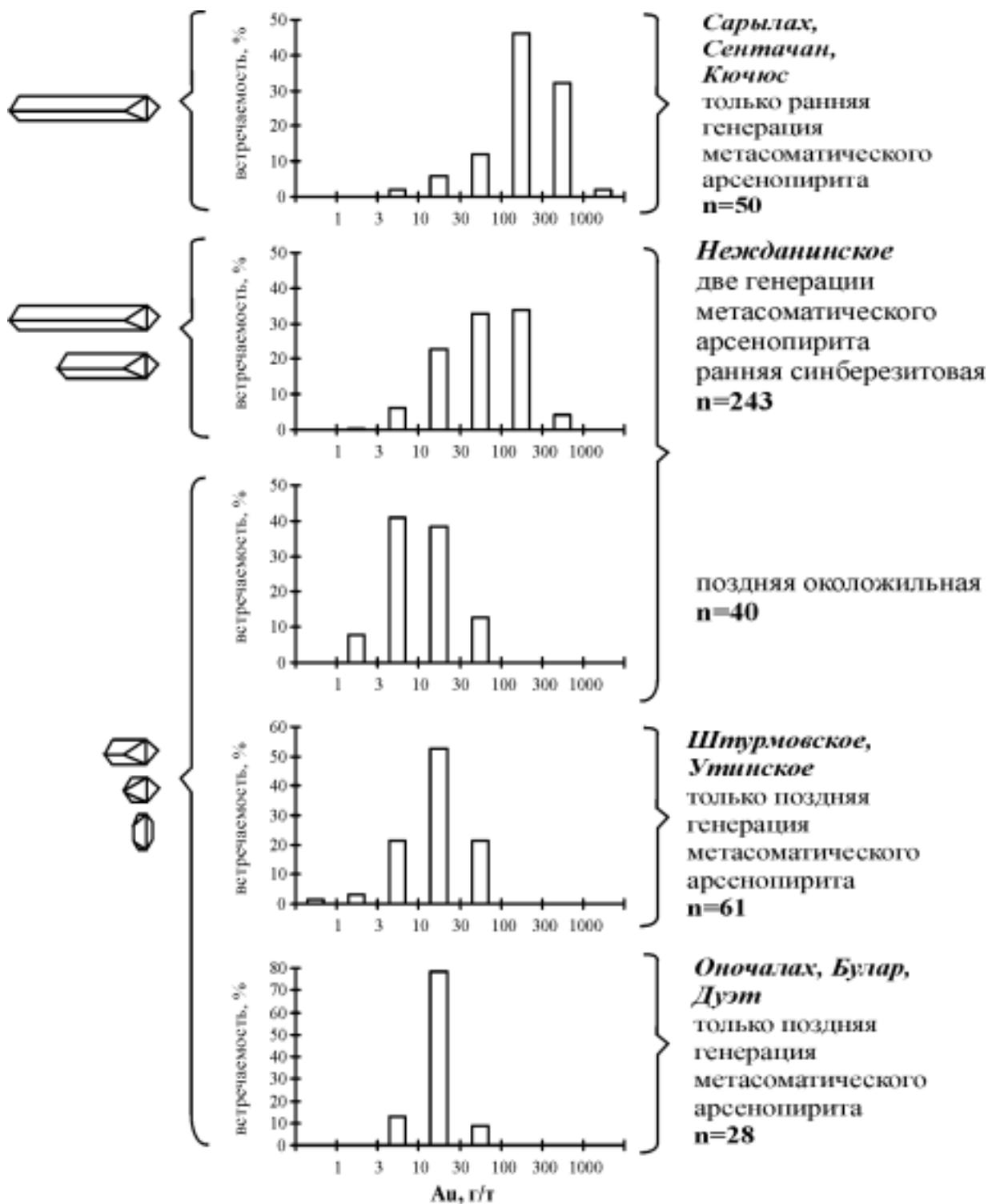


Рис. Золотоносность арсенопирита золоторудных месторождений Верхояно-Колымской складчатой области

В таблице 2 показаны варианты сочетаний гидротермальных изменений и жильной минерализации (в целом) на золоторудных месторождениях различных промышленных типов, которые многими исследователями (прежде всего жильного золото-кварцевого оруденения) рассматривались как многообразные сингенетичные околожильные изменения. Изучение типоморфных свойств минералов метасоматитов, и прежде всего на Нежданнинском месторождении (Гамянин и др., 2000), где в разных рудных телах или их частях были встречены все выделяемые минеральные типы золотого оруденения, позволило определить генерации ряда метасоматических минералов – светлых слюд, карбонатов, арсенопирита, последовательность их отложения и по-новому интерпретировать это многообразие. При этом выделенные в таблице 2 минеральные типы и их последовательность отражают вертикальное строение обобщенной гидротермальной колонны, фрагменты которой наблюдаются в отдельных рудных телах месторождений.

Таблица 2

Гидротермальные изменения вмещающих пород на золоторудных месторождениях разных промышленных типов

Промышленные типы золотого оруденения	Минеральные типы оруденения	Дорудная березитизация	Рудоносная березитизация		Околожильная сульфидизация (арсенопирит-2)	Жильная минерализация
			Зона ореола сульфидизации			
			Внешняя пиритовая	Внутренняя арсенопирит-1-пиритовая		
Жильное оруденение	I	—	—	—	—	+
	II	+	—	—	—	+
Жильное и непромышленное вкрапленное оруденение	III	—	—	—	+	+
	IV	+	—	—	+	+
	V	+	+	—	—	+
	VI	+	+	—	+	+
Непромышленное вкрапленное оруденение	VII	—	+	—	—	—
	VIII	+	+	—	—	—
Промышленное вкрапленное оруденение	IX	-	+	+	—	—
	X	+	+	+	—	—
Жильное и промышл. вкрапленное оруденение	XI	+	+	+	—	+
	XII	+	+	+	+	+

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 05-05-64803, 06-05-96070р).

Список литературы

Аллатов В.В. Вкрапленное золотое оруденение Нежданнинского месторождения // Отечественная геология, 1998. № 6. С. 63-65.

Гамянин Г.Н., Бортников Н.С., Аллатов В.В. Нежданнинское золоторудное месторождение – уникальное месторождение Северо-Востока России. М: Геос, 2000, 252 с.