

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

**Всероссийская конференция,
посвященная 120-летию со дня рождения
выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина**



**«ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В УЧЕНИИ ОБ ЭНДОГЕННЫХ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ»**

Москва, ИГЕМ РАН, 20-22 ноября 2017 года

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и
геохимии
Российской академии наук
(ИГЕМ РАН)

Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты

Сборник материалов Всероссийской конференции,
посвященной 120-летию со дня рождения
выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина

20-22 ноября 2017 г.

Москва – 2017

УДК 553+552+548/549+550.4+550.3+502/504+550.93
ББК 26.0
О75

«Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты». Всероссийская конференция, посвященная 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина. Москва, 20-22 ноября 2017 г. Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2017. – Электрон. дан. (1 файл: 35 Мб)

В сборнике представлены материалы Всероссийской конференции, посвященной 120-летию со дня рождения выдающегося российского ученого академика А.Г. Бетехтина «Основные проблемы в учении об эндогенных рудных месторождениях: новые горизонты». Пленарные доклады охватывают широкий спектр фундаментальных проблем изучения и освоения эндогенных рудных месторождений.

Издание осуществлено при финансовой поддержке ФАНО России и Отделения Наук о Земле Российской академии наук.

Редакционный совет: Н.С. Бортников, В.А. Петров, К.В. Лобанов, А.А. Пэк, А.Я. Докучаев, С.В. Ковригина.

УДК 553+552+548/549+550.4+550.3+502/504+550.93
ББК 26.0
О75

ISBN 978-5-88918-049-4

© Коллектив авторов, 2017
© ИГЕМ РАН, 2017

Минералогия и геохимия Тыкотловского золоторудного проявления с галлиевой минерализацией (Приполярный Урал)

Т.П. Майорова^{1,2}, Д.А. Варламов³, А.А. Соболева¹

¹ ИГ Коми НЦ УрО РАН,

² СГУ им. Путьрима Сорокина, *mayorova@geo.komisc.ru*,

soboleva@geo.komisc.ru,

³ ИЭМ РАН, *dima@iem.ac.ru*

Тыкотловское золото-сульфидное рудопроявление расположено на севере восточного склона Приполярного Урала в пределах Лемвинского аллохтона. Оно локализовано в кислых вулканитах, залегающих среди нижнеордовикских зеленосланцевых толщ раннепалеозойского возраста. Рудопроявление было открыто и изучено в процессе поисково-съёмочных работ 1971-1973 гг., проведенных Северо-Уральской поисково-съёмочной партией (Мезенцев и др., 1974 г.) и доизучено при проведении ГДП-200 в 2007 г. Кислые вулканиты выходят на поверхность в верховьях р. Бол. Тыкотлова в левом борту ее долины и образуют тело размером 7×1 км, вытянутое в субмеридиональном направлении. В западной части тела развиты массивные темно-серые риодациты мощностью 200-500 м, в центральной — лавобрекчии риолитов (100-500 м), представляющие собой пестроокрашенные породы с хорошо выраженной обломочной структурой. Размер обломков колеблется от нескольких миллиметров до 5-10 сантиметров. К востоку лавобрекчии уступают место светло-серым грубо рассланцованным окварцованным риолитам мощностью 80-100 м. В восточной части тела наблюдается переслаивание серых и светло-серых риолитов (фельзитов) с лавобрекчиями и флюидалными лавами. В этой полосе отмечаются локальные зоны рассланцевания и вторичного окварцевания, сопровождающиеся рудной минерализацией (рис. 1). На западе кислые вулканиты контактируют с метагаббро-долеритами орангьюганско-лемвинского габбро-долеритового гипабиссального комплекса раннего-среднего ордовика, на востоке — с филлитовидными хлорит-серицит-альбит-кварцевыми сланцами погурейской свиты верхнего кембрия-нижнего ордовика. Вмещающие породы метаморфизованы до уровня зеленосланцевой фации.

Возраст риолитов определялся U-Pb методом по цирконам (SHRIMP-II, ВСЕГЕИ), он составляет 484.6 ± 3.1 млн лет, что практически соответствует рубежу кембрия и ордовика [5].

Особенности распределения элементов-примесей в кислых вулканитах свидетельствуют об их выплавлении из мощной континентальной коры, а повышение роли высокозарядных элементов может указывать на их возможное формирование в условиях растяжения (континентального рифтогенеза), т.е. в рифтогенную стадию уралид.

Рудопроявление Тыкотловское локализуется в восточной части тела риолитов, в области переслаивание серых и светло-серых риолитов (фельзитов) с лавобрекчиями и флюидалными лавами в локальных зонах рассланцевания и вторичного окварцевания.

С юга и востока рудные зоны ограничиваются дизъюнктивными нарушениями и в плане образуют треугольное тело с основанием 200 м. Нарушения выражены резким понижением в рельефе. Особенно хорошо прослеживается субмеридиональное нарушение, ограничивающее рудную зону с востока. Зона разлома имеет вид корытообразной депрессии шириной до 40 м и сечет общую сланцеватость под углом 20°.

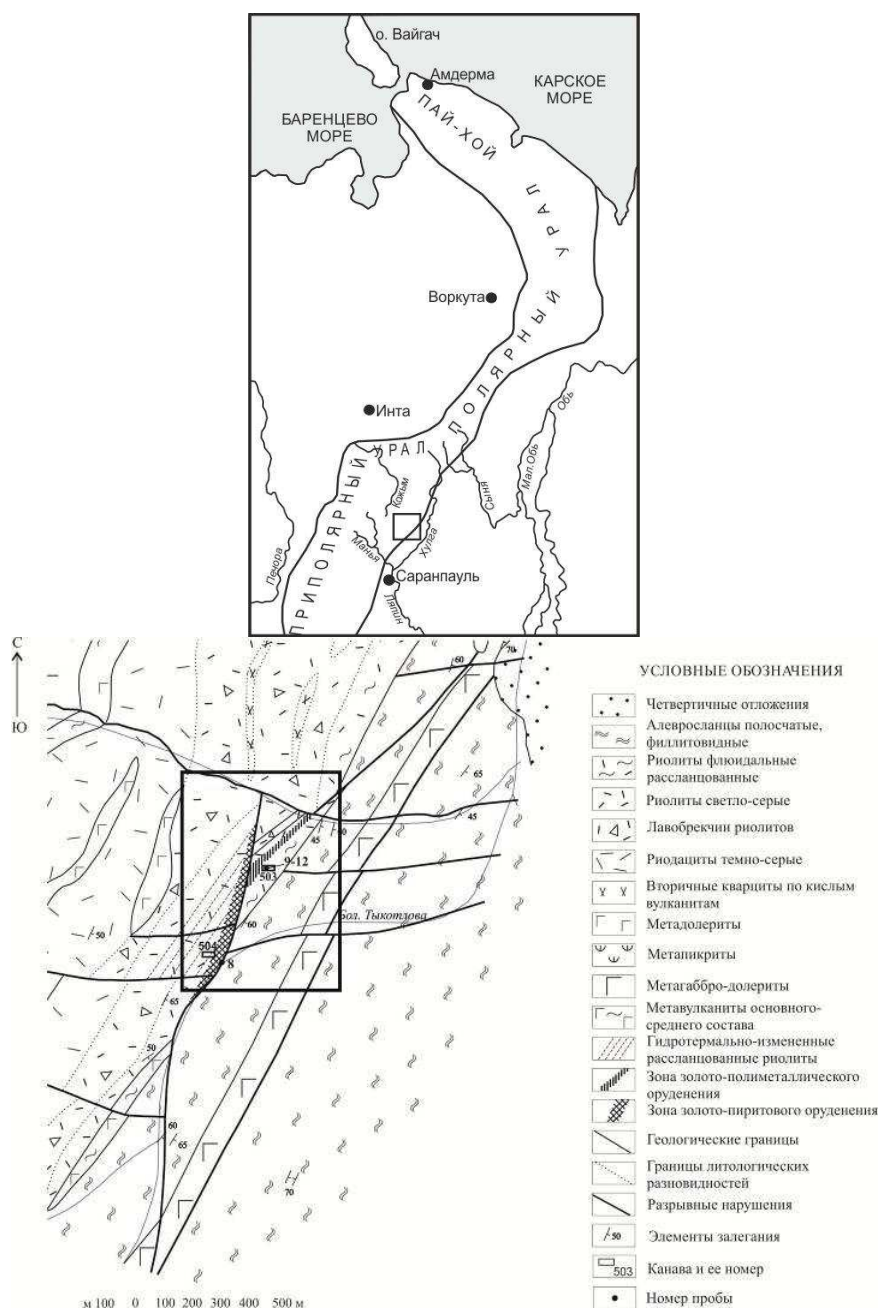


Рис. 1. Местонахождение и геологическая схема Тыкотловского золото-сульфидного рудопроявления (по Мезенцеву и др., 1974, фондový отчет).

На рудопроявлении выявлены две рудные зоны (рис. 1), резко отличающиеся по ассоциациям рудных минералов. Первая зона золото-полиметаллического оруденения приурочена к контакту окварцованных риолитов светло-серого цвета с серицит-хлорит-альбит-кварцевыми сланцами (по флюидальным лавам). Здесь, в зоне смятия и дробления, сопровождающегося многочисленными кварцевыми жилами, отмечается густая прожилково-вкрапленная минерализация галенита, халькопирита, сфалерита, пирита. Прожилки и линзы руды вытянуты по сланцеватости. Их мощность колеблется от 1-2 мм до 4-5 см. Зона прослежена на расстояние 400 м. В южной части зоны канавой № 503 вскрыты две линзы халькопирит-сфалерит-галенитовых руд мощностью 0.5–0.7 м (рис. 2).

Вторая зона золото-пиритового оруденения (рис. 1) прослеживается на расстоянии 600 м и представлена гидротермально измененными риолитами, сильно трещиноватыми и рассланцованными, окрашенными по трещинам и сланцеватости оксидами железа в ржавый цвет.



Рис. 2. Схема строения зоны золото-полиметаллического оруденения Тыкотловского проявления.

Канавка № 503 вскрывает первую рудную зону на участке сочленения первой и второй зон (рис. 1). Здесь рудная зона приурочена к контакту метасоматически измененных риолитов и кварцитовидных сланцев. В рудной зоне выделены два тела – «западное» (обр. 11) и «восточное» (обр. 10). «Западное» тело имеет протяженность около 1 м при мощности 0.5 м, «восточное» прослежено по простиранию на 4 м при мощности до 0.2 м. Кроме того, в рудной зоне и во вмещающих породах развиты многочисленные прожилки (обр. 9) и кварцевые жилы длиной от 0.2 до 1 м и мощностью от 5 см до 0.6 м.

В рудных телах с золото-полиметаллическим оруденением текстуры руд преимущественно массивные, во вмещающих породах – прожилково-вкрапленные, в кварцевых жилах – вкрапленные. Структуры аллотриоморфнозернистые и гипидиоморфнозернистые. Для руд характерна пирит-сфалерит-галенит-халькопиритовая ассоциация с переменным содержанием основных сульфидов. Пирит образует два типа выделений – изометричные, чаще встречающиеся в «восточном» рудном теле, и кристаллы кубической формы, иногда притупленными гранями октаэдра. По трещинкам в агрегатах и кристаллах пирита развиваются халькопирит и галенит. Часто сфалерит, галенит и халькопирит присутствуют в пирите в виде включений (рис. 3 а, б). Второстепенными, но характерными для этого проявления рудными минералами, обычно представленными микровключениями в пирите, являются тетраэдрит, борнит (в том числе серебросодержащий), сульфиды и сульфосоли серебра и меди, станнин (рис. 3).

В сфалерит-галенит-пиритовых рудах впервые в мире уверенно установлены уникальные по составу сложнзональные высокогаллиевые силикатные минеральные фазы группы эпидот-алланит (Ga до 14.5 мас.%, Ga₂O₃ – до 20 мас.%) [2]. Как правило, это

включения в сульфидах (в основном – в сфалерите, реже в пирите (рис. 3 б) и галените, не встречены в халькопирите) или между зернами сульфидов, иногда в сростках с ними и в виде одиночных выделений между зернами кварца. Обычно наблюдается следующая последовательность зон (от центра к периферии): **а** – «эпидот-(Ga)» с высоким и ультравысоким содержанием галлия (6-20 мас.% Ga₂O₃) при почти полном отсутствии редких земель (поэтому эпидот, а не алланит), иногда эта зона в сечениях зерен отсутствует или представлена мелкими отдельными «пятнами»; **б** – высокогаллиевый алланит-(Ce) со средним и высоким содержанием Ga (3-11 мас.% Ga₂O₃) и средними и высокими концентрациями редких земель (3-20 мас.% на сумму Y₂O₃+TR₂O₃); **с** – алланит-(Ce) с низким содержанием Ga или его отсутствием (0.0-2.0 мас.% Ga₂O₃) и средними и высокими концентрациями редких земель (4-19 мас.% на сумму Y₂O₃+TR₂O₃). Иногда на отдельных зернах присутствуют эпидотовые каймы без Ga и с невысокими или нулевыми концентрациями редких земель (0-6 мас.% на сумму Y₂O₃+TR₂O₃). WDS измерения показали, что в сфалерите, включающем или контактирующем с изученным галлиевым эпидот-алланитом, обнаружены повышенные содержания Ga (0.048-0.057 мас.%), по сравнению с описанными в литературе [1,3], в пирите галлий не зафиксирован. Источники галлия и механизмы его концентрации в форме галлиевых силикатов пока не установлены.

Для руд в кварцевых жилах (обр. 9) характерно значительное преобладание крупных кристаллов и агрегатов пирита и халькопирита размером от 0.5 до 2.5 мм. В отдельных срезах в аншлифах хорошо наблюдаются структуры распада халькопирита в сфалерите.

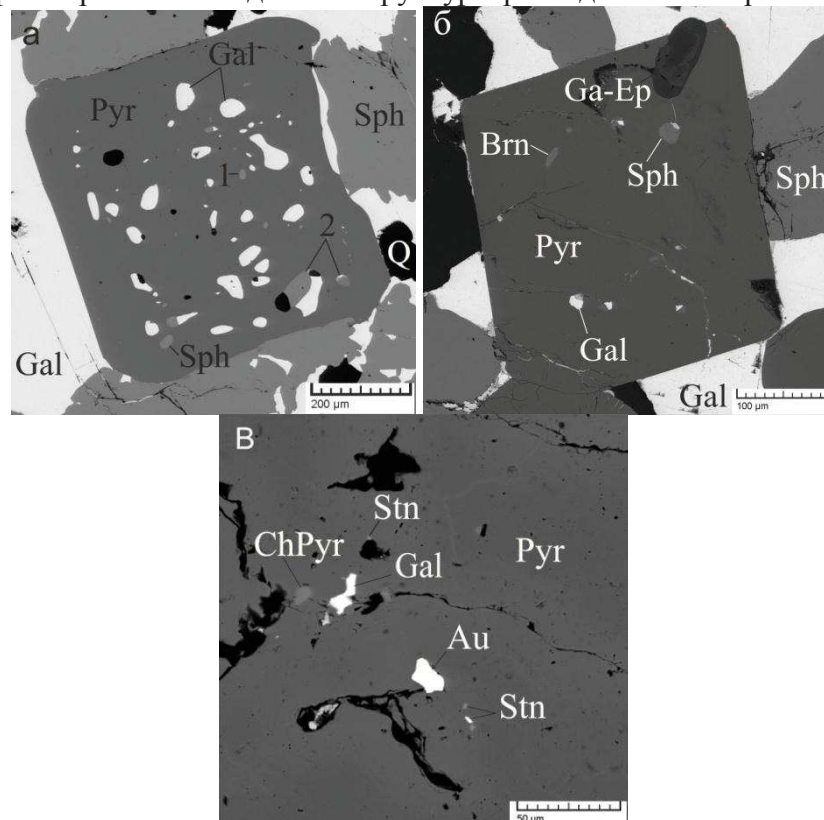


Рис. 3. Минеральный состав руд и включения в пирите. Сокращенные названия минералов: Q – кварц, Sph – сфалерит, Gal – галенит, ChPyr – халькопирит, Pyr – пирит, Brn – борнит, Au – золото, Stn – станнин, Ga-Ep – эпидот-(Ga), 1 – халькопирит серебросодержащий, 2 – сульфосоли серебра и меди. Изображения в обратно-рассеянных электронах.

Вторая зона с золото-пиритовым оруденением (обр. 8) приурочена к метасоматически измененным фельзитоподобным пиритизированным риолитам и вскрыта канавой № 504 (рис. 1). Рудный минерал представлен пиритом, в котором установлены многочисленные микровключения других сульфидов (рис. 3 б): галенита (преобладает), халькопирита, реже сфалерита, арсенопирита, борнита, станнина, сульфосолей (серебросодержащего тетраэдрита-теннантита, причем тетраэдрита существенно больше) и золота. Большинство включений имеют размеры 1-2 мкм, иногда достигая 10-20 мкм. Часть зерен пирита

характеризуется тонкой ритмичной (колебательной) зональностью, обусловленной вариациями содержания As (0.04–4.01 мас.%). Средний состав золота (мас.%): Au – 72.59, Ag – 26.41 с примесями Te (0.29) и Se (0.04).

Был сделан изотопный анализ серы шести монофракций основных сульфидов – галенита (2), сфалерита (2) и пирита (2), из «западного» и «восточного» тел золото-полиметаллической зоны рудопроявления. Изотопный состав серы сульфидов характеризуется узким интервалом значений $\delta^{34}\text{S}$ – от 5.2 до 8.0‰ и идентичен для обоих рудных тел. Утяжеление изотопного состава серы происходит в ряду галенит (5.3‰) – сфалерит (7.3‰) – пирит (7.9‰).

Для определения источников серы в рудообразующем процессе проведены расчеты изотопного состава серы сероводорода флюида на базе экспериментальных равновесий в системе флюид-сульфид по уравнениям фракционирования [4] с учетом температурного интервала распада твердого раствора халькопирита в сфалерите, т.е. 400–300°C. Получены следующие расчетные значения изотопного состава серы сероводорода флюида ($\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$), равновесного с этими минералами: при 400°C от 6.6 до 7.1‰, при 300°C от 6.5 до 7.4‰. Следовательно, сера сероводорода рудообразующего флюида имела утяжеленный состав, что исключает участие магматического источника в его формировании. Наиболее вероятно заимствование серы из вмещающих метаосадочных и магматических пород [4].

Оценка температур формирования сульфидного парагенезиса по сероизотопным термометрам показывает, что кристаллизация основных минералов (пирита, галенита и сфалерита) происходила в достаточно узком интервале температур от 414 до 335°C. В «западном» рудном теле температура закрытия изотопной системы была несколько выше (414–350°C), чем в «восточном» (339–335°C). Обращает на себя внимание, что в «западном» рудном теле в одном случае соотношение значений $\delta^{34}\text{S}$ пирита и сфалерита указывает на отсутствие между ними изотопного равновесия. Это дает дополнительное основание для выделения двух генераций пирита. Оценка температуры рудообразования по сероизотопным термометрам хорошо коррелируется с температурой распада твердого раствора халькопирита в сфалерите. Локализация рудопроявления на контакте между риолитами и вмещающими породами в зоне тектонического нарушения, проявленное воздействие гидротермально-метасоматических растворов как на риолиты, так и на вмещающие породы свидетельствуют о более позднем по отношению ко времени застывания риолитов образовании рудной минерализации.

1. Иванов В.В. Геохимия рассеянных элементов в гидротермальных месторождениях. М.: Недра, 1966. 389 с.

2. Varlamov D., Soboleva A. & Mayorova T. Galloepidote – New End-Member In Epidote Group // IMA2010, 20th General Meeting of the International Mineralogical Association, 21–27 August, 2010, Budapest, Hungary, p.489.

3. Макеев А.Б., Олейникова Т.И. Галлиевый вюртцит Пай-Хоя // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейского Северо-Востока. Тез. совещ. Сыктывкар, 1988. С. 110–111.

4. Омото Х., Рай Р.О. Изотопы серы и углерода/Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М.: Мир, 1982. 622 с.

5. Соболева А.А., Иванов В.Н., Кузенков Н.А., Васильев А.К. Происхождение и возраст риолитов Тынаготско-Тыкотловского района (Приполярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана: Сборник статей. Сыктывкар, 2008. № 5. С. 27–51.