

## О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗОЛОТА В ПИРИТАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

**А.Я. Пшеничкин**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Томск, Ленина, 30, Россия*

Приведены результаты анализов на золото пиритов ряда золоторудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области. Показано, что золото обнаружено во всех проанализированных пробах пирита от 0,04 до 20,0 г/т. Характер его распределения в пиритах неравномерный. Наиболее обогащены металлом пириты продуктивных минеральных ассоциаций, наименее – ранние слабо золотосные ассоциации и пириты околорудных метасоматитов.

*золото, пирит, золоторудные месторождения*

## GOLD IN PYRITE WITHIN ALTAI–SAYAN FOLDED BELT GOLD DEPOSITS

**A. Ya. Pshenichkin**

This article describes the result analysis of gold in pyrite for a number of some Altai–Sayan folded belt gold deposits. The analyzed pyrite samples showed gold grade from 0.04 to 20.0 g/t, which proves the fact that the gold concentrations in pyrites is irregular. Pyrites in productive mineral associations include significant metal enrichment, while pyrites of early poor gold-bearing associations and wallrock metasomatites are less prolific.

*gold, pyrite, gold deposits, Altai–Sayan folded belt*

Пирит является одним из самых распространенных сульфидных минералов золоторудных месторождений различного генезиса. Правильно расшифрованная информация, закодированная в морфологии кристаллов, физических свойствах и элементах-примесях минерала, дает возможность говорить не только о генезисе пирита, но и месторождения в целом [2, 3, 6]. По выявленным типоморфным свойствам пирита можно судить о минералогической и геохимической зональности месторождений, уровня их эрозионного среза, их перспективности на глубину и фланги, а также выявлять «слепые» рудные тела. Особенно информативной в этом отношении является содержание золота в пирите, повышенные концентрации которого (как в рудных телах, так и в околорудных метасоматитах) дают основание говорить о перспективности рудных тел и месторождений [1, 4]. Для большинства месторождений наблюдается положительная корреляция между кристаллами пирита пентагон-додекаэдрического габитуса и содержанием золота, как в пиритах, так и в рудных телах [3, 5, 6].

Методами нейтронно-активационного и полярографического анализов проанализированы пириты из рудных тел и околорудных метасоматитов золоторудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области: Коммунарское, Балахчинское, Саралинское, Ольховско-Чибижекское (Лысогорское, Медвежье, Константиновское), Тарданское, Октябрьское (табл. 1). Золото обнаружено во всех проанализированных пробах пирита от 0,04 до 20,0 г/т. При этом содержание золота в пиритах разных месторождений и разных минеральных ассоциаций внутри месторождений неравномерное. Наибольшие его

концентрации отмечаются в пиритах из продуктивных минеральных ассоциаций, наименьшие – из ранних минеральных ассоциаций и в пиритах из околорудных метасоматитах (см. табл. 1).

Таблица 1. Содержание золота в пиритах золоторудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области

Минеральные ассоциации	n	Содержание, Au г/т			V, %
		от	до	среднее	
<i>Коммунарское рудное поле (Кузнецкий Алатау)</i>					
Кварцево-золото-актинолитовая	14	0,22	10,0	5,45	80
Кварцево-золото-шеелитовая	5	0,22	5,0	2,92	76
Кварцево-золото-теллурувисмутитовая	9	0,10	20,0	5,56	164
Пирит околорудных метасоматитов	10	0,04	10,0	2,42	165
<i>Балахчинское рудное поле (Кузнецкий Алатау)</i>					
Кварцево-золото-полиметаллическисульфидная	56	0,10	20,0	3,95	124
Пирит березитов	28	0,10	5,0	0,94	126
<i>Саралинское рудное поле (Кузнецкий Алатау)</i>					
Кварцево-золото-сульфидная	9	0,4	20,0	5,6	159
Пирит околорудных метасоматитов	7	0,1	5,3	3,7	95
Пирит метаморфогенный	3	0,04	0,1	0,08	
<i>Ольховско-Чибисежское рудное поле (Восточный Саян) Константиновское месторождение</i>					
Карбонатно-пирит-пирротиновая	75	0,10	20,0	4,77	89
Кварцево-золото-сульфидная	91	0,10	20,0	4,73	102
Пирит околорудных метасоматитов	8	1,00	9,0	4,90	60
<i>Медвежье месторождение</i>					
Карбонатно-пирит-пирротиновая	18	0,10	3,0	1,05	135
Кварцево-золото-сульфидная	59	0,08	9,9	2,76	104
Пирит околорудных метасоматитов	10	0,10	0,5	0,30	142
<i>Лысогорское месторождение</i>					
Кварцево-золото-пирит-висмутитовая	9	0,10	9,0	3,64	80
Пирит околорудных метасоматитов	4	0,07	2,7	1,25	98
<i>Тарданское месторождение (Восточный Саян)</i>					
Скарново-золото-медно-сульфидная	14	0,05	5,0	1,57	147
Кварцево-золото-сульфидная	5	0,05	7,5	2,45	132
Пирит околорудных березитов	3	0,05	3,6	1,35	
<i>Октябрьское (Восточный Саян)</i>					
Кварцево-золото-сульфидная	8	0,10	10,0	3,2	87
Пирит из углеродистых сланцев	24	0,05	0,6	0,27	24

*Примечание:* Анализы выполнены методом нейтронно-активационного анализа на ядерном реакторе НИИ ЯФ ТПИ, аналитик В.Л. Чесноков и полярографическим методом в лаборатории геологии золота ГРФ ТПИ, аналитик Н.А. Новикова.

Наиболее обогащены золотом пириты Коммунарковского рудного поля. Так в пиритах кварцево-золото-актинолитовой (Масловское, Январское, Калиостровское) и кварцево-золото-теллурувисмутитовой (Знаменитинское, Кузнецовское, Январское) средние содержания золота близки 5,45 и 5,56 г/т. В два раза меньше концентрация золота в пиритах кварцево-золото-шеелитовой ассоциации (Спасское) и пиритах околорудных метасоматитах всех месторождений рудного поля. Почти такие же средние содержания золота отмечаются в пиритах кварцево-золото-сульфидной продуктивной ассоциации Саралинского рудного поля – 5,6 г/т. Здесь наблюдаются самые высокие содержания золота в пиритах из околорудных метасоматитов региона – 3,7 г/т. С глубиной Каскадного и Андреевского месторождений концентрация золота в пиритах уменьшается волнообразно с амплитудой 260–280 м, с обогащением в наиболее богатых частях рудных тел. Диагенетический пирит из вмещающих сланцев содержит минимальные концентрации золота – 0,08 г/т. По повышенным концентрациям золота в пиритах и преимущественному развитию в кварцевых жилах рудного поля кристаллов пирита пентагон-додекаэдрического габитуса выделены следующие перспективные участки – Центральный, Кузнецовский, Встречный, Веркинский.

Для Ольховского-Чибижекского рудного поля намечается увеличение уровня эрозионного среза месторождений от Лысогорского (вскрытого штольневymi горизонтами) к Медвежьему (отработанному на 11-ти горизонтах), Константиновскому (отработанному на 5-ти горизонтах) к Тарчинскому на северо-востоке рудного поля (разведанному колонковым бурением), где в рудах и пиритах отмечаются очень низкие содержания металла. В Ольховско-Чибижекском рудном поле наибольшие и близкие концентрации золота наблюдаются в пиритах всех минеральных ассоциаций Константиновского месторождения – 4,73–4,90 г/т. Беднее золотом пириты продуктивных ассоциаций Лысогорского (3,64 г/т) и Медвежьего (2,75 г/т) месторождений. Пириты околорудных метасоматитов в 3–9 раз меньше обогащены золотом, чем пириты руд (кроме Константиновского месторождения, где среднее содержание золота даже несколько выше, чем рудных пиритах). С глубиной Медвежьего месторождения содержание золота в пиритах уменьшается волнообразно с амплитудой 200–240 м. Такое же волнообразное изменение наблюдается для большинства элементов-примесей в пиритах месторождения [1, 4]. Для Константиновского месторождения с глубиной намечается тенденция возрастания средних содержаний золота в пиритах с 3,1 г/т на горизонте 417 м до 5,9 г/т на горизонте 297 м. Это может свидетельствовать о перспективности месторождения на глубину.

Пириты кварцево-золото-полиметаллически-сульфидной ассоциации кварцевых жил Балахчинского рудного поля характеризуются довольно высокими концентрациями металла – 3,95 г/т (при разбросе 0,1–20,0 г/т). При этом наблюдается как горизонтальная, так и вертикальная зональность в распределении золота в пиритах рудных тел. Горизонтальная зональность характеризуется в уменьшении концентраций золота в пиритах от Майской более высокотемпературной жилы (6,9 г/т), к пиритам Октябрьской среднетемпературной (3,2 г/т) и к пиритам Чапаевской и Изотовской низкотемпературных жил (3,07 г/т). Это отражает уменьшение уровня эрозионного среза жил в этом направлении. С глубиной

наблюдается иногда существенное возрастание золота в пиритах всех кварцевых жил. Отмечается довольно высокое накопление золота в аксессуарных пиритах Балахчинского диорит-монзонитового массива – 0,11 г/т.

Пириты Тарданского скарново-рудного и Октябрьского кварцево-жильного месторождений Тывы отличаются пониженными содержаниями золота по сравнению с другими месторождениями региона (см. табл. 1). Так, только на Октябрьском месторождении (Амыло-Систигхемский район) в кварцевых жилах Степановской, Григорьевской отмечаются содержания золота в пиритах до 10 г/т (среднее по пиритам месторождения 3,2 г/т), а в других жилах месторождения (Никольская, Неизвестная, Поперечная, Баба) – много ниже. Метаморфогенные пириты из углеродистых сланцев содержат всего 0,27 г/т золота. Не высокие средние концентрации золота отмечаются в пиритах из скарноворудных тел Тардана – 1,57 г/т. Золото здесь очень мелкое, как в пирите, так и в рудах. С глубиной рудных тел намечается некоторое увеличение содержаниями золота в пиритах. В кварцевых жилах рудопроявления Копто, находящемся в 6 км на северо-восток от Тардана, содержание золота в пиритах кварцевых жил и околорудных березитах выше – 2,45 и 1,35 г/т соответственно, чем в скарноворудных телах Тардана.

Распределение золота в пиритах из разнотемпературных минеральных ассоциаций и генераций месторождений обычно лево асимметричное, нередко двухмодальное и чаще всего крайне неравномерное. Это обусловлено наличием крупных, тонкодисперсных и субмикроскопических выделений его в пирите. При этом крупные выделения золота характерны для более низкотемпературных минеральных ассоциаций, а тонкодисперсное – для высокотемпературных. Между содержанием золота и другими элементами-примесями в пиритах месторождений часто не обнаруживается какой-либо устойчивой связи. Лишь на Лысогорском месторождении имеется положительная связь золота с Zn (0,50), Bi (0,69), Ag (0,89), Cu (0,55), Co (0,88), Ni (0,70) и отрицательная – с As (0,75). В других месторождениях иногда отмечается положительная корреляция между Au и Cu – Константиновское (0,41), Балахчинское (0,53), Коммунарское (0,51), Au и Mn – Балахчинское (0,47), Au и Co (0,52) и Ni (0,62) – Коммунарское; и отрицательная – между Au и As – Балахчинское (0,85).

Таким образом, проведенные исследования показали, что пириты золоторудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области содержат повышенные концентрации золота, в том числе пириты из околорудных метасоматитов этих месторождений, в которых нередко на порядок выше содержание металла, чем в пиритах не из золоторудных месторождений. Всё это дает возможность подходить более целенаправленно к оценке продуктивности рудных тел и месторождений, их уровню эрозионного среза и их перспективности на глубину и фланги.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания "Наука", № 1.1312.20142.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коробейников А.Ф., Пшеничкин А.Я. Геохимические особенности пирита золоторудных месторождений // Геохимия, 1985. № 1. С. 93–104.

2. Пшеничкин А.Я. Термоэлектрические свойства пиритов некоторых золоторудных месторождений различных типов // Известия ТПИ, 1977. Т. 247. С. 74–78.
3. Пшеничкин А.Я. Пирит как поисковый минералогический критерий на золото // Минералогический сборник № 7. Генетическая информация в минералах. Сыктывкар, 1980. С. 150–151.
4. Пшеничкин А.Я. Элементы-примеси в пиритах как типоморфный признак золоторудных месторождений // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Сибири: Тезисы докладов конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика М.А. Усова. Томск: ТПУ, 1983. С. 186–187.
5. Пшеничкин А.Я. Кристалломорфология пирита и ее использование в практике поисково-разведочных работах на золото // Геология и геофизика, 1989. № 11. С. 65–75.
6. Пшеничкин А.Я., Ананьев Ю.С. Технология поиска и локального прогноза золоторудных месторождений по типоморфным свойствам пирита // Развитие минерально-сырьевой базы: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н до наших дней. Томск: ТПУ, 2013. С. 409–423.