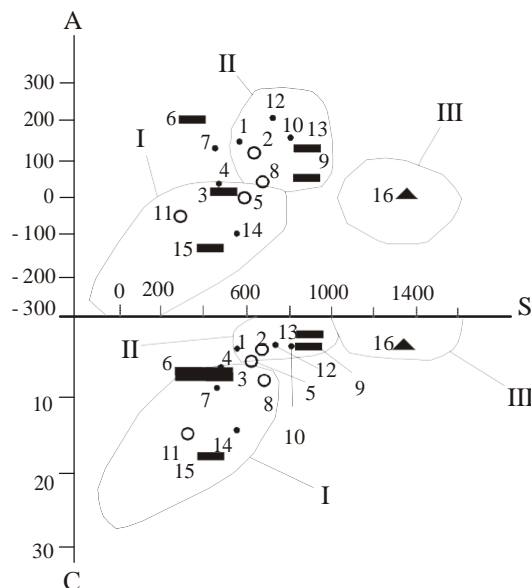


## ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-ЧЕРНОСЛАНЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ГОРНОГО АЛТАЯ

А.Л. Пономарёв, А.И. Гусев

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Системный анализ данных по локализации и закономерностям размещения типов золотого, медного, полиметаллического, редкометалльного, ртутного оруденения показывает, что для различных геолого-промышленных типов (ГПТ) оруденения роль рудоносных и рудогенерирующих формаций различна, что отражено на картах полезных ископаемых и закономерностей их размещения масштаба 1:500 000, составленных в рамках ГИС-атласа для двух субъектов Российской Федерации: Республики Алтай и Алтайского края. Она различна и для ГПТ золотого оруденения. Так, для золото-сульфидно-кварцевого оруденения в черносланцевых разрезах рудовмещающими и одновременно рудоносными формациями для рифей-кембрийского и нижне-девонского уровней являются различные по составу и происхождению формации: для раннего каледоно-салаирского этапа – вулканогенно-терригенно-черносланцевая, для герцинского – флишоидная терригенно-черносланцевая. Они чётко разделяются по химизму основных литологических разностей пород (рис.1). Так, если нижнедевонские золото-черносланцевые месторождения и проявления локализируются в терригенно-углеродистой формации, то проявления каледоно-салаирского этапа – в карбонатно-углеродистой, терригенно-углеродистой и кремнисто-углеродистой. То есть, для раннего этапа характерны сложные по составу рудовмещающие металлотекты (карбонатно-терригенно-углеродистые, терригенно-кремнисто-углеродистые, эксгалационно-осадочные кремнисто-углеродистые).



**Рис. 1. Положение черносланцевых формаций Горного Алтая и Горной Шории (составлена А.И. Гусевым) на диаграмме А –S- С (по С.Е. Ефремовой, К.Г. Стафееву, 1985).**

Поля углеродистых формаций: I- карбонатно-углеродистой, II- терригенно-углеродистой, III- кремнисто-углеродистой. Литологические типы пород: 1- алевриты, 2- песчаники, 3- сланцы, 4- кремнистые сланцы. Породы свит Горного Алтая и Горной Шории: 1-2- камышенской (D<sub>1</sub>), 3-5- убинской (Є<sub>1</sub>), 6-8- садринской (Є<sub>1</sub>), 9-11- тыдтуяркской (V-Є<sub>1</sub>); 12-13- барагашской (D<sub>1</sub>); 14-15- атлинской (Є<sub>1</sub>); 16- едиганской (V-Є<sub>1</sub>). А=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – (СаО+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O), S= SiO<sub>2</sub>-(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+СаО+MgO), C=СаО+MgO в молекулярных количествах.

Как правило, наиболее перспективные золото-черносланцевые проявления и месторождения располагаются в толщах с сапропелевым типом органического вещества. Содержание C<sub>орг</sub> в них варьирует от 0,3 до 3,5%.

Если для территории Алтайского края основную роль для локализации оруденения золото-черносланцевого типа имеют терригенно-углеродистые формации, то для рудоносных формаций Республики Алтай наиболее перспективны имеют древние формации терригенно-карбонатно-углеродистые (убинская, тыдтуяркская свиты) и терригенно-кремнисто-углеродистые (едиганская, эсконгинская, каянчинская свиты). Минерализация типа SEDEX и золото-черносланцевые проявления в убинской свите тяготеют в своём распространении к локальным палеовпадинам с восстановительным

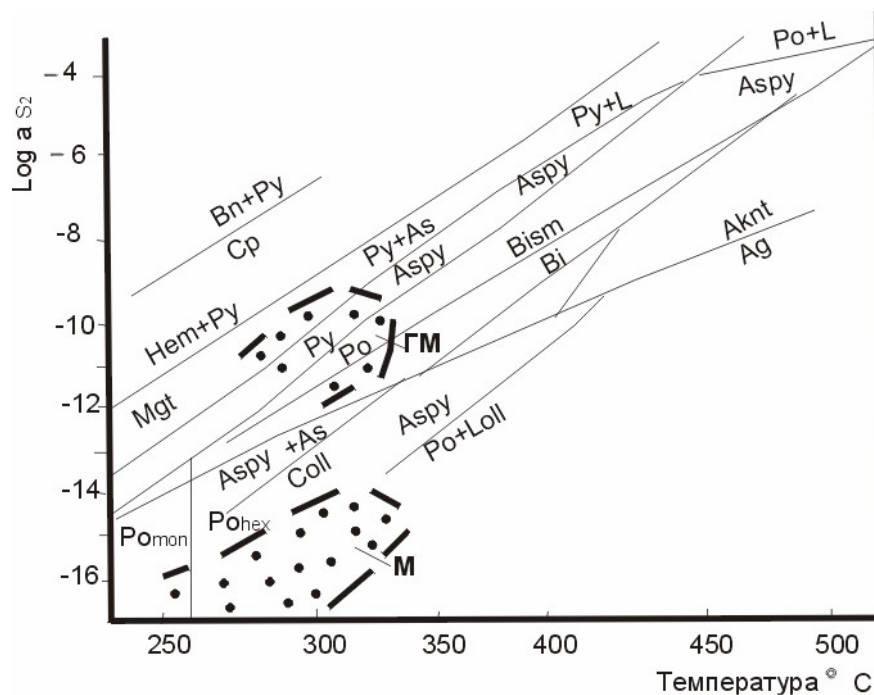
режимом осадконакопления, где фиксируется повышенная карбонатность и углеродистость рудоносной формации.

В Сиинско-Коуринской золоторудной зоне развито *золото-сульфидное оруденение в углеродисто-терригенных разрезах* убинской свиты (Є<sub>1</sub>). Минерализованные зоны представлены окварцованными углеродистыми сланцами с вкрапленностью пирита, пирротина, арсенопирита, марказита, редко галенита, сфалерита, халькопирита. Мощности рудных зон варьируют от 5 до 110 м, протяжённости от 350 м до нескольких километров. Содержания золота в рудах от следов до 5 г/т. Наблюдаются повышенные концентрации платины, палладия, родия. Золото преимущественно находится в сульфидах. В пирите его концентрации колеблются от 2 до 18,7 г/т, в арсенопирите от 95 до 140 г/т. Реже встречается свободное золото размерами от 0,01 до 2 мм. Рудные зоны сопровождаются березитами, фельдшпатолитами и комплексными геохимическими аномалиями Au, As, Sb, Pb, Zn, Cu. В пирите I генерации, имеющем фрамбоидальную микроструктуру, величина  $\delta^{34}\text{S}$  варьирует от +12,13 до +12,21‰. Вероятно, увеличение в составе серы концентраций тяжёлого изотопа происходило за счёт сульфатов морской воды. В метаморфогенном пирите 3 генерации  $\delta^{34}\text{S}$  соотношение составляет 18,17‰, что, вероятно, связано с заимствованием тяжёлого изотопа серы из подстилающих пород. Аналогичное золото-черносланцевое оруденение развито в прогнозируемых Сокпанды-Чичкетерекском, Устюбино-Каянчинском рудных узлах и Учекском рудном поле.

В Баранчинском и Топольнинском рудных полях распространено *золото-черносланцевое оруденение*, локализованное в сланцево-алевролитовых разрезах (С<sub>орг</sub> от 0,5 до 3%) нижнего девона. В Топольнинском рудном поле вдоль Караминского разлома прослеживается золоторудная зона минерализации шириной от 70 до 110 м и протяжённостью более 900 м., представленная интенсивно пропилитизированными, лиственилизированными, в меньшей степени березитизированными породами, инъецированными дайками долеритовых, диоритовых порфиритов, гранодиоритовых, гранитовых порфиров. В контактах даек проявлены скарноиды гранат-эпидотового, везувиан-эпидотового, эпидотового составов в виде линзочек и прожилков мощностью 0,5 – 1,5 см. В зоне минерализации выделены 5 рудных тел с мощностями от 0,9 до 16,3 м и протяжённостями по простиранию от 62 до 300 м., по падению более 50 м. Как правило, они локализируются в контактах даек долеритов и диоритов. Прожилково-вкрапленное оруденение в рудных телах выражено в виде прожилков, гнёзд, линзочек кварц-карбонатного состава, реже жил кварца мощностью до 10 см. Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, реже пирротинном, халькозином, галенитом, тетрадимитом, висмутином. Выделяются 2 разновидности арсенопирита: зернистая и игольчатая. Сульфиды встречаются как в прожилках кварца, так и в лиственитах кальцит-серичитового состава. Концентрации сульфидов варьируют от 0,5 до 2%. Свободное золото тонкое (0,001-0,005 мм), редкие зёрна достигают размера 0,3×0,5 мм. Формы выделений: октаэдрические кристаллы и их сростки, крючковатые, комковидные, пластинчатые, дендритовые. Проба золота 890-980‰. Элементы-примеси представлены (%): серебром (1,91-2,11), медью (0,01-0,02), висмутом (0,02-0,04). Концентрации золота в рудах колеблются от 0,2 до 120 г/т. Средние содержания золота в рудных телах от 1 до 7,25 г/т. Связанное золото присутствует в сульфидах и тетрадимите.

Единичные определения соотношений изотопов серы в сульфидах Топольнинского рудного поля дают незначительные отклонения от метеоритного стандарта. Для золото-медно-скарнового месторождения Баяниха в пирите II генерации  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) составляет +3,6, в борните от +2,7 до +3,1. Гидротермальный пирит четвёртой генерации в прожилково-вкрапленных гидротермально-метасоматических рудах золото-черносланцевого месторождения Лог № 26 имеет более низкие концентрации тяжёлого изотопа серы и  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) колеблются от -1,2 до -2,2. Такие характеристики соотношений изотопов серы позволяют предположить её мантийный источник, характерный для неконтаминированных магм [3]. Этот пирит резко отличается по содержанию тяжёлого изотопа серы от ранних генераций (I-III), имеющих высокие положительные значения этого показателя ( $\delta^{34}\text{S}$  от +8,79 до +13,46‰). Для него характерны и самые высокие значения термо-электродвижущей силы (+190)-(+200) мВ/град, что весьма близко величинам, полученным нами для аналогичного пирита в районе Куячёнка [1]. Пирит этой генерации содержит наиболее высокие концентрации золота (2-3 г/т), приуроченного к микродислокациям внешних зон кристаллов, где обнаруживаются также повышенные концентрации и мышьяка.

Температуры гомогенизации первичных газовой-жидких включений кварца продуктивной ассоциации мышьяковистого пирита, арсенопирита и золота составляют 290-310°C, что несколько ниже температуры предшествующего метаморфогенного этапа минерализации (340-350°C). При этом в метаморфогенном этапе кристаллизация доминирующей гексагональной фазы пирротина происходила при значительно более низкой активности серы. В продуктивном же гидротермально-метасоматическом этапе кристаллизация мышьяковистого пирита и арсенопирита протекала при значительном увеличении активности сульфидной серы (рис. 2).



**Рис. 2. Диаграмма  $\log a_{S_2}$  – температура для руд метаморфогенного и гидротермально-метасоматического этапов месторождения Лог №26 (по Barton, Skinner, 1979).**

Этапы минерализации показаны областями жирных точек на диаграмме: М-метаморфогенный, Г-М-гидротермально-метасоматический;  $\log a_{S_2}$  – логарифм активности сульфидной серы; Aknt – акантит, Asp – арсенопирит, Bn – борнит, Cp – халькопирит, Hem – гематит, L – раствор, Loll – лёллингит, Mgt – магнетит, Po – пирротин, Po<sub>мон</sub> – пирротин моноклинный, Po<sub>hex</sub> – пирротин гексагональный.

Таким образом, сравнение данных по изотопии серы в сульфидах золото-черносланцевого оруденения показывает, что соотношение изотопов серы в девонских рудоносных формациях значительно ниже, чем в рифей-кембрийских.

Золото-черносланцевое оруденение в породах барагашской и камышенской свит (D<sub>1</sub>) распространено и в других участках Ануйско-Чуйского прогиба (Куяченок, верховья Песчаной, водораздел Быстрой-Дрезговитой). Возможно золото-черносланцевое оруденение может быть выявлено в терригенных разрезах чинетинской, полатинской, чесноковской свит (S<sub>1</sub>) в Чарышско-Чуйской зоне и в Чергинском блоке Бийско-Катунской зоны. В серо-и черносланцево-алевролитовых разрезах этих свит в районе прогнозируемого Водораздельного рудного поля отмечены зоны дислокаций, сопровождаемые кварцевыми жилами и прожилками с сульфидами с содержаниями золота до 3 г/т. Зоны прожилково-вкрапленной минерализации сопровождаются в этих местах лиственитами кварц-кальцит-серицитового состава с тонкой вкрапленностью пирита. Местами к таким зонам приурочены «головы» золотоносных россыпей (р. Дрезговитая). Особенно перспективны на обнаружение золото-черносланцевого оруденения указанные разрезы там, где они инъецированы дайками пёстрого состава (долериты, диориты, тоналиты, плагиограниты).

На территории Республики Алтай золото-черносланцевое оруденение в рудоносной терригенно-сланцевой формации нижнего девона и силура пока не выявлено, хотя предпосылки его обнаружения имеются (слабо изученный южный фланг Ануйско-Чуйского прогиба). Помимо перспективного рудомещающего металлотекта эти районы характеризуются наличием дайковых роёв и интрузий гранитоидного состава, приуроченных к крупным дизъюнктивам.

#### Литература

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. Томск, изд-во СТУ, 2003, 308 с.
2. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. New York, 1979, p.278-403.
3. Ohmoto H., Rye R.O. Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes H.L. (ed) // *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. John Wiley, Sons, New York, 1979, p.509-567.