

УДК УДК 552.11:553.3/4

**ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРРИГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ  
УБИНСКОЙ СВИТЫ ПРИГРАНИЧНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ  
АЛТАЙ И КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
НА ЗОЛОТО-ЧЕРНОСЛАНЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ**

**Гусев А.И.**

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,  
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по литологическому составу убинской свиты раннего кембрия в пограничных зонах Кемеровской области и Республики Алтай. Золото-черносланцевое оруденение тяготеет к локальным палеовпадинам, фиксируемым проявлением эффузивных и силовых образований базальтоидной магмы, повышенными карбонатностью и сульфидизацией разреза. Оруденение сопровождается дайковыми образованиями долеритов, спессартитов, диоритов, гранит-порфиров шохонитовой серии. Наиболее благоприятными являются разрезы толщи с пирротинном моноклинной фазы.

**Ключевые слова:** убинская свита раннего кембрия, литология, золото-черносланцевое оруденение, пирит, арсенопирит, пирротин, активность серы, температура кристаллизации.

**PERSPECTIVES OF TERRIGENOUS FORMATIONS UBINSKAJA SUITE  
NEAR BORDER AREAS REPUBLIC ALTAI  
AND KEMEROVSKAJ REGION  
ON THE GOLD BLACK SHALE ORE MINERALIZATION**

**Gusev A.I.**

*The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail. Ru*

Data on lithologic composition Ubinskaja suite of early Cambrian in the near border zones of Kemerovskaja region and Republic Altai lead. Gold black shale ore mineralization weigh to local paleodeeps, fixing by manifestations volcanic and sills of basalts, high carbonic, sulfidizing section. Ore mineralization accompanied dikes of dolerites, spessartites, diorites and granite-porphyrtes of shoshonitic series. Sections of Ubinskaja suite with monoclinic pyrrhotite phase appear more favourable for gold mineralization.

**Keywords:** Ubinskaja suite of early Cambrian, lithology, gold black shale ore mineralization, pyrite, arsenopyrite, pyrrhotite, activity of sulfur, temperature of crystallization

Углеродистые терригенные толщи являются важнейшими металлотектами, вмещающим золото-черносланцевое оруденение [1, 3]. Однако, наибольшими перспективами обладают такие черносланцевые толщи, где наблюдается переход от низкотемпературной гексагональной к высокотемпературной моноклинной фазе пирротина [4]. Цель настоящего исследования – выявление перспектив терригенных разрезов убинской свиты на золото-черносланцевое оруденение в пограничных районах Республики Алтай и Кемеровской области.

**Результаты исследований.** Черносланцевая убинская свита широко распространена в пограничных участках указанных субъектов Российской Федерации, отвечающих переходу от Горной Шории к Горному Алтаю. Наибольшее распространение убинского металлотекта отмечается в районе рек Кубани, Мунжи в Кемеровской области и в районах рек Малой Иши и её притоков (Карым, Кара-Торбок и др.).

Потенциальное Кубанское рудное поле расположено в среднем течении р. Кубань (левый приток р. Мунжи). Рудолокализирующий металлотект представлен существенно углисто-глинисто-сланцевыми образованиями убинской свиты.

Для всех разновидностей пород убинской свиты характерно высокое соотношение  $FeO:Fe_2O_3$ , подтверждающее восстановленный характер среды осадконакопления. По петрохимическим соотношениям А-S-C с параметрами:

$$\begin{aligned} A &= Al_2O_3 - (CaO + Na_2O + K_2O), \\ S &= SiO_2 - (Al_2O_3 + Fe_2O_3 + MgO + CaO), \\ C &= CaO + MgO \end{aligned}$$

породы убинской свиты Горного Алтая и Горной Шории попадают в поля карбонатно-углеродистой и терригенно-углеродистой формаций натровой щёлочности. Зоны сульфидной минерализации в черносланцевых разрезах убинской свиты со-

вмещают в себе полигенные образования: более ранние сульфидные гидротермально-осадочные и эксгальционно-осадочные, метаморфогенные и наложенные гидротермальные минеральные ассоциации. Последние локализованы в зоне трещиноватости субширотной ориентировки, субсогласной с напластованием пород и приурочены к ядру запрокинутой антиклинальной складки 3 порядка. В зоне отмечаются: послойные выделения пирита мощностью от 1 до 10 мм, прослой углеродистых чёрных сланцев, карбонатов (доломит, сидерит) мощностью 5-20 см, а также сидерит-пиритовые конкреции размерами до 5x10 см. В конкрециях отмечаются пирит и пирротин.

Местами слоистые руды образуют своеобразный «рудный флиш». В целом для участка с зоной сульфидизации на проявлениях Кубань, Карым реставрируются локальные палеовпадины, фиксируемые появлением маломощных лав и силлов долеритов, резким увеличением мощности чёрных углистых сланцев, прослоев карбонатного состава, обилием сульфидной минерализации. По разрезу устанавливается, что разгрузка эксгальционных растворов-рассолов происходила в непосредственной близости от локальной палеовпадины.

Кубанское проявление представлено зоной сульфидизации мощностью около 25,0 м, и протяжённостью более 0,5 км, в которой проявлены флюидизиты кварц-карбонат-графитового состава в виде прожилков мощностью от 1 до 5 см, сопровождаемые сульфидной минерализацией. Сами рудовмещающие углистые сланцы содержат «мучнистый» пирит 1 генерации, развитый по плоскостям сланцеватости. Нередко пирит образует сегрегационные скопления, которые постепенно переходят в линзочки и слойки. Реже отмечаются линзочки и прослой сланцев, обогащённых коллофаном. В зоне также проявлена 2-я генерация пирита (комбинация куба и октаэдра, куба и пентагон-додекаэдра), образующая вкрапленность, линзочки и прослой мощностью до 0,1-0,5 см. Комбинированные формы пирита ассоциируют с марказитом, футлярообразным колломорфным пиритом и длиннопризматическим и игольчатым арсенопиритом в сланцах и алевросланцах. В этой же ассоциации отмечается магнетит. Гидротермальная минерализация представлена прожилками кварца, кварц-карбонатного состава с вкрапленностью пирита третьей генерации, реже пирротина, халькопирита. Зона сопровождается роями

даек габброидов, спессартитов, диоритов и малыми телами такого же состава, близкими по составу к шошонитовой серии.

Визуально различимы 3 генерации пирита, арсенопирит, реже пирротин, халькопирит, сфалерит. Изредка отмечаются тонкие прожилки цеолита, образующего мелкие призматические прозрачные кристаллики длиной до 1 мм. Мощность таких прожилков 1-2 мм. По результатам минералогического анализа проб – протолок пирит представлен мышьяковистой разновидью. Местами отмечается и тонкоигольчатый арсенопирит. Содержание сульфидов варьирует от 5 до 20%, иногда достигая 30%.

Наличие мышьяковистого пирита и арсенопирита, а также специфических метасоматитов в виде прожилков мощностью 0,5-5 см (кварц-карбонат-углистых, кварц-антраксолитовых с сульфидами) указывает на возможность присутствия в зоне «упорного» золота, сосредоточенного в пирите и арсенопирите, а также сростков золота с мышьяковистым пиритом. Спектрохимическим анализом содержания золота в опробованной части зоны составляют от следов до 3,5 г/т. В хвостах бороздовых проб обнаружено золото от пылевидных выделений до 0,3 мм. В арсенопирите концентрации золота варьируют от 95 до 140 г/т. В пробе-протололке из лимонитов «железной шляпы» определены 11 знаков золота.

Чаще всего слоистые сульфидные руды в убинской свите локализуются в чёрных глинистых сланцах с содержаниями  $C_{орг}$  от 0,5 до 5%, (среднее 2%), реже – выше 5%. Концентрации сульфидной серы в сланцах за пределами зон сульфидизации варьируют от 0,05 до 0,5% (среднее 0,08%). Сульфиды в зонах золото-сульфидного типа представлены пиритом нескольких генераций, пирротином, реже – сфалеритом, халькопиритом, ильменитом, спорадически арсенопиритом. Они ассоциируют с кварцем, доломитом, анкеритом, реже – афросидеритом состава  $(Fe_{2,4}Mg_{1,7})_{4,1}(Al_{1,6}Fe_{0,62}Ti_{0,18})_{2,48}Al_{1,2}Si_{3,53}O_{9,46}(OH)_{8,85}$ . Слоистые руды образуют тонкополосчатый «рудный флиш» с чередующимися прослоями сульфидов мощностью от 1 до 15 мм, силицилитов (0,5-1 см мощностью), углистых сланцев (0,5-2 см). Иногда они смяты в мелкие складочки с амплитудой от 1 до 5 см. Нередко прослой сульфидов переходят в тонко-вкрапленные директивные образования моно- и дисульфидов железа среди углисто-глинистых сланцев. Местами отмечаются линзочки «мучнистого» пи-

рита длиной от 3 до 11 см и мощностью от 0,5 до 3 см. с вкрапленностью ильменита. В составе убинской свиты слоистые и линзовидно-вкрапленные сульфидные руды распространены на двух уровнях: нижнем (среди алевролитов и чёрных сланцев, р. Мунжа) и верхнем (среди хлорит-серицитовых сланцев с углистым материалом, р. Коура). В первом случае сульфидные руды локализуются в горизонте радиоляритов с углистым материалом мощностью 5-10 м, во втором – тесно ассоциируют с силицилитами тонкомозаичного сложения. Слоистые руды характеризуются повышенными содержаниями Cu (0.05–0.6%), Zn (0.03-0.9%), аномальными концентрациями Pb, W, Mo, V, Pb, Ag, Pt, Pd, Rh, Au. Содержания последнего варьируют от 0,05 до 3,5 г/т.

Микроскопическое и физико-химическое изучение сульфидов в рудах показало, что доминирующий пирит в слоистых рудах рек Кубани, Мунжи, Ушпы, Крыма, Кара-Торбока представлен несколькими генерациями. Наиболее ранняя из них образована фрамбоидальным пиритом. Индивидуальные фрамбоиды имеют размеры 10-30 микрон. Чаще встречаются кластер-фрамбоидальные скопления шарообразной формы размерами 120-180 микрон. В центре индивидов фрамбоидов различимы мелкие кристаллики правильной кубической формы, погружённые в гель-пирит. Периферия фрамбоидов опоясана тонкой каёмкой гель-пирита в смеси с органическим веществом. Микроструктура фрамбоидов относится к низкопорядоченному композиционному типу с неравномерными глобулитами. На периферии линзочек “мучнистого” пирита отмечаются фрамбоиды размерами 20-30 микрон с высокопорядоченным композиционным типом. Во всех случаях фрамбоидальный пирит имеет недостаток серы относительно стехиометрии соотношений Fe и S в его формуле (табл. 1). Он также характеризуется самыми низкими значениями ТЭДС. 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.

Последующие генерации пирита образовались в результате метаморфических процессов. Пирит II формирует метакристаллы сложных форм (комбинации кубического и октаэдрического габитусов) размером 0,3-5мм. Иногда в крупных метакристаллах отмечаются ядра, сложенные

фрамбоидальным дисульфидом железа. В отличие от первой генерации в нём наблюдается избыток серы относительно стехиометрической формулы и уменьшение концентраций тяжёлого изотопа серы и содержания золота от 0,2 до 1,2 г/т (на разных участках величины разные, но однонаправлены). Скорее всего кинетика изменений изотопных отношений с деплетированием второй генерации тяжёлой серой вызвана эффектом Сорэ в результате повышения температуры в процессе метаморфических преобразований [6]. Такое фракционирование изотопов серы сопровождается параллельным снижением концентраций золота в пирите II, увеличением его плотности и ТЭДС.

Аналогичный характер изменений концентраций тяжёлого изотопа серы и золота наблюдается в процессе десульфуризации фрамбоидального пирита и превращении его в пирротин. Повсеместно в зёрнах пирротина и по его периферии отмечаются мелкие включения ильменита и рутила, образующиеся в результате высвобождения титана и пирита I генерации. По р. Мунжа и Кубань состав пирротина близок к смайтиту ( $\text{Fe}_9\text{S}_{11}$ ). В ходе метаморфизма пирит-обогащённых сланцев алевросланцев и алевролитов, помимо превращения пирита в гексагональный пирротин, в метаморфических флюидах образуется избыток серы [7]. Местами в ассоциации с пирротинотом отмечаются тонкие выделения халькопирита, который, вероятно, обязан превращению пирита с высоким содержанием меди в моносульфид железа. Этот процесс протекает в закрытой системе, где эволюционирующие флюиды равновесны с породой (эффект группового улетучивания изотопов). Магнитуда эффекта варьирует в прямой зависимости от количества летучих в соответствии с масс-балансовыми взаимоотношениями [8]. Эта величина варьирует от 1.02 до 1.49‰ и сопровождается снижением концентраций золота от 1,1 до 1,9 г/т.

Пирит III имеет максимальный дефицит железа в формуле, высокие значения ТЭДС, плотности минерала и концентрации золота. Обращают на себя внимание очень высокие концентрации золота в пирите III генерации участка Кубань, в несколько раз превышающие количества металла на других участках.

По соотношениям  $T\text{-log}S_2$  в гидротермальном этапе наблюдается значительно более высокая активность серы во флюидах на участке Кубань (рисунок).

Некоторые физические и химические характеристики сульфидов золото-сульфидного оруденения участка в терригенных толщах Горной Шории и Горного Алтая

Объекты и свойства сульфидов	Пирит I	Пирит II	Пирит III	Пирротин
Кубань (С <sub>1</sub> )	FeS <sub>1,98</sub>	FeS <sub>2,12</sub>	FeS <sub>2,20</sub>	Fe <sub>9</sub> S <sub>10</sub> -Fe <sub>13</sub> S <sub>14</sub>
ТЭДС, мВ/град	(-18)-(+77)	(+150)-(+155)	(+190)-(+202)	(+8,3)-(+9,5)
Тип проводимости	n-p	n	p	-
Плотность, г/см <sup>3</sup>	5,05	5,13	5,15	4,62-4,64
δ <sup>34</sup> S, ‰	+2.17	+1.45	+4.17	+10.23
Au, г/т	2,8	2,3	18,7	2,5
Карым (С <sub>1</sub> )	FeS <sub>1,97</sub>	FeS <sub>2,11</sub>	FeS <sub>2,21</sub>	Fe <sub>9</sub> S <sub>11</sub> -Fe <sub>12</sub> S <sub>13</sub>
ТЭДС, мВ/град	(-10)-(+84)	(+148)-(+153)	(+188)-(+200)	(+8,2)-(+9,3)
Тип проводимости	n-p	n	p	-
δ <sup>34</sup> S, ‰	+2.15	+1.47	+4.18	+10.22
Au, г/т	2,5	2,2	17,7	2,4

Примечание. Анализы выполнены в лабораториях Ростовского госуниверситета, ИМГРЭ (г. Москва).

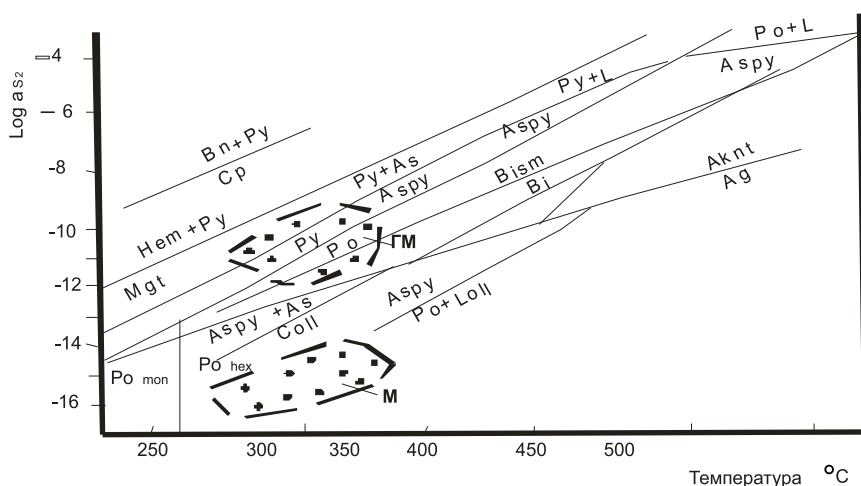


Диаграмма  $\log a_{S_2}$  – температура [5] для руд метаморфоногенного и гидротермально-метасоматического этапов участка Кубань.

Этапы минерализации показаны областями жирных точек на диаграмме: М – метаморфоногенный; ГМ – 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

Важное поисковое значение приобретает выяснение в рудном поле в составе убинской свиты положения разрезов с высокотемпературной фазой моноклинного пирротина, фиксирующего границу пирит-пирротинового перехода в процессе прогрессивного метаморфизма толщи. Такая граница была установлена на золото-черносланцевом месторождении Мурунтау в Кызыл-Кумах [4]. Установлено,

что максимальное развитие золото-сульфидно-кварцевого оруденения в черносланцевых разрезах бесапанской свиты на месторождении Мурунтау находится выше границы пирит-пирротинового перехода. Моноклинный ферромагнитный пирротин создаёт площадные магнитные аномалии, интенсивность которых указывает на положение указанного перехода. Эффект перехода пирита в пирротин происходит



с выделением серы и углерода по реакции  $2\text{FeS}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{C} = 2\text{FeS} + 2\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$ . Высвобождаемый в результате реакции синметаморфогенный флюид обогащается смесью летучих компонентов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), которые поднимаются вверх. Таким образом, выше пирит-пирротинового перехода создаётся геохимический барьер для последующих гидротермальных растворов, где и происходит формирование наиболее богатого золотого оруденения.

Такой переход обнаружен нами в районе распространения терригенных образований убинской свиты самых её верхов по притокам р. Малая Иша (Карым, Кара-Торбок, Токшуюк и другим). В этом районе обнаружены такие же слоистые образования в виде «рудного флиша» с наложенными на них гидротермальными кварцево-сульфидными агрегатами с золотом. Здесь выделяется несколько перспективных участков на золото-черносланцевое оруденение. Наиболее перспективным является *Потенциальное Карымское рудное поле*, приуроченное к терригенным образованиям убинской ( $\text{C}_1$ ) и кубойской ( $\text{D}_1$ ) свит, осложнённым субмеридиональными и северо-восточными разломами. В рудном поле фиксируются площадные аномалии в коренных породах и линейные потоки золота в рыхлых отложениях, а также проявление Карым. Повышенная золотоносность приурочена к груботерригенным пачкам убинской и кубойской свит. В неизменённых породах содержания золота достигают 0,03 г/т. В окварцованных алевролитах содержание золота составляет 0,7-2,1 г/т. Близкие физические и химические параметры сульфидов к таковым Кубанского проявления имеют и сульфиды проявления Карым (таблица).

Юго-западнее проявления Карым в коре выветривания терригенных образований убинской свиты локализуется проявление Токшуюк, расположенное в верховьях одноименного ручья (правый приток р. Малая Иша). По потоку рассеяния здесь установлено содержание золота 3г/т (спекторохимическим методом) и 1,6 г/т пробирным анализом. В коре выветривания в песчанистом прослое мощностью 5-16 см, обогащённом лимонитизированным пиритом, золото установлено в 4 пробах в количествах от 0,01 до 01 г/т. Вблизи проявления выявлены шлиховые потоки и площадные ореолы золота в коренных породах, приуроченных к зонам влияния Малошинского и Каракольского разломов.

Многие участки развития сульфидизации и окварцевания в углеродисто-терригенных

пачках убинской свиты не опробованы и не анализировались на золото. Так в правом борту р.Учек карьером вскрыт черносланцевый разрез убинской свиты, пронизанный дайками долеритов, лампрофиров редко гранит-порфиов, сопровождающиеся зонами окварцевания и сульфидизации мощностью до 10 м. Аналогичные зоны сульфидизации и окварцевания отмечены в верховьях р. Карым и вблизи одноименного перевала.

**Интерпретация результатов.** Приведенные материалы показывают, что золото-черносланцевое оруденение на юге Кемеровской области и в северной части Республики Алтай в составе убинской свиты имеет специфические черты локализации. Как правило, оно приурочено к локальным палеовпадинам, с повышенной карбонатностью, углеродистостью и сульфидизацией разреза. Местами отмечаются туфы и маломощные лавы и силы базальтоидов. Они сопровождаются дайковыми образованиями, включающими долериты, спессартиты, диориты, редко гранит-порфиры, шошонитовой серии, как это имеет место на гигантском золото-черносланцевом месторождении Мурунтау [2]. Наиболее благоприятными для локализации золото-черносланцевого оруденения являются разрезы убинской свиты с высокотемпературной моноклинной фазой пирротина.

#### Выводы

Наиболее перспективными металлотекстами для локализации золото-черносланцевого оруденения являются разрезы с повышенной карбонатностью, сульфидизацией, маркирующие локальные палеовпадины.

Такие участки сопровождаются дайковой серией долеритов, спессартитов, гранит-порфиов шошонитовой серии.

#### Список литературы

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск, Изд-во СТТ, 2003. – 308 с.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Флюидный режим и петрология шошонитовых гранитоидов супергигантского золоторудного месторождения Мурунтау // *Фундаментальные исследования*, 2012, № 6 (часть 1). – С. 13-18.
3. Гусев А.И. Литологические факторы контроля золото-черносланцевого оруденения // *Фундаментальные исследования*, 2012. – № 11 (часть 1). – С. 70-74.
4. Кременецкий А.А., Лапидус А.В., Скрябин В.Ю. Геолого-геохимические методы глубинного прогноза полезных ископаемых. – М. – Наука. – 1990. – 223 с.
5. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. – New York. – 1979. – P.278-403.
6. Ohmoto H. Isotopes of sulfur and carbon // *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. – John Willy, Sons. – New York. – 1979. – P.509-567.
7. Poulsen S.R., Ohmoto H. Devolatilization equilibria in graphite-pyrite-pyrrhotite bearing pelites with application to magma-pelite interaction // *Contrib. Miner. Petrol.* – 1989. – V. 101. – P. 418-425.
8. Valey J.M. Stable isotope geochemistry of metamorphic rocks // *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes*. – Rev. Miner. – 1986. – V.16. – P.445-489.