

УДК 552.11:553.078(571.151)

**ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ  
ТОШАНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ ГОРНОГО АЛТАЯ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бииск,  
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по составу жильного основного золото-сульфидно-кварцевого оруденения Тошанского рудного поля Горного Алтая. Оруденение тесно пространственно и парагенетически связано с дайками долерит-лампрофирового терехтинского комплекса поздней перми - раннего триаса. Оруденение формировалось в 4 стадии. Продуктивный агрегат кварца 3, арсенопирита 2 тонкоигльчатого, халькопирита, золота кристаллизовался при температурах 240-250 °С и самой высокой активности серы во флюидах.  $\delta^{34}\text{S}$  в пиритах разных генераций варьируют от 0,5 до 0,9 ‰, указывающие на мантийный не контаминированный источник серы. В рудном поле описаны новые типы оруденения: золото-ртутное в карбонатных породах и приведены данные о возможности нахождения и золото-черносланцевого оруденения в высокоуглеродистых толщах ташантинской свиты среднего девона.

**Ключевые слова:** жилы, руды, золото, арсенопирит, пирит, халькопирит, галенит, температура кристаллизации, пробыность золота, изотопы серы, свинца, золото-ртутный тип, золото-черносланцевый тип.

**GOLD-SULFIDE-QUARTZ ORE MINERALIZATION  
OF TOSHANSKOJE DISTRICT OF MOUNTAIN ALTAI****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data on composition of lode basic gold-sulfide-quartz ore mineralization of Toshanskoje district of Mountain Altai lead. Ore mineralization related narrow and paragenetic with dikes of dolerite-lamprophyre Terekhinslii complex Lower Permian-Early Trias. Ore mineralization formed in 4 stages. Productive aggregate of quartz 3, arsenopyrite slim aciculate, chalcopyrite, native gold crystallized at temperature 240-250 °C and more high activity sulfur in the fluids.  $\delta^{34}\text{S}$  in pyrites all generation vary from 0,5 to 0,9 ‰, showing on mantle marks of not contamination of spring sulfur. New types ore mineralization: gold-mercury in carbonate rocks and data about possible finding gold-black shale in high carbonic measures Tashantinskaja formation Middle Devonian lead.

**Keywords:** lodes, ores, gold, arsenopyrite, pyrite, chalcopyrite, galenite, temperature of crystallization, fineness of gold, isotopes of sulfur, lead, gold-mercury type, gold-black shale type.

**Введение**

Жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения имеет большую практическую значимость и может давать крупные золоторудные объекты: Колар в Индии, Калгурли в Австралии [8], Зун-Холбинское (Саяны) [1] и другие. Жильный тип золото-сульфидно-кварцевого оруденения распространён в Горном Алтае в пределах Бирюлинского рудного поля, Атуркольского и Башелакского рудного узлов [2-4], возраст которых принят девонским. Золотое оруденение Тошанского рудного поля изучено слабо, хотя тесная связь долерит-лампрофировых даек терехтинского комплекса и жильных золоторудных объектов указывает на значительно более молодой триасовый возраст оруденения и возможность выявления и новых других типов оруденения, кроме известного жильного.

**Результаты исследований**

Тошанское серебро-золоторудное поле приурочено к южному блоку крупного Курайского разлома. Рудовмещающие породы

– карбонатно-терригенные образования ташантинской свиты ( $D_2$ ), смятые в асимметричные складки северо-западного направления и прорванные роями даек долерит-лампрофирового терехтинского комплекса ( $P_2-T_1$ ). Длина даек колеблется от 100 до 500 м. при мощности от 0,4 до 20 м. В пределах рудного поля известны: мелкое Тошанское месторождение (Западный и Восточный участки), а также проявления Тожом, Сарыоюк, Южное.

Соотношения изотопов свинца в дайке спессартитов месторождения Тошан составляют:  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 18,02$ ;  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 15,43$ ;  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 37,84$ .

На диаграмме соотношений изотопов свинца  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  в спессартитах Тошанского месторождения фигуративная точка тяготеет к границе мантийного источника (рис. 1).

Проявления рудного поля располагаются в пределах Узоноюкской синклинали, южное крыло которой характеризуется пологими (5-30°), а северное более крутыми (40-60°) углами падения. В Тошанском руд-

ном поле выявлено две крупные рудоносные зоны - Южная и Северная. Южная зона, приуроченная к горизонту песчаников и прослеженная с помощью канав на 4 км по простиранию, вмещает Тошанское месторождение и Тожомское проявление.

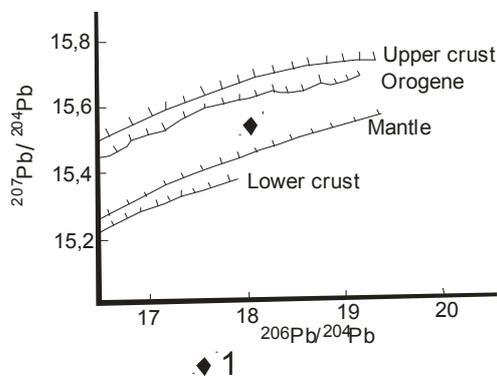


Рис. 1. Свинцовая изотопная эволюция для нижней и верхней коры, мантии и орогена для отношений  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  в спессартитах Тошанского месторождения. Границы источников: Upper crust – верхней коры, Lower crust – нижней коры, Orogene – орогена, Mantle – мантии по [10]. 1 – спессартиты Тошанского месторождения

По аномальному магнитному полю на глубине 400 м предполагается интрузивный массив. В пользу этого предположения могут свидетельствовать площадные изменения пород: окварцевание, альбитизация и серицитизация, которые можно рассматривать как слабое ороговикование. Изменения пород подчеркиваются изометричными и вытянутыми в широтном направлении первичными геохимическими ореолами молибдена, вольфрама, золота, сурьмы, серебра, мышьяка, свинца и цинка

На участках Западный и Восточный Тошан вскрыто 23 жильных золотосодержащих тела кварц-арсенопирит-скородитового состава, имеющие северо-западное простирание и крутое (60-80°) северо-восточное, реже юго-западное падение. Большая часть жил локализована в верхней части горизонта «рудоносных» песчаников, где отмечается экранирование их черными слоистыми глинисто-углеродистыми алевролитами. Протяженность рудных жил колеблется от 50 до 206 м, мощность от 0,1 до 2,25 м, в среднем составляет 0,84 м. Морфология жил сложная, они извилистые по простиранию с раздувами, пережимами и апофизами, короткие, быстро выклинивающиеся по падению. Жилы выполняют систему тре-

щин отрыва в пачке песчаников и пространственно ассоциируют с дайками долеритов терехтинского комплекса.

Жилы выполняют трещины отрыва и скола в песчаниках, изредка пересекающие и дайки. Жилы выполнены, преимущественно, кварцем 1 генерации, гетерогранобластовым с редкой вкрапленностью пирита 1. В зальбандах жил отмечается сидерит, альбит, серицит и хлорит. Иногда в контактах прожилков кварца 1 отмечаются гнёзда мусковита. Основная масса рудных минералов – скородита, арсенопирита 1 генерации крупнокристаллического, пирита 2 генерации, марказита, пирротина, магнетита, ассоциирует с кварцем 2 генерации стебельчатой и мозаичной микроstructures. Кварц 3 генерации образует тонкие прожилки и линзочки тонкозернистой микроstructures и с ним связаны арсенопирит тонкоигльчатый 2 генерации в ассоциации с аргентитом, галенитом, халькопиритом, реже – сфалеритом, борнитом, золотом и самородным серебром. Кварц 4 имеет колломорфно-зональное строение. Местами в ассоциации с последним отмечаются барит, анкерит и самородное серебро.

Арсенопирит крупнокристаллический 1 генерации встречается самостоятельно, а также отмечен в скородите в виде реликтовых зёрен. Золото находится в парагенезисе с аргентитом и самородным серебром, ассоциирующим с кварцем 3 генерации. Это и есть основной продуктивный на золото агрегат на месторождении Тошан. Размеры золотинок 0,008-0,05 мм. Оно также присутствует в арсенопирите крупнокристаллическом (от 10 до 80 г/т) и тонкоигльчатом (120-180 г/т). Пробность золотинок варьирует от 910 до 967 %. Основные элементы примеси в золоте – серебро, медь, железо, теллур.

Температура гомогенизации газожидких включений в кварце 2 составляет 295-305 °С, а кварца 3 генерации продуктивного парагенезиса – 240-250 °С.

На диаграмме  $T - \log a_{\text{S}_2}$  отчетливо видно, что в процессе формирования оруденения от стадии 2 с арсенопиритом крупнокристаллическим, пиритом, пирротинном, магнетитом активность серы была значительно ниже, чем при кристаллизации продуктивного парагенезиса игльчатого арсенопирита, золота, висмутина (рис. 2). Более высокая активность серы во флюидах сопровождалась кристаллизацией сульфидов, насыщенных серой и отложением основной массы золота в рудах.

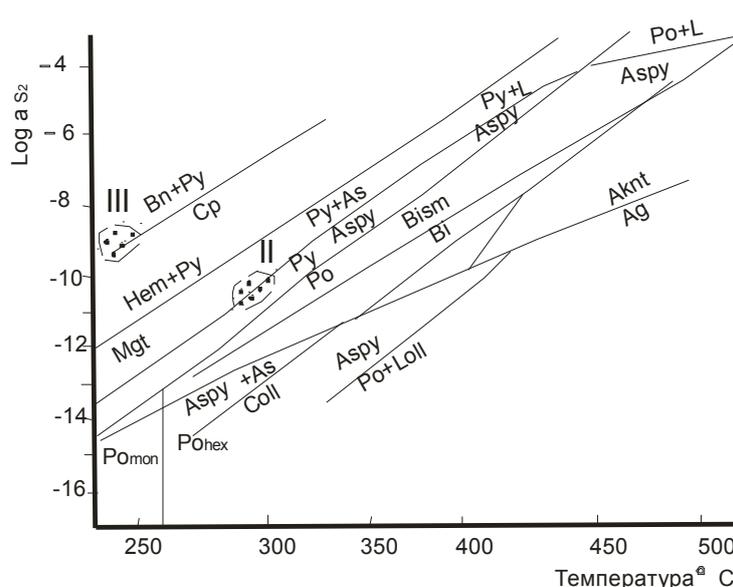


Рис. 2. Диаграмма  $a_{S_2}$  – температура по [7] для стадий Тошанского месторождения

*Py – пирит, Bn – борнит, Po – пирротин, Aspy – арсенопирит, Loll – лёллингит, Mgt – магнетит, Bism – висмутит, Hem – гематит, Po<sub>мон</sub> – пирротин моноклинный, Pohex – пирротин гексагональный, L – жидкость. Сгущением точек показаны поля соотношений активности серы и температур для разных стадий: II – кварц 2, арсенопирит 1 (крупнокристаллический), пирротин, пирит 2; III – кварц 3 генерации пирит 3, галенит, халькопирит, борнит, арсенопирит 2 (тонкокогальчатый), золото.*

Изотопные отношения серы в пиритах разных генераций руд месторождения дают узкий интервал значений ( $\delta^{34}S$  от 0,5 до 0,9 ‰), указывающий на мантийный не контактированный источник серы [9].

Руды Тошанского месторождения сложены арсенопирит – скородитовым агрегатом в виде вкрапленности и гнёзд. Содержания основного рудообразующего элемента, золота, варьируют (г/т) от 0,001 до 16,8 (среднее 2,45). Сопутствующий компонент, мышьяк, содержится в количествах (%) от 0,1 до 30,0 (среднее 10,0). В целом руды имеют халькофильную геохимическую специализацию. Пострудный агрегат представлен прожилками халцедона мощностью 0,5-1 см. и хлорита (1-3 мм).

Прогнозные ресурсы золота категории  $P_1$  для месторождения Тошан составляют 766 кг.

Рудные жилы сопровождаются кварц-серицитовыми березитами с тонкой вкрапленностью пирита, а на удалении от жил сменяются аргиллизитами альбит-серицитовыми с сидеритом. В составе первичных ореолов на месторождении присутствуют Au, As, Bi, Sb, Cu, Ba, F.

Следует указать, что Тошанское рудное поле перспективно не только на жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение, но

и на золото-сульфидное в углеродисто-терригенных толщах, перспективы которого предстоит оценить. Углеродисто-терригенные разрезы с подобными зонами минерализации распространены южнее Тошанского проявления.

Кроме того, западные части Тошанского рудного поля весьма перспективны на обнаружение золотого оруденения полихронного типа. Западные выклинки наложенного девонского прогиба могли выступать в качестве экрана для флюидов мезозойского возраста, формировавших жильный тип Тошанского эталона золота. А в случае наложения мезозойского золотого оруденения на золото-черносланцевые образования, локализованные в тыдтуярыкской свите, могли формироваться объекты полигенные и полихронные. Тектонические рудоподводящие структуры мезозойского этапа рассекают западные выклинки девонского прогиба и прослеживаются на восточном фланге Сокпанды-Чичкитерекского рудного узла.

Проявление Сарьююк расположено в верховьях одноименного ручья в 1300 м на северо-запад от проявления Западный Тошан.

Здесь среди гидротермально-измененных пород канавами вскрыта жильная зона субширотного простирания. Мощность

жильной зоны не менее 50 м, протяженность, установленная по элювиальным развалам, составляет не менее 150 м. В зоне залегает восемь кварцевых жил мощностью от 0.1 до 2.35 м, субширотного простирания и крутого (40-80°) юго-западного, реже северо-восточного падения.

Большая часть жил несет слабую скородитовую минерализацию, более интенсивную в зальбандовых частях жил. В элювиальных развалах встречаются фрагменты жил, обогащенных густой вкрапленностью, а иногда синими зернистыми массами арсенипирита. Спектральным анализом бороздовых проб из жил установлено содержание мышьяка – 0.07 %, свинца – 0.0005%, бария – 0.002%, меди – 0.004 %.

Содержание золота в жилах по результатам пробирного анализа достигает 2.1 г/т (одна проба), в большинстве проб составляет “следы” мышьяка – 0.02-0.58%, до 7.65 %. Максимальное содержание в жилах составляет 21.6 г/т, серебра – 6 г/т.

*Проявление Южное* расположено в среднем течении р. Тожом в тектоническом блоке мраморизованных известняков тыдтуярыкской свиты, ограниченном тектоническими нарушениями широтной и северо-западной ориентировки. Известняки прорваны дайкой долеритов северо-западного (300°) простирания, северо-восточного падения (45-50°) мощностью 1.2 м протяженностью 32 м.

В лежачем боку дайки канавой 59 вскрыт прожилок полуокисленного арсенипирита мощностью 0.15 м, содержащий золота – 2.7 г/т, мышьяка 1.53 %.

В окварцованных известняках, превращённых в джаспероиды, нами обнаружены участки с вкрапленностью пирита, марказита, арсенипирита, киновари, антимонита и редко-золота с содержаниями золота от 0,2 до 3,4 г/т, ртути – от 0,1 до 0,6 %. Пробность золотин в руде варьирует от 867 до 980 %. В золоте основную примесь составляют ртуть и серебро. Иногда содержания ртути достигают 1 %. Эти данные указывают на то, что проявление Южное следует относить к золото-ртутному типу.

В омарганцованных лимонитизированных известняках в зонах дробления содержания золота не превышают 0.3 г/т, мышьяке 0.2 %.

В Тошанском рудном поле прогнозируется жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения, связанный с разломами сдвиговой кинематики. Площадь рудно-

го поля 50 км<sup>2</sup>. При удельной продуктивности золота 2т/км<sup>2</sup> для жильного оруденения таксонов рудных полей и коэффициенте геологического подобия 0,6 прогнозные ресурсы золота категории P<sub>2</sub> составят:  $QP_2 = 50 \times 2 \times 0,6 = 60$  т.

Для Тошанского серебро-золоторудного узла за пределами Тошанского рудного поля прогнозируется жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения. Площадь рудного узла 600 км<sup>2</sup>. Удельная продуктивность для жильного типа 0,5 т/км<sup>2</sup>. При коэффициенте геологического подобия 0,6 прогнозные ресурсы золота категории P<sub>3</sub> составят:  $QP_3 = 600 \times 0,5 \times 0,6 = 180$  т.

### Интерпретация результатов

Таким образом, к настоящему времени в пределах Тошанского рудного поля выявлена группа золоторудных объектов жильного золото-сульфидно-кварцевого типа, каждый из которых не представляет промышленного значения. Однако, проведенные работы показывают, что признаки золото-рудной минерализации и сопровождающие её геохимические ореолы, распространены на гораздо большей площади, включающей западное обрамление Юстыдской структурно-формационной зоны.

Тошанское рудное поле относится к типу месторождений, залегающих в мощных терригенных толщах. Рудное поле характеризуется специфическими особенностями терригенных пород, выражающимися в высокой углеродистости отложений ташантинской свиты, двухритмовом строении пачек, фациальной латеральной изменчивости. Здесь развиты системы протяженных рудовмещающих зон трещиноватости, дайковый пояс долеритов, долеритовых порфиритов и лампрофиров теректинского комплекса, поля гидротермальных кварцевых жил. По соотношениям изотопов свинца в спессартитах Тошанского месторождения чётко устанавливается мантийная природа рудогенерирующего магматизма. Источник серы в пиритах месторождения также имеет мантийную природу.

Как известно, рудные поля в терригенных толщах характеризуются однотипной зональностью оруденения и одинаковой последовательностью формирования главных минеральных комплексов: допродуктивный - метасоматический кварц и железистый карбонат, ранний продуктивный - сульфидный (арсенипирит, пирит) с тонкозерни-

стым золотом; поздний продуктивный - со свободным золотом в сростании с кварцем и сульфидами свинца цинка, меди и других элементов. Допроductивный комплекс располагается на нижних уровнях гидротермальной колонны, а размещение последующих комплексов отвечает прямой зональности оруденения. Продуктивный интервал гидротермальной колонны может достигать нескольких километров. В Тошанском рудном поле присутствует большинство названных поисковых критериев и имеются признаки присутствия золоторудных кварцевых жил, с поисками которых связываются перспективы площади. Рекомендуется проведение специализированных на золото поисковых работ с целью выявления выходящих на поверхность и, главным образом, слепых кварцево-жильных рудных тел и выявления золото-черносланцевого оруденения. Проявление Южное, локализованное в известняках, имеет черты золото-ртутного типа [6].

#### Заключение

Таким образом, в Тошанском рудном поле основную роль играют жильные месторождения и проявления золото-сульфидно-кварцевого типа, контролируемые сбросо-сдвигами и имеющими парагенетическую связь с дайками долерит-лампрофирового теректинского комплекса. Формирование оруденения протекало в несколько стадий. Основной продуктивный агрегат на золото формировался при температурах 240-250 °С при значительно более высокой активности серы. Рудогенерирующий магматизм и источник серы сульфи-

дов месторождения Тошан имеет мантийный источник.

В южной части рудного поля прогнозируется площадь, перспективная на обнаружение золото-черносланцевого типа, более перспективного на выявление крупных объектов. Кроме того, на проявлении Южном обнаружено оруденение, сходное с золото-ртутным типом, развитым широко в Алтайском регионе [5, 6].

#### Список литературы

1. Гусев А.И., Гусев Е.А. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. – 2000. – №5. – С. 25-32.
2. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск: Изд-во STT, 2003. – 350 с.
3. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: Изд-во АГАО, 2010. – 385 с.
4. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
5. Гусев А.И., Белозерцев Н.В. Золото-ртутный тип оруденения в Сибирячихинском грабене (Горный Алтай) // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 2. – С. 7-10.
6. Гусев А.И. Типизация золото-ртутного оруденения Горного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С. 87-91.
7. Barton P.B., Skinner B.J. Sulfide mineral stabilities // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – New York. – 1979. – P.278-403.
8. Hodgson C.J. Mesothermal lode-gold deposits. – In: Kirkham R.V. (ed). // Mineral Deposit Modeling. – Ontario. – 1995. – P.635-678.
9. Ohmoto H., Rye R.O. Isotopes of sulfur and carbon // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. – John Wiley, Sons. – New York. – 1979. – P.509-567.
10. Zartman R.E., Haines S.M. The plumbotectonic model for Pb isotopic systematics among major terrestrial reservoirs – a case for bidirectional transport // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1988. – V. 52. – PP. 1327-1339.