

## СООТНОШЕНИЕ СУРЬМЯНОГО И ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В РУДНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

К.Р. Ковалев<sup>1</sup>, Ю.А. Калинин<sup>1,2</sup>, Е.А. Наумов<sup>1,2</sup>, М.К. Мягкая<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Котляго, 3, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

В Восточном Казахстане сурьмяная минерализация наиболее широко проявлена в Прииртышском и Бакырчикском рудных районах Западно-Калбинского золотоносного пояса. На ряде месторождений она пространственно совмещена с вкрапленными золото-сульфидными рудами, на других структурно и пространственно разобщена. Вкрапленное золото-сульфидное оруденение залегает в углеродисто-терригенно-карбонатных породах карбона, контролируется зонами динамометаморфизма и расщепления и характеризуется лентовидно-линзовидной морфологией рудных залежей. Более поздняя сурьмяная, преимущественно кварц-антимонитовая минерализация, формируется в условиях растяжения и представлена брекчиево-жилным типом руд. При совмещении с золото-сульфидными рудами сурьмяная минерализация проявлена более разнообразно. Так, в золото-сульфидных рудах Суздальского месторождения помимо гнездово-прожилковой кварц-карбонатно-антимонитовой минерализации встречаются микропарагенезисы с бертьеритом, самородной сурьмой, аурустибитом, ульманнитом, джемсонитом и тетраэдритом. Минералами-носителями сурьмы являются также арсенопирит и пирит. Здесь устанавливаются два температурных режима формирования минерализации — для золото-полисульфидной 418—300 °С и более поздней сурьмяной 280—200 °С. Изотопный состав серы антимонита на месторождениях Суздальское, Жерек, Жанан, Бакырчик и Дальний I имеет близкие значения в интервале  $\delta^{34}\text{S} = -3.8 \dots +2.5 \text{ ‰}$ , что позволяет предполагать ее глубинное происхождение. В антимоните кварц-антимонитовых жил видимое золото не обнаруживается, но, по данным атомно-абсорбционного анализа, золото присутствует в количестве первых и более грамм на тонну. Точечный рентгеноспектральный анализ указывает на возможность присутствия так называемого невидимого золота.

Микроструктурные наблюдения, временные соотношения минеральных парагенезисов и результаты изучения газово-жидких включений на Суздальском месторождении позволяют рассматривать сурьмяную минерализацию в рамках второго продуктивного золото-полисульфидного этапа рудоотложения. Следует говорить о поздней антимонитовой стадии минерализации, отделенной от собственно золото-полисульфидного этапа внутриминерализационными тектоническими подвижками временем в 7 млн лет. Возраст формирования золото-полисульфидного оруденения ( $248.3 \pm 3.4$  млн лет) близок к процессам тектономагматической активизации в триасовое время.

*Сурьмяная минерализация, вкрапленные золото-сульфидные руды, углеродистые породы, Восточный Казахстан.*

## RELATIONSHIP OF ANTIMONY WITH GOLD MINERALIZATION IN THE ORE DISTRICTS OF EASTERN KAZAKHSTAN

K.R. Kovalev, Yu.A. Kalinin, E.A. Naumov, and M.K. Myagkaya

In Eastern Kazakhstan, Sb mineralization is the most widespread in the Irtysh and Bakyrchik ore districts of the West Kalba gold-bearing belt. It is spatially related to disseminated gold-sulfide ores at some deposits and is structurally and spatially isolated at others. The disseminated gold-sulfide mineralization is localized in Carboniferous carbonaceous-terrigenous carbonate rocks. It is marked off by zones of dynamic metamorphism and foliation and is characterized by the ribbon-like-lenticular morphology of ore deposits. Later Sb (predominantly, quartz-antimonite) mineralization is formed in the extension setting as brecciated/veined ores. In combination with gold-sulfide ores, Sb mineralization is more diverse. For example, microparageneses with berthierite, native Sb, aurostibite, ullmannite, jamesonite, and tetrahedrite coexist with pocket-vein quartz-carbonate-antimonite mineralization in the gold-sulfide ores of the Suzdal'skoe deposit. Also, Sb-containing minerals such as arsenopyrite and pyrite are observed. Two temperature regimes of mineralization are established here: 418–300 °C for gold-polysulfide mineralization and 280–200 °C for later Sb mineralization. The isotopic composition of antimonite sulfur at the Suzdal'skoe, Zherek, Zhanan, Bakyrchik, and Dal'nii 1 deposits shows close values within the interval  $\delta^{34}\text{S}$  of  $-3.8$  to  $+2.5 \text{ ‰}$ , suggesting its great-depth origin. No visible gold is found in the antimonite of the quartz-antimonite veins, but atomic-absorption analysis reveals few ppm or more gold. Point X-ray analysis indicates possible presence of the so-called “invisible” gold. Microstructural observations, temporal relationships of the parageneses, and studies of gas-liquid inclusions at the Suzdal'skoe deposit permit assigning Sb mineralization to the second productive gold-polysulfide stage of the ore deposi-

tion. The late antimonite stage of mineralization is separated from the gold–polysulfide stage by 7 Myr long intramineralization tectonic shifts. Gold–polysulfide mineralization ( $248.3 \pm 3.4$  Ma) was synchronous with Triassic tectonomagmatic activity.

*Sb mineralization, disseminated gold–sulfide ores, carbonaceous rocks, Eastern Kazakhstan*

## ВВЕДЕНИЕ

Во многих орогенных складчатых областях мира месторождения тонковкрапленных золотосодержащих пирит-арсенопиритовых (золото-сульфидных) руд пространственно совмещены с жильной золото-кварцевой, сурьмяной и золото-сурьмяной минерализацией. Общим признаком для всех является локализация во флишеидных углеродисто-песчано-сланцевых и турбидитовых толщах разного возраста, структурно-тектонический контроль оруденения, частое присутствие в рудоконтролирующих зонах дайковых пород среднеосновного состава, проявление посторогенных разновозрастных интрузивных гранит-гранодиоритовых пород, связь которых с оруденением неочевидна. По многим позициям к этому типу месторождений близка важная промышленная группа месторождений карлин-типа. В геодинамическом плане месторождения приурочены к пассивным континентальным окраинам, границам тектонических плит, внутриплитным и окраинно-плитным рифтовым прогибам, где максимально проявляется термальная и механическая энергия аккреционно-субдукционных, коллизионных и постколлизионных процессов. В качестве глобального генерирующего механизма рудообразующих флюидов для такого типа унифицированных месторождений подобных геодинамических обстановок рассматриваются астеносферные мантийные потоки в процессах нестабильности литосферной мантии, проникающие в верхние уровни коры по глубинным разломам, а возможным источником металлов — базальтоиды [Bierlein et al., 2006].

## ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Одной из важных проблем в фундаментальном и прикладном плане является изучение пространственно-временных и генетических связей сурьмяного и золотого оруденения [Дистанов и др., 1975; Бергер, 1981; Сидоров, Волков, 1982, 2001; Волков, 1989; Генкин и др., 1994; Changkakoti et al., 1996; Kontak et al., 1996; Phillips, Hughes, 1996; Новожилов, Гаврилов, 1999; Сарылахское..., 2001; Bierlein, Maher, 2001; Rui et al., 2002; Ли, 2003; Ashley et al., 2003; Ashley, Craw, 2004; Амузинский, 2005; Спиридонов и др., 2006; Peters et al., 2007; Yang et al., 2007; Гамянин и др., 2008; Kovalev et al., 2009; Неволько, Борисенко, 2009; Бортников и др., 2010; Калинин и др., 2011; Ковалев и др., 2011]. Большинство исследователей признается наложенный характер сурьмяной минерализации на ранее отложенные золото-сульфидные руды по зонам брекчирования или в виде секущих кварц-антимонитовых жил. При этом процесс отложения сурьмяной минерализации рассматривается в связи с общей эволюцией единого рудообразующего процесса [Бергер, 1981; Волков, 1989; Нарсеев, 1996; Волков и др., 2002; Амузинский, 2005; Геологическое строение..., 2009; Сидоров и др., 2011]. Другие исследователи обосновывают формационную самостоятельность сурьмяной минерализации, не связывая ее генетически с золото-сульфидным и золото-сульфидно-кварцевым оруденением, приводя примеры пространственно-временной и структурной обособленности золотого и сурьмяного оруденения и относя их к разным этапам рудообразования [Дистанов и др., 1975; Индолев и др., 1980; Ashley et al., 1994; Власов, 2003; Бортников и др., 2004; Vos et al., 2005; Vos, Bierlein, 2006; Гамянин и др., 2008].

Крупными провинциями с золото-сурьмяным оруденением в России являются Верхоянская, Чукотская [Индолев и др., 1980; Сидоров, Волков, 1982, 2001; Гамянин и др., 2000; Амузинский, 2005] и Енисейская [Оболенский, Оболенская, 1972; Бергер, 1981; Геология..., 1985; Генкин и др., 1994; Сазонов, 1998]. Г.Н. Гамянин с соавторами [2008] отмечает, что на крупных золото-сурьмяных месторождениях Якутии Сентачан и Сарылах происходит наложение позднемелового сурьмяного оруденения на раннемеловое малосульфидное золото-кварцевое. При этом этапность в формировании минерализации обосновывается сменой тектонических обстановок и физико-химических условий рудоотложения [Бортников и др., 2010]. На основании изучения минеральных парагенезисов, термобарогеохимических особенностей, изотопного состава серы на Удерейском месторождении (Енисейский кряж) Э.Г. Дистанов с соавторами [1975] выделили продукты двух рудообразующих систем: золото-кварцевые малосульфидные руды, приуроченные к меридиональным и северо-восточным зонам расланцевания, и сурьмяное оруденение, располагающееся в зонах пересечения их с северо-западными разломами. По мнению В.С. Власова [2003], формирование этого месторождения обязано трем самостоятельным пространственно совмещенным одностадийным этапам рудообразования, в результате которых возникли золото-сульфидное прожилково-вкрапленное метаморфогенно-метасоматическое оруденение, жильное золото-кварцевое малосульфидное метаморфогенное и кварц-антимонитовое жильное гидротермальное.

Ю.И. Новожилов и А.М. Гаврилов [1989] указывали на смену тектонических режимов при формировании прожилково-вкрапленного золото-сульфидного оруденения в условиях преобладающего сжатия на жильно-прожилковую кварц-антимонитовую, формирующуюся в условиях относительного растяжения и понижения температур растворов. В ряде случаев отмечаются значительные возрастныe отрывы золото-сурьмяной минерализации от продуктивной золото-сульфидной [Неволько, Борисенко, 2009].

Крупным орогеном, где совмещены вкрапленная золоторудная, жильная золото-кварцевая и сурьмяная минерализация, является палеозойский Лакланский складчатый пояс в штате Виктория на юге Австралии [Phillips, Hughes, 1996; Ramsay et al., 1998; Bierlein, Maher, 2001; Bierlein et al., 2006]. Широкая жильная зона с антимонитом в брекчированных и минерализованных породах, секущая северо-западные зоны рассеянной и штокверковой золоторудной минерализации, описывалась там же (штат Виктория) в крупном золоторудном орогене Лакен [Gao et al., 1995]. Отмечается возрастная отрыв сурьмяной минерализации от золото-сульфидной [Bierlein et al., 2001]. На севере и северо-востоке Квинсленда золоторудная и сурьмяная минерализация локализуется в породах окраины плиты, подвергшихся интенсивным деформациям, и связываются с несколькими этапами орогенных деформаций [Peters et al., 1990; Vos et al., 2005; Vos, Bierlein, 2006]. На примере золоторудного поля Ходкинсон также было показано, что кварц-антимонитовые жилы сформировались позднее золото-кварцевой минерализации, причем структурная связь между ними не всегда очевидна [Peters et al., 1990]. Многостадийная, структурно контролируемая жильная и рассеянная золотосодержащая пирит-арсенопиритовая и сурьмяная минерализация приурочена к толщам граувакков и углеродисто-кремнистым алевролитам карбона в Новом Южном Уэльсе [Ashley et al., 2003; Ashley, Craw, 2004].

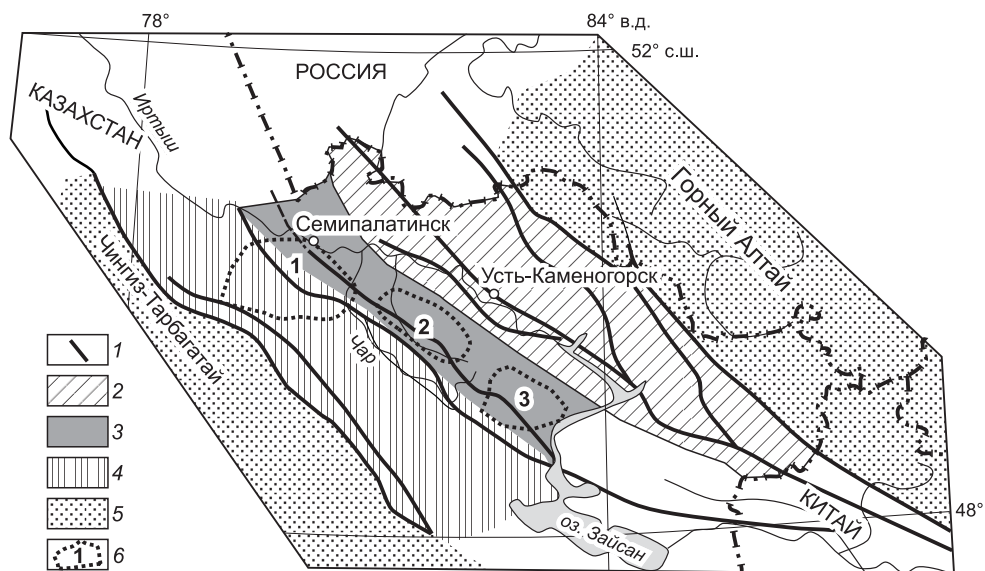
Большинство орогенных мезо- и эпitherмальных золоторудных месторождений Китая локализованы в переработанных блоках метасадочных пород, обрамляющих Северо-Китайскую платформу, платформу Янцзы, а также в складчатых поясах Тянь-Шаня и Алтай-Шаня в Северном Синьцзяне [Zhou et al., 2002; Gu et al., 2002]. В провинциях Юньнань-Гуйчжоу-Гуанси в пермь-триасовых углеродисто-карбонатно-терригенных толщах Sb-, As-, Hg- и Tl-минерализация сопровождает золотооруденение, не связанное пространственно с магматическими породами [Peters et al., 2007]. В провинции Синьцзян, в Юго-Западном Тянь-Шане, в складчатых поясах Джунгарии золото-сульфидная вкрапленная и золото-кварцевая жильная минерализация в турбидитах позднего силура—раннего карбона также сопровождается сурьмяной минерализацией [Rui et al., 2002; An, Zhu, 2010]. Крупная металлогеническая эпоха среднемиоценового возраста с совмещенной Au-, Sb-, Au-Sb-минерализацией описана в Южном Тибете, где месторождения располагаются в мезозойских песчано-сланцевых толщах Тибетско-Гималайского орогена и генетически связываются с постколлизийными лейкократовыми гранитами среднемиоценового возраста [Yang et al., 2009]. В Северной Америке совмещенность золоторудной и сурьмяной минерализаций описана в Канадских Кордильерах [Madu et al., 1990] и на востоке Канады, в раннепалеозойских металеовритах в террейне Мегума в Новой Шотландии [Kontak et al., 1996].

Авторами на протяжении ряда лет изучались золото-сульфидные месторождения Западно-Калбинского пояса в Восточном Казахстане, залегающие в черносланцевых толщах карбона [Kovalev et al., 2009; Калинин и др., 2009, 2011; Наумов и др., 2009, 2012; Ковалев и др., 2011, 2012; Naumov et al., 2011]. На большинстве из них проявлена разномасштабная сурьмяная минерализация, пространственно-временным и генетическим взаимоотношениям которой с золоторудной минерализацией посвящена настоящая статья.

## ГЕОЛОГО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАПАДНО-КАЛБИНСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО ПОЯСА

Западно-Калбинский золотоносный пояс (ЗКЗП) Восточного Казахстана шириной 30—100 км простирается в северо-западном направлении на 800 км [Большой Алтай..., 1998, 2000] (рис. 1). Он входит в структуру герцинид Обь-Зайсанской складчатой области, граничащую с каледонидами Горного Алтая на северо-востоке и Чингис-Тарбагатай на юго-западе, продолжаясь в Китай. Заложение пояса произошло в осевой части Обь-Зайсанского палеоокеанического бассейна в девон-раннекарбонное время и завершилось на стадиях закрытия палеоокеана в позднекарбонное время. Значительная часть отложений карбона представлена углеродистыми кремнисто-терригенно-карбонатными породами. Глубинные разломы северо-западного простирания определили мозаичное строение этой области и поясовое размещение эндогенного оруденения. В направлении с северо-востока на юго-запад выделяются металлогенические пояса: Калба-Нарымский редкометалльный, Западно-Калбинский золотоносный и Жарма-Саурский золото-медный.

Западно-Калбинский золотоносный пояс поздними субширотными разломами разделен на блоки, каледонский фундамент которых ступенчато погружается с северо-запада на юго-восток на глубины от менее 1 км до 10 км. В его пределах выделяются Прииртышский, Бакырчикский и Кулуджунский руд-



**Рис. 1. Позиция золоторудных районов в Западно-Калбинском золотоносном поясе.**

1 — региональные разломы, 2 — Калба-Нарымский редкометалльный пояс, 3 — Западно-Калбинский золотоносный пояс, 4 — Жарма-Саурский медный пояс, 5 — каледонские структуры, 6 — рудные районы: 1 — Прииртышский, 2 — Бакырчикский, 3 — Кулужунский.

ные районы, в пределах которых известно более 450 месторождений и рудопроявлений золота, приуроченных к черносланцевым толщам карбона и структурно контролируемым узлами пересечения северо-западных и субширотных разломов. Оруденение в них представлено минерализованными зонами с тонковкрашенными золотосодержащими пирит-арсенопиритовыми рудами в углеродисто-карбонатно-терригенных породах, золото-полисульфидными рудами и золото-кварцевым жильным типом.

Магматизм на территории ЗКЗП характеризуется разновозрастными слабозкрытыми интрузиями и дайковыми комплексами, относящимися к кунушскому, максутскому и калбинскому комплексам орогенного и посторогенного этапов развития региона, а также к семейтаускому вулканоплутоническому комплексу этапа тектономагматической активизации. За последние годы получено много новых возрастных датировок как магматических пород, так и рудных образований. Возраст наиболее распространенного кунушского комплекса определяется как 307—299 млн лет [Владимиров и др., 2008] или  $309 \pm 3.5$  млн лет [Ковалев и др., 2012]. Габброиды и пикродолериты максутского комплекса имеют возраст  $277 \pm 2.8$  млн лет. Значительный возрастной интервал формирования (295—225 млн лет) отмечается для гранитоидов калбинской ассоциации [Владимиров и др., 2008]. Возраст витрофиров и трахитов семейтауского вулканоплутонического комплекса Ag-Ag методом определен как  $248.2 \pm 0.5$  и  $248.8 \pm 0.5$  млн лет [Lyons et al., 2002]. По данным U-Pb метода (SHRIMP), возраст даек Суздальского месторождения составляет (млн лет): кварцевый гранит-порфир —  $257.8 \pm 2.1$ , граносиенит-порфир —  $252 \pm 4$  и гранит-порфир —  $246 \pm 3.4$ .

Возрастные соотношения золотого оруденения ЗКЗП с магматическими комплексами исследователями определяются неоднозначно. П.И. Полторыхин [1971] на основании возрастных, структурных и петрохимических особенностей подчеркивает генетическое родство гидротермально-метасоматического золотого оруденения с малыми интрузиями и дайками калбинского комплекса. По данным других ученых [Большой Алтай..., 1998, 2000; Кузьмина и др., 2013], специализированным на золото является кунушский комплекс. Некоторыми исследователями золотое оруденение северо-западной части пояса связывается с семейтауским вулканоплутоническим комплексом [Малыгин и др., 1995].

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ СУРЬМЯНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ЗОЛОТОРУДНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНО-КАЛБИНСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО ПОЯСА

В Западно-Калбинском золотоносном поясе сурьмяная минерализация наиболее проявлена на месторождениях Присемипалатинского и Бакырчикского рудных районов (см. рис. 1). В большинстве случаев она совмещена с золото-сульфидными рудами, но иногда пространственно обособлена от них. В южной части ЗКЗП (Кулужунский рудный район) Sb-минерализация проявлена слабо. Формирование

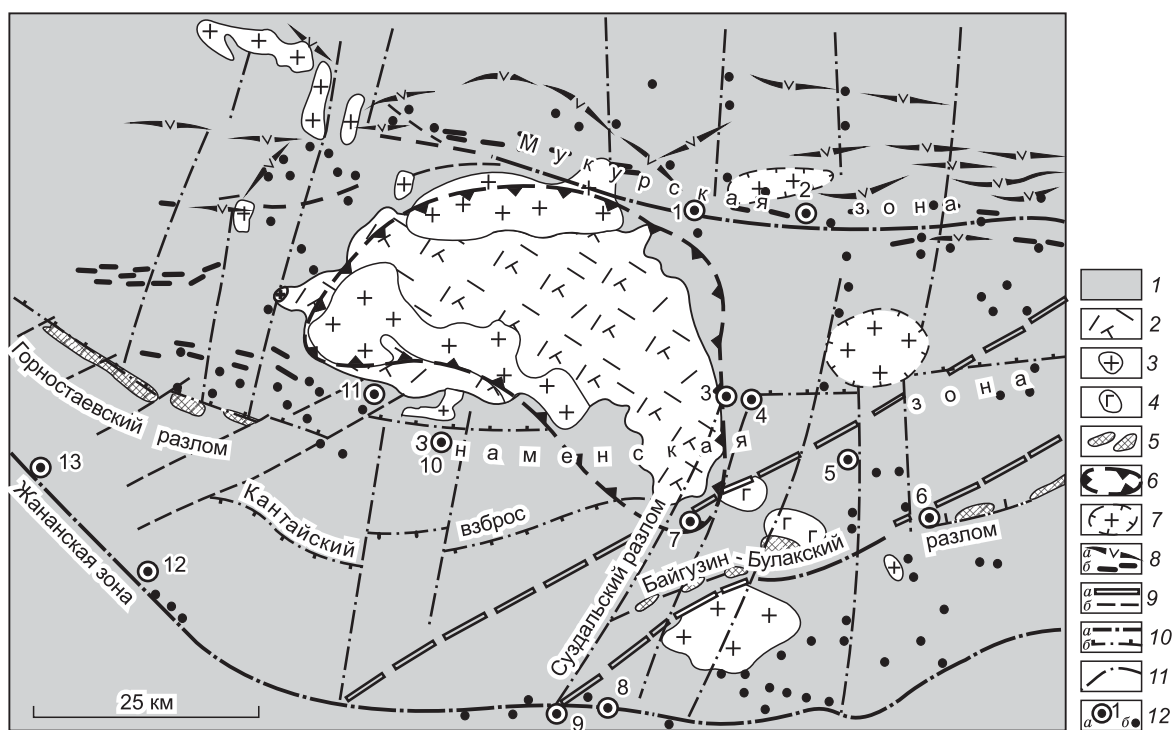


сурьмяной минерализации связывается либо с поздней стадией эволюции рудообразующего процесса, либо относится к самостоятельному этапу длительного процесса рудообразования со значительным возрастным отрывом от продуктивной золото-сульфидной минерализации [Мысник и др., 1970; Металлогения..., 1980; Павлова, 1981; Малыгин и др., 1995; Большой Алтай..., 1998, 2000; Нарсеев, 2002; Kovalev et al., 2009; Ковалев и др., 2012]. Обычно сурьмяная минерализация представлена кварц-карбонат-антимонитовыми жилами и контролируется зонами брекчирования, что отражает тектонический режим растяжения. В золотоносных корах выветривания региона комплексные вторичные ореолы рассеяния сурьмы наряду с Au, Ag, As, W служат надежным поисковым критерием коренного оруденения [Бегаев, Степаненко, 1995; Калинин и др., 2006].

**В Присемипалатинском рудном районе** выделяются Жананская золотоносная тектоническая зона и структурное обрамление Семейтауской вулканоплутонической постройки, представляющие соответственно приподнятый и опущенные блоки, где располагаются многочисленные золоторудные проявления с разномасштабной сурьмяной минерализацией (рис. 2).

В Жананской тектонической зоне сурьмяная минерализация встречается на месторождениях Жанан и Алимбет и рудопоявлениях Чинрауское, Пикетное и других (см. рис. 2). Золотое оруденение контролируется продольными по отношению к складчатым структурам зонами расланцевания северо-западного простирания и участками сопряжения их с широтными разрывами. Золото заключено в арсенопирите и пирите гидротермально измененных песчано-сланцевых пород нижнего—среднего карбона или субвулканических телах, реже в самородном виде в кварцевых жилах. В максимально проработанных тектонических зонах широко развита сурьмяная минерализация, где содержание Sb достигает 5—7 %.

В Центральной зоне месторождения Жанан золото-сульфидное и сурьмяное оруденение совмещены, локализуясь в участках расланцевания, дробления и брекчирования окварцованных субвулканических базальтовых и андезитодацитовых порфиритов, туфопесчаников и туфоконгломератов с прослоями аргиллитов. Вкрапленно-прожилковая минерализация представлена преимущественно линзами. Главными рудными минералами являются золотоносные пирит и арсенопирит, антимонит и самородное зо-



**Рис. 2. Схема строения Прииртышского рудного района, по данным [Малыгин и др., 1995].**

1 — отложения карбона ( $C_{1-3}$ ); 2 — Семейтауская вулканоплутоническая структура; 3 — гранитоиды; 4 — габброиды, 5 — ультрабазиты; 6 — контуры структуры по геофизическим данным; 7 — контуры гранитоидных массивов по геофизическим данным (гл. 3—5 км); 8 — дайки основного (а) и кислого (б) составов; 9 — разломы субширотные крупные (а) и более высокого порядка (б); 10 — разломы северо-западные первого (а) и более высокого (б) порядка; 11 — разломы северо-восточные; 12 — месторождения и рудопоявления золота (а): 1 — Мукур, 2 — Жерек, 3 — Суздальское, 4 — Май-Чеку, 5 — Майбулак, 6 — Мола-Кудук, 7 — Ак-Чоко, 8 — Алимбет, 9 — Жанан, 10 — Сарымбет, 11 — Мираж, 12 — Кемпир, 13 — Болдыколь и (б) — точки минерализации.

лото. Редко встречаются сфалерит, халькопирит, блеклые руды, самородная Sb и Hg. На верхних горизонтах рудной зоны широко развит мелкокристаллический антимонит, занимающий в отдельных линзах до 50—60 % их объема. Рудные тела имеют небольшие размеры ( $160 \times (10—60)$  м), мощность — 1—12 м. Содержание Au в них составляет 6.2—16.6 г/т, Sb — 0.05—4.02 %, As — 0.02—1.40 %. Сурьмяная минерализация наложена на золото-сульфидные руды и представлена кварц-антимонитовыми жилами или небольшими телами массивного антимонита.

На месторождении Алимбет золото-сурьмяное оруденение сосредоточено в пределах субвулканической интрузии дацитовых порфириров, пронизанной многочисленными телами микродиабазов, диоритовых порфириров и лампрофириров. В зонах разломов породы подвержены катаклазу, окварцеванию, альбитизации и лиственитизации. Антимонит слагает многочисленные прожилки мощностью 1—5 мм либо выполняет цемент тектонических брекчий. В зонах милонитизации установлены массивные линзовидные залежи мелкозернистого антимонита мощностью до 1.5—2.0 м. В нем редко заключены мелкие зерна золота. С глубиной золото-сурьмяная минерализация постепенно сменяется вкрапленным золото-сульфидным оруденением.

В районе Семейтауской вулканоплутонической структуры располагаются месторождения, рудопроявления (Суздальское, Жерек, Центральный и Восточный Мукур, Мираж, Болдыколь, Сарымбет, Май-Чеку) и многочисленные рудные точки с золото-сульфидной минерализацией, многие из которых характеризуются присутствием Sb и Hg. Оруденение контролируется тектоническими зонами и представлено прожилково-вкрапленными минерализованными зонами и золото-кварцевыми жилами. Главными рудоконтролирующими структурами района являются Горностаевский, Мукурский и Байгузин-Булакский глубинные разломы северо-западного простирания и Суздальский разлом северо-восточного простирания.

Наиболее детально процесс рудообразования изучен на Суздальском месторождении. Здесь выделяются четыре разновозрастные структурно-минеральные ассоциации: 1) сингенетичная слабозолотоносная пиритовая минерализация во вмещающих углеродисто-карбонатно-терригенных породах раннего карбона; 2) первая продуктивная вкрапленная пирит-арсенопиритовая минерализация с невидимым золотом в гидротермально измененных серицитизированных породах; 3) вторая продуктивная золото-полисульфидная минерализация со свободным золотом в брекчированных окварцованных породах; 4) карбонат-кварц-сурьмяная жильная минерализация. Сурьмяная минерализация на месторождении распространена достаточно широко и встречается как в приповерхностных участках рудных зон, так и на глубинах 500—600 м от поверхности. Она представлена гнездами и прожилками в брекчированных минерализованных углеродисто-карбонатно-терригенных породах и дайковых телах метадолеритов. Прямой корреляционной и генетической связи золота с сурьмой не устанавливается. Между тем в отдельных зонах проявления сурьмяной минерализации отмечается обогащенность руд золотом.

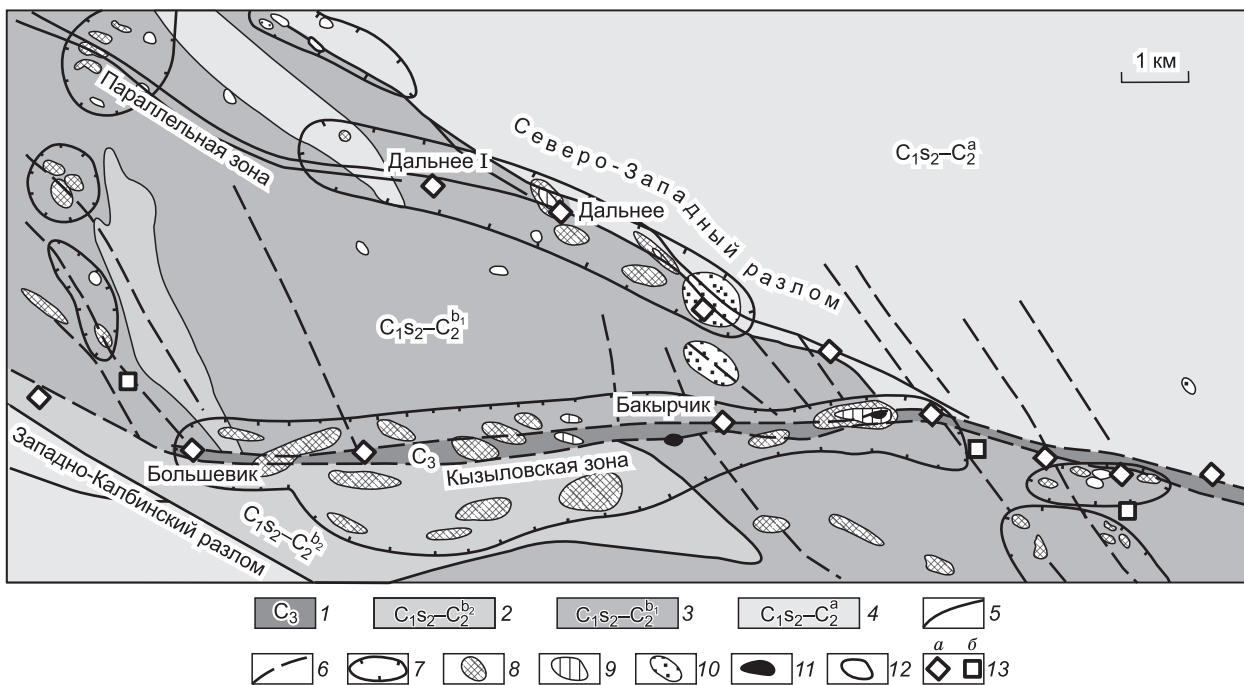
Месторождение Жерек располагается в южной части Мукурской зоны разломов, представленной системой сближенных субпараллельных швов северо-западного направления, залегающих согласно слоистостью пород [Павлова, 1981]. Структура месторождения подчеркивается цепочкой небольших штокообразных интрузий плагиогранит-порфириров. Оруденение представлено вкрапленной золотосодержащей пирит-арсенопиритовой минерализацией в углеродистых алевропесчаниках нижнего карбона и березитизированных плагиогранитах. В стержневых кварцевых жилах мощностью до нескольких метров присутствуют гнездовые выделения антимонита. Жилы мелкозернистого массивного антимонита мощностью до десятка сантиметров встречаются и в березитизированных плагиогранитах.

Месторождение Мираж располагается на пересечении глубинного Горностаевского разлома с субширотными разломами. Рудная минерализация представлена пиритом, арсенопиритом и более поздними антимонитом и киноварью. Здесь установлены дайки кварцевых сиенит-порфириров и микродиоритов с золотом, являющиеся производными семейтауского вулканоплутонического комплекса.

Рудопроявление Сарымбет располагается в западном борту Семейтауской структуры и приурочено к зоне расланцованных и окварцованных пород с рассеянной золото-сульфидной минерализацией. В них установлен широтного простирания комплексный литогеохимический ореол мышьяка (0.005—0.03 %) и сурьмы (0.003—0.1 %). В корах выветривания выявлены участки с содержанием Sb от 0.3 до 38 % и Au до 1.4 г/т. Отмечается рост с глубиной содержания золота до 3.2 г/т и сурьмы до 10 %.

Рудопроявление Май-Чеку представлено системой сложнопересекающихся тектонических зон в брекчированных гидротермально измененных известковистых алевропелитах ( $C_1$ ). Оно выявлено по вторичным ореолам рассеяния As интенсивностью 0.002—0.2 % и по локальному ореолу Sb интенсивностью 0.002—1 %.

**В Бакырчикском рудном районе** на территории около 3500 км<sup>2</sup> сосредоточены многочисленные проявления золота разной формационной принадлежности. Основное золото-сульфидное оруденение, включающее месторождение Бакырчик, контролируется широтной Кызыловской зоной смятия на участке ее сопряжения с Западно-Калбинским и Северо-Западным региональными взбросонадвигами и зо-



**Рис. 3. Локализация геохимических комплексных и монометалльных ореолов вдоль тектонических зон на площади Бакырчикского рудного района [Atlas..., 2004].**

1 — углеродистые алевролиты, гравелиты, песчаники бакырчикской толщи ( $C_3$ ); 2—4 — серпуховский и башкирский ярусы ( $C_1s_2-C_2^{b1}$ ,  $C_1s_2-C_2^{b2}$ ,  $C_1s_2-C_2^a$ ); 2 — алевролиты и пелиты верхней толщи, 3 — алевролиты и песчаники средней толщи, 4 — песчаники нижней толщи; 5 — разломы; 6 — зоны расланцевания; 7—12 — вторичные ореолы рассеяния: 7 — комплексные As-Sb-Mo-W-Sn-Pb-Au; 8 — As; 9 — Sb; 10 — Mo; 11 — W; 12 — Au; 13 — месторождения вкрапленные золото-сульфидные (a) и золото-кварцевые (б).

ной Параллельная (рис. 3). Протяженность рудной минерализации вдоль Кызыловской зоны смятия превышает 17 км. По сейсмическим данным, зона прослеживается до глубины 1—6 км. Геологические особенности месторождений этой зоны широко освещены в литературе [Старова, 1971; Металлогения..., 1980; Геология..., 1986; Новожилов, Гаврилов, 1999; Бакырчик..., 2001; Atlas..., 2004; Рафаилович, 2009].

На хорошо изученном месторождении Бакырчик устанавливаются четыре стадии рудообразования: 1 — дорудное окварцевание, карбонатизация, серицитизация и графитизация углеродисто-терригенных пород; 2 — ранняя рудная, связанная с отложением кварца, серицита, арсенопирита и пирита с золотом; 3 — полиметаллическая, во время которой отложились пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, блеклая руда и свободное золото; 4 — кварц-антимонитовая с кварцем, марказитом, джемсонитом, энаргитом, самородной сурьмой и золотом. На месторождении Бакырчик проявлена вертикальная минералого-геохимическая зональность с возрастанием Sb к приповерхностным участкам рудных тел. Сурьмяная минерализация представляется в виде маломощных кварц-антимонитовых прожилков и гнезд в золото-сульфидных рудах. Корреляции сурьмы с золотом не отмечается.

В зоне Параллельная (участок Дальний I) встречаются пространственно обособленные от основных золото-сульфидных руд кварц-антимонитовые жилы мощностью до 2 м. В них установлены также марказит, киноварь, самородные Ag, Sb и Au. Вторичные ореолы золота в Бакырчикском рудном поле не всегда совпадают с ореолами сурьмы (см. рис. 3).

На территории **Кулужунского рудного района** сурьмяная минерализация отмечалась на нескольких рудных объектах с золото-сульфидной и жильной золото-кварцевой минерализацией. Описывается вертикальная зональность, выражающаяся в смене минеральных форм сурьмы в некоторых жильных телах рудных полей Кулужунское и Лайлинское [Нарсеев, 1996]. На рудных полях Джумба, Теректы, Колчеданное отмечался наложенный характер более низкотемпературной (130—170 °C) полисульфидной и сурьмяной минерализации на относительно высокотемпературные (250—310 °C) парагенезисы золото-сульфидного оруденения [Мыслик и др., 1970].

## МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СУРЬМЯНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Минералого-геохимические особенности сурьмяной минерализации и ее взаимоотношение с золото-сульфидными рудами изучались нами на месторождениях Суздальском, Жерек, Жанан и в Бакырчикском рудном районе.

**Взаимоотношение сурьмяной минерализации с вкрапленными золото-сульфидными рудами.** Сурьмяная минерализация чаще всего характеризуется жильной, сетчатой и брекчиевой текстурными типами и существенно антимонитовым составом (рис. 4). Формированию ее предшествовали процессы хрупкой деформации в минерализованных углеродистых терригенно-карбонатных породах, в окварцованных метасоматитах, березитах и дайках основного и кислого составов. Антимонит встречается в виде радиально-лучистых кристаллических агрегатов в полостях выполнения или в виде массивных тонкозернистых агрегатов, так называемого «чугунного» антимонита (см. рис. 4). Более разнообразна сурьмяная минерализация в золото-полисульфидных рудах, микропарагенезисы которой диагностируются лишь на сканирующем электронном микроскопе.

**Минералого-геохимические особенности сурьмяной минерализации.** Собственно жильная сурьмяная минерализация на месторождениях Прииртышского и Бакырчикского рудных районов характеризуется мономинеральным составом и представлена преимущественно антимонитом, с редкими мелкими вкраплениями самородной сурьмы, пирита и арсенопирита. Главным жильным минералом является кварц, реже встречаются карбонат и серицит, представленный слюдами типа  $2M_1$ ,  $3M_1$  и  $1M$ . В зоне окисления жильный антимонит замещается кристалломорфными агрегатами оксидов и гидроксидов Sb. По данным фазового рентгеноструктурного анализа, они представлены гидроксидом сурьмы — стибиконитом  $[Sb_3O_6(OH)]$  и оксидами сурьмы — сервантитом  $(Sb^{3+}Sb^{5+}O_4)$  и сенармонитом  $(Sb_2O_3)$ .

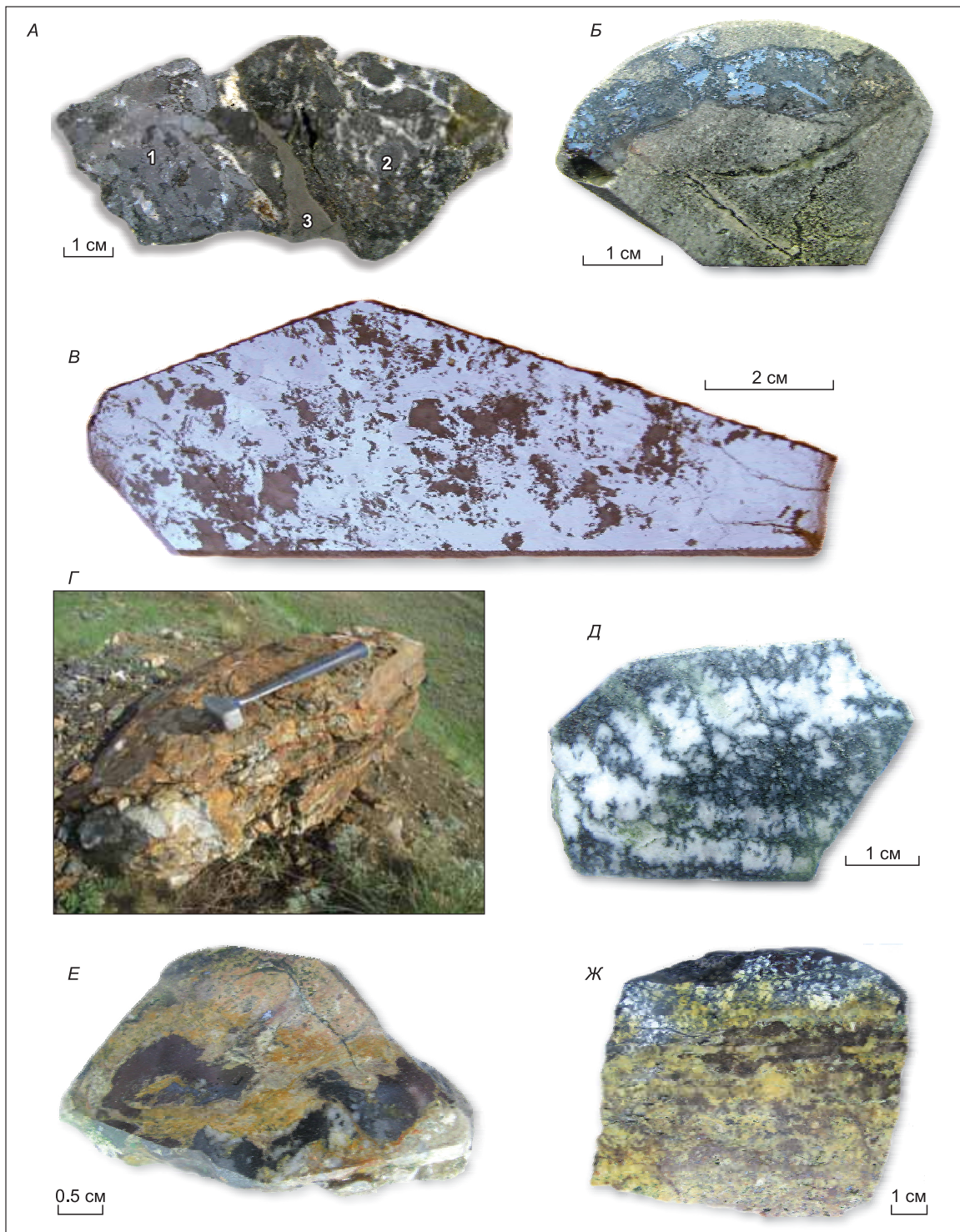
Свободное золото и киноварь в протолочках кварц-антимонитовых жильных образований нами не обнаружены. Содержание Au и Ag в мономинеральных фракциях антимонита варьируют от сотых долей до десятков грамм на тонну (табл. 1). В участках пространственного совмещения жильной антимонитовой минерализации с золото-сульфидными рудами на Суздальском месторождении иногда встречаются высокие содержания золота. На рис. 4, А показаны содержания золота по массе окварцованной оруденелой брекчии, в выделенных обломках сульфидизированных углеродистых алевропелитах и в кварц-антимонитовой жиле. Самые высокие содержания золота встречены в обломках сланцев, насыщенных тонкодисперсным кубическим и глобулярным пиритом, золотоносным игольчатым арсенопиритом и редкими субмикроскопическими вкраплениями высокопробного золота в сростании с антимонитом (рис. 5, А, Б). Содержания золота в образцах таких брекчий коррелируются с количеством сульфидизированных сланцев и иногда достигают 147 г/т. Минимальные содержания золота отмечаются в жиле антимонита. Высокая продуктивность руд таких тектонически осложненных участков, скорее всего, объясняется насыщенностью сланцев золотоносным арсенопиритом и отложением регенерированного свободного золота при процессах окварцевания и наложения антимонитовой минерализации.

Таблица 1. Содержание Au и Ag в антимоните по данным атомно-абсорбционного анализа (г/т)

№ п/п	Месторождение	№ образца	Описание	Au	Ag
1	Суздаль	Su-25	Сетчатые выделения антимонита в брекчии сульфидизированного углеродистого сланца	44	4.7
2	»	Su-30	Прожилки и гнезда антимонита в прокварцованной породе	18	5.6
3	»	Su-30/1	»	0.34	1.6
4	»	Su-40	Брекчия из обломков сульфидизированных сланцев	0.72	1.8
5	»	Su-41	Прокварцованный сульфидизированный сланец с прожилками антимонита	0.14	5.7
6	»	Su-149	Брекчия углеродистого сланца с кварц-антимонитовыми жилами	1.5	0.28
7	»	Su-161	Брекчия с кварц-антимонитовым цементом	12.0	1.2
8	Бакырчик	Бк-6	Гнездо кварца во вкрапленной арсенопиритовой руде	0.06	2.4
9	Дальний I	Вк-4	Кварц-антимонитовая жила	0.89	8.3
10	Жанан	Zn-11/1	Антимонитовая жила	0.01	0.32
11	Жерек	Je-70	Антимонитовая жила в плагиограните	0.03	0.65
12	»	Je-76	Кварцевая жила с гнездами антимонита	0.65	Не опр.

Примечание. Аналитик В.Н. Ильина (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск).





**Рис. 4. Текстуры типы сурьмяной минерализации на золоторудных месторождениях Западно-Калбинского золотоносного пояса.**

*А* — кварц-антимонитовая жила (1) в контакте с окварцованной брекчированной породой (2) с обломками сульфидизированных углеродистых алевропелитов (3), содержание золота в кварц-антимонитовой жиле 5 г/т, в окварцованной породе 74 г/т, в сульфидизированных обломках 1350 г/т; *Б* — кварц-антимонитовый прожилок с включениями самородной сурьмы в сульфидизированной (пирротин + арсенопирит) дайке метадолерита, месторождение Суздальское; *В* — жила массивного («чугунного») антимонита с вкраплениями прозрачного кварца в березитизированном плагииграните, месторождение Жерек; *Г* — фрагмент кварц-антимонитовой жилы, месторождение Дальний I; *Д* — прожилковое выделение антимонита в молочном кварце, штучной образец из кварц-антимонитовой жилы, месторождение Дальний I; *Е* — реликты «чугунного» антимонита в оксидах сурьмы (стибиоконит + сервантит + сенармонтит) в антимонитовой жиле из зоны гипергенеза, месторождение Жанан; *Ж* — реликты массивного антимонита в агрегате стибиоконита и сенармонтита, штучной образец из контакта антимонитовой жилы с плагиигранитом, месторождение Жерек.

При наложении антимонитовой минерализации на золото-полисульфидные руды характерны структуры корродирования и замещения ранних сульфидов и золота. Точечный анализ зерен антимонита из различных месторождений указывает на присутствие невидимого золота в количествах до 480 г/т (табл. 2).

Помимо описанной жильной антимонитовой минерализации на Суздальском месторождении в золото-сульфидных рудах встречается более разнообразная сурьмяная минерализация, распределенная крайне неравномерно. По данным анализа 117 групповых проб, охватывающих рудные интервалы до глубины 917 м, содержание Sb варьирует в пределах 2—30 г/т (при максимальных до 80—500 г/т). При этом Sb имеет отрицательную корреляцию с Au и слабую положительную с Ni и Co.

Sb-минерализация в рудах представлена собственно сурьмяными минералами (антимонит, бертьерит, самородная сурьма, ауристибит, ульманнит, виллиамит, джемсонит) и минералами-носителями сурьмы (арсенопирит, пирит, никелин и тетраэдрит) (см. табл. 2). По времени отложения на месторождении они близки ко второму продуктивному золото-полисульфидному этапу. Характер взаимоотношений и микроморфологические особенности минералов приведены на рис. 5, В—З. В ассоциации с этими минералами встречаются также пирротин, халькопирит, железистый сфалерит и рутил.

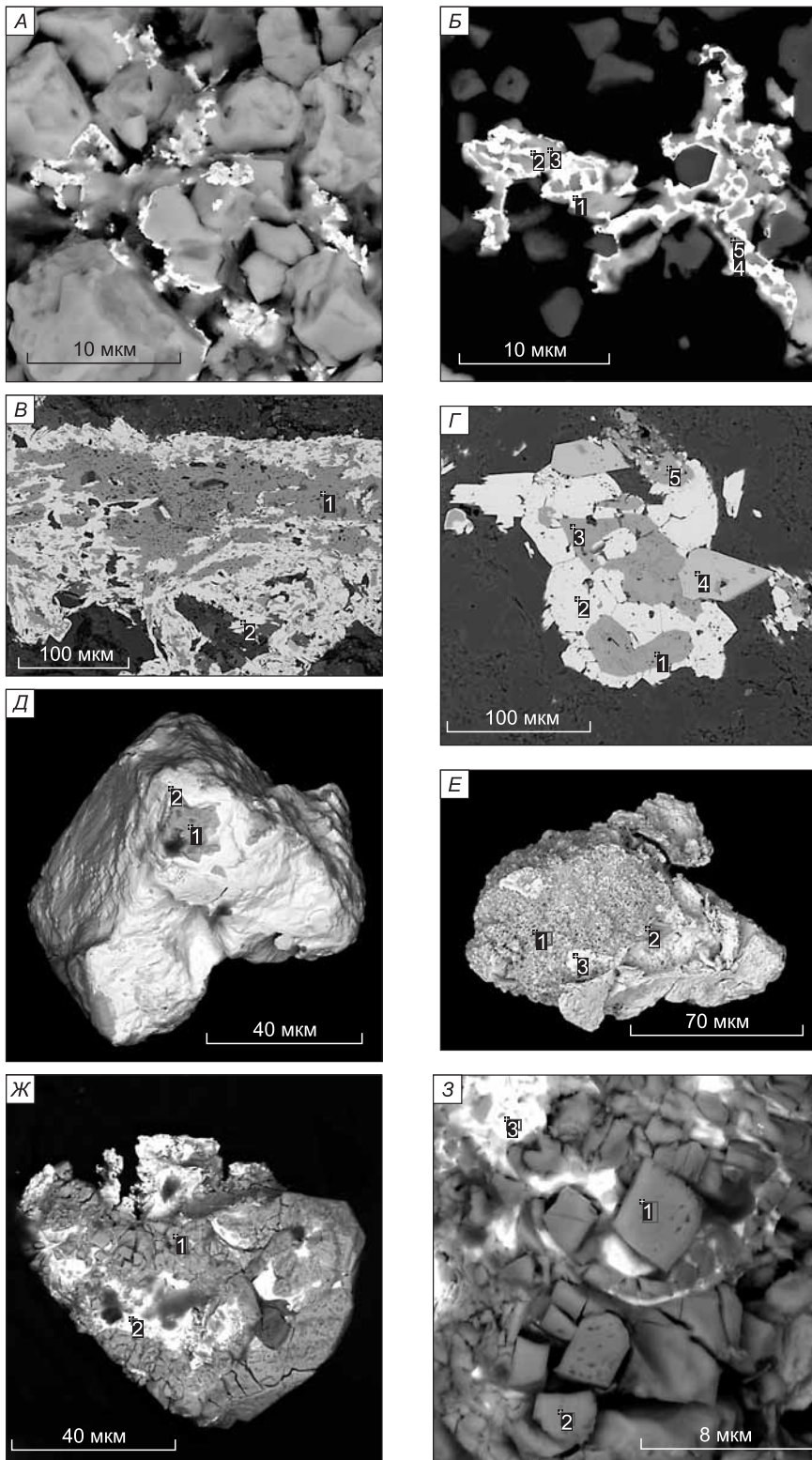
**Изотопный состав серы антимонита.** На Суздальском месторождении изотопный состав серы сульфидов ранней золотопродуктивной пирит-арсенопиритовой ассоциации составляет  $\delta^{34}\text{S} = 0.0 \dots -3.3 \text{‰}$ , а для поздней золото-полисульфидной ассоциации  $\delta^{34}\text{S} = -7.6 \dots -10.2 \text{‰}$  [Ковалев и др., 2012]. Изотопный состав серы антимонита находится в интервале значений  $\delta^{34}\text{S} = -0.9 \dots 0.7 \text{‰}$ , которые близки к метеоритному стандарту (табл. 3). На месторождениях Жерек, Жанан, Бакырчик и Дальний I значения изотопного состава серы антимонита располагаются в интервале  $-3.8 \dots +2.5 \text{‰}$ . Таким образом, источник серы антимонитовой минерализации на всех месторождениях единообразен и близок к метеоритному стандарту.

**Термобарогеохимические исследования.** Изучение флюидных включений проводилось в кварце из руд второй продуктивной золото-полисульфидной ассоциации и кварц-антимонитовых жил на Суз-

Таблица 2. Химический состав Sb-содержащих минералов золоторудных месторождений Прииртышского и Бакырчикского рудных районов (мас. %)

№	Минерал	Fe	Co	Ni	Au	Ag	S	As	Sb	Cu	Zn	Pb	Сумма
<b>Месторождение Суздаль</b>													
1	Антимонит	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	0.036	Н.о.	26.4	0.045	73.26	Н.п.о.	Н.о.	Н.о.	99.772
2	Сурьма	»	»	»	Н.п.о.	»	Н.п.о.	Н.п.о.	99.19	»	»	»	99.19
3	Бертьерит	12.66	»	»	»	»	30.33	»	56.84	»	»	»	99.83
4	»	12.23	0.03	0.019	0.007	»	30.66	»	57.19	»	»	»	100.15
5	Брейтгауптит	Н.п.о.	Н.п.о.	32.67	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	»	68.1	»	»	»	100.77
6	Ульманнит	0.07	Н.п.о.	28.14	»	»	14.69	»	56.14	0.04	Н.п.о.	Н.п.о.	99.08
7	Никелин	0.08	»	40.47	»	»	Н.п.о.	54.92	2.08	0.27	»	»	97.82
8	Джемсонит	2.83	»	Н.п.о.	»	»	20.4	Н.п.о.	35.78	Н.п.о.	»	40.56	99.57
9	Тетраэдрит	4.93	»	»	»	0.07	23.88	3.1	26.91	38.04	1.07	Н.п.о.	98.0
10	Ауристибит	Н.п.о.	»	»	43.96	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.п.о.	55.52	Н.п.о.	Н.п.о.	Н.о.	99.48
11	Sb-пирит	38.86	»	»	Н.п.о.	»	49.59	»	12.6	»	»	Н.п.о.	101.05
12	Пирит	45.21	»	0.04	»	»	53.35	»	1.14	»	»	Н.о.	99.94
13	Арсенопирит	32.05	»	0.12	»	»	16.99	47.94	1.22	»	»	»	98.32
14	»	34.03	»	Н.п.о.	»	»	18.67	47.2	0.276	»	»	»	100.19
15	»	33.72	0.045	»	»	»	19.03	46.82	0.413	»	»	»	100.04
<b>Месторождение Жанан</b>													
16	Антимонит	0.021	»	»	0.04	»	28.0	Н.п.о.	72.41	»	»	»	100.49
<b>Месторождение Жерек</b>													
17	»	Н.п.о.	»	»	0.048	»	26.97	0.041	72.56	»	»	»	99.654
<b>Месторождение Бакырчик</b>													
18	»	0.19	»	»	0.028	»	26.25	0.038	72.41	»	»	»	98.753

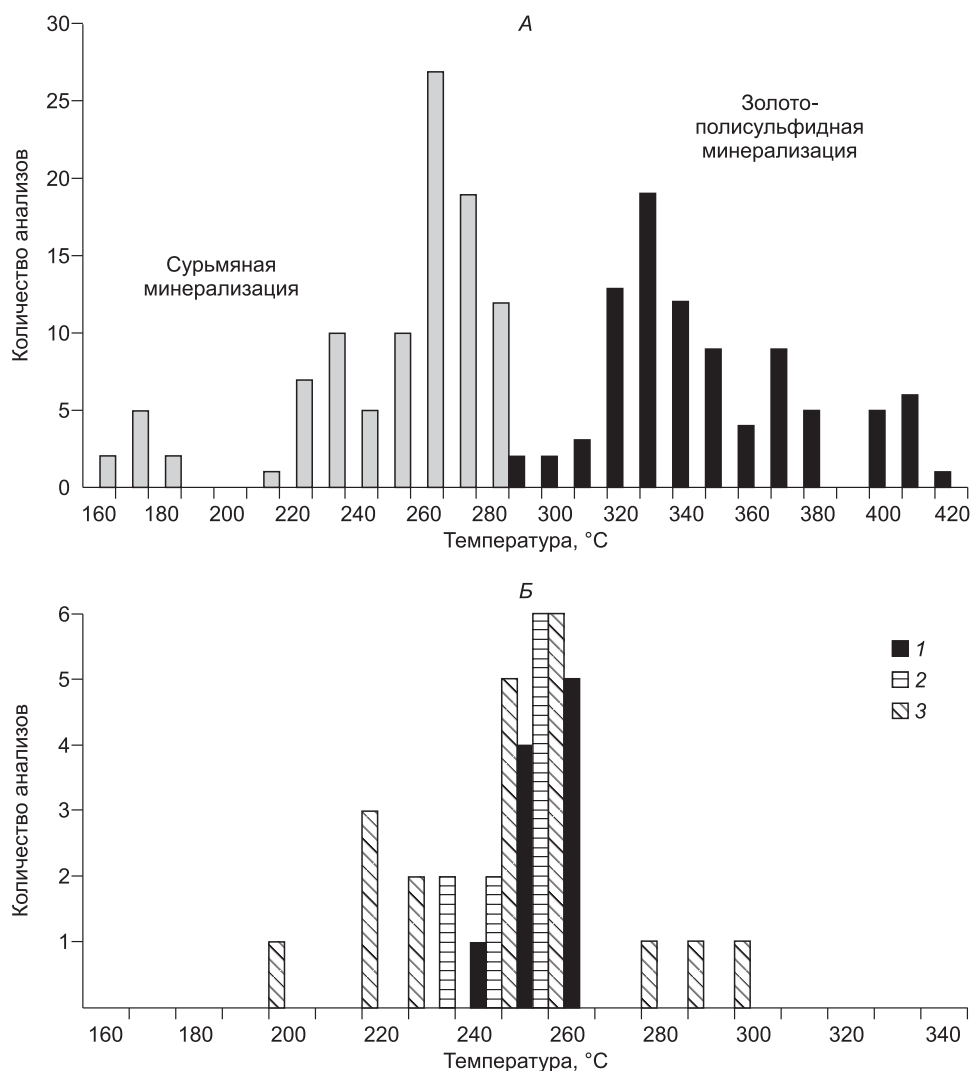
Примечание. Н.п.о. — ниже предела обнаружения. Н.о. — не определялся. Пределы обнаружения элементов: Fe — 0.025, Co — 0.028, Ni — 0.029, Au — 0.010, Ag — 0.045, S — 0.013, As — 0.055, Sb — 0.034, Cu — 0.031, Zn — 0.044, Pb — 0.076. Анализы выполнены на приборах TESCAN MIRA 3LMU и CAMEBAX, аналитики А.Т. Титов, Л.Н. Поспелова, В.Н. Королук (ИГМ СО РАН).



**Рис. 5. Микроминеральные парагенезисы и морфологические особенности сурьмяной минерализации, снято на сканирующем электронном микроскопе.**

*A* — отложение высокопробного золота и антимонита с бертьеритом на кубических кристаллах пирита в сульфидизированном алевропелите; *Б* — субмикроскопические ветвистые агрегаты высокопробного золота (1, 2, 4) в сростании с антимонитом (3, 5) в сульфидизированном алевропелите, полированный шлиф; *В* — реликты пирротина (1) в антимоните (2); *Г* — корродированный пирротин (1, 3, 5) и кристаллы арсенипирита (4) в поле бертерита (2); *Д* — отложение брейтгауптита (1) на кристалле высокопробного золота (2); *Е* — обрастание высокопробного золота (3) тонкопризматическими кристаллами антимонита (1, 2); *Ж* — обрастание агрегатом ульманита (1) высокопробного золота (2); *З* — изометричные зерна ульманита (1, 2) на золоте (3), увеличенный фрагмент рис. 5, *Ж*.





**Рис. 6.** Гистограмма температур гомогенизации газовой-жидких включений в кварце золото-полисульфидной и антимонитовой минерализации на месторождении Суздальское (А) и антимонитовой минерализации на месторождениях Жерек (1), Жанан (2) и Дальний I (3) (Б).

дальском месторождении, а также из кварц-антимонитовых жил на месторождениях Жерек, Жанан и Дальний I.

По фазовому составу флюидные включения на Суздальском месторождении выделены три группы: 1) двухфазовые, содержащие водный раствор и малоплотный газовый пузырек; 2) углекислотно-водные; 3) газовые двухфазные с каймой водного раствора. Температуры гомогенизации газовой-жидких включений представлены на рис. 6, А. Температуры гомогенизации газовой-жидких включений в кварце антимонитовых жил на других рудных участках близки (рис. 6, Б). Давление при формировании руд золото-полисульфидной минерализации оценивается в 2.0—0.3 кбар, а для поздней сурьмяной минерализации в 1.40—0.06 кбар.

**Изотопно-геохронологические исследования.** Последовательность формирования первой продуктивной золотоносной пирит-арсенопиритовой, второй продуктивной золото-полисульфидной и сурьмяной минерализации на Суздальском месторождении достаточно определенно устанавливается геологическими и минералого-геохимическими наблюдениями [Ковалев и др., 2012]. Ar/Ar методом по серицитам пирит-арсенопиритовой, золото-полисульфидной и сурьмяной минерализации получены следующие возрастные датировки соответственно:  $281.9 \pm 3.3$ ,  $248.1 \pm 3.4$  и  $241.9 \pm 2.7$  млн лет. Возраст формирования вкрапленных золотосодержащих пирит-арсенопиритовых руд в пределах Прииртышского рудного района подтверждается данными по месторождению Жерек. Возраст по серициту березитизированного плагиогранита и из двух проб вкрапленных руд составляет соответственно  $286.7 \pm 3.4$ ,



Таблица 3. Изотопный состав антимонита золото-сульфидных месторождений Восточного Казахстана

№ п/п	Месторождение	№ образца	Описание	<sup>34</sup> S, ‰
1	Суздальское	Su-30	Кварц-антимонитовая минерализация в углеродистом сланце	-0.9
2	»	Su-149	Брекчия из обломков сульфидизированных углеродистого сланца и песчаника, сцементированных антимонитом с включениями самородной сурьмы	0.7
3	»	Su-161	Прокварцованная брекчия с антимонитом	0.2
4	Бакырчик	Бк-6	Кварц-антимонитовый прожилок	-0.7
5	Дальний I	Вк-4	Кварц-антимонитовая жила с редкой вкрапленностью пирита и арсенопирита	-3.8
6	Жанан	Zn-11/1	Жила массивного антимонита с оксидами сурьмы	2.5
7	Жерек	Je-70	Кварц-антимонитовая жила с оксидами сурьмы в березитизированном плагиограните	0.2

Примечание. Аналитики В.Н. Реутский и М.Н. Колбасова (ИГМ СО РАН).

287.9 ± 2.8 и 282.5 ± 2.7 млн лет. Близкий возраст (285 млн лет) получен для вкрапленных пирит-арсенопиритовых руд месторождения Большевик в Бакырчикском рудном районе.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На месторождениях Западно-Калбинского золотоносного пояса основная вкрапленная золото-сульфидная минерализация, контролируемая зонами динамометаморфизма и рассланцевания углеродисто-терригенно-карбонатных пород, формировалась в условиях тектонического сжатия в длительно развивающихся сдвиговых структурах. Сурьмяная минерализация, наиболее широко проявленная в Прииртышском рудном районе, в Жананской тектонической зоне и в обрамлении Семейтауской вулканоплутонической структуры, характеризуется брекчиевыми текстурами и жильной морфологией тел, отражающими тектонический режим растяжения. В ряде случаев Sb-минерализация пространственно обособлена от золото-сульфидных руд, занимая секущее положение по отношению к основным рудоконтролирующим структурам. На ряде месторождений антимонитовая минерализация совмещена с вкрапленными золото-сульфидными рудами с образованием микропарагенезисов Sb-содержащих минералов с никелем, кобальтом, золотом, свинцом и железом.

2. В золото-сульфидных рудах месторождений ЗКЗП прямой корреляционной связи между Au и Sb не устанавливается. В собственно антимонитовых жилах свободное золото при микроскопических исследованиях и на сканирующем электронном микроскопе не обнаруживается. По данным же атомно-абсорбционного и рентгеноспектрального анализов, в антимоните отмечается присутствие невидимого золота на уровне первых грамм на тонну. Повышенная золотоносность золото-сульфидных руд с наложенной сурьмяной минерализацией в ряде случаев связывается, скорее всего, с процессами регенерации и переотложения [Дистанов и др., 1975; Индолев и др., 1980; Волков, 1989; Новожилов, Гаврилов, 1999; Геологическое строение..., 2009].

3. Кварц-антимонитовая минерализация на Суздальском месторождении, формирующаяся в условиях интравудных тектонических подвижек, обнаруживает геохимическое родство с растворами, отлагающими продуктивную золото-полисульфидную минерализацию. Как показало изучение газовой-жидких включений, составы растворов жильной кварц-антимонитовой минерализации частично наследуют некоторые особенности состава растворов золото-полисульфидной минерализации. На месторождении устанавливаются два температурных режима — 418—300 °С для второй продуктивной золото-полисульфидной и 280—200 °С для более поздней сурьмяной минерализации. Изотопный состав серы антимонита из различных месторождений имеет близкие значения в интервале  $\delta^{34}\text{S} = -3.8 \dots +2.5 \text{ ‰}$ , что позволяет предполагать ее глубинное происхождение.

4. Микроструктурные наблюдения, временные характеристики, минеральные парагенезисы и результаты изучения газовой-жидких включений на Суздальском месторождении позволяют рассматривать сурьмяную минерализацию в рамках золото-полисульфидного этапа, который отделен от раннего продуктивного этапа формирования вкрапленных золотосодержащих пирит-арсенопиритовых руд временным интервалом в 30 млн лет. Очевидно, следует говорить о стадии антимонитовой минерализации, отделенной от собственно золото-полисульфидной минерализации внутриминерализационными тектоническими подвижками и временем в 7 млн лет. Возраст золото-полисульфидного оруденения (248.3 ± ± 3.4 млн лет) близок ко времени становления Семейтауской вулканоплутонической структуры. Свиде-

тельством этого также является пространственная приуроченность и масштабность распространения месторождений и рудопроявлений с сурьмяной минерализацией в Прииртышском рудном районе по сравнению с другими золоторудными районами Западно-Калбинского золотоносного пояса.

Авторы благодарны В.И. Польшину, Е.Л. Кыдырбекову, М.И. Нетесову, А.Г. Клименко за возможность проведения работ на месторождениях, а также Л.Н. Поспеловой, А.Т. Титову и А.А. Боровикову за помощь в аналитических работах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 12-05-01040, 13-05-00998).

## ЛИТЕРАТУРА

**Амузинский В.А.** Металлогенические эпохи и золотоносность рудных комплексов Верхоянской складчатой системы. Якутск, Якут. гос. ун-т, 2005, 248 с.

**Бакырчик** (геология, геохимия, оруденение) / Ред. Нарсеев В.А. М., ЦНИГРИ, 2001, 174 с.

**Бегаев И.И., Степаненко Н.И.** Золотоносные коры выветривания Северного Казахстана и Семипалатинского Прииртышья // Геология и разведка недр Казахстана, 1995, № 5, с. 29—34.

**Бергер В.И.** Докембрийские сурьмяные месторождения Енисейского кряжа // Геология месторождений полезных ископаемых докембрия. Л., Наука, 1981, с. 311—329.

**Большой Алтай** (геология и металлогения). В 3 кн. / Ред. Г.Н. Щерба. Кн. 1. Геологическое строение. Алматы, Гылым, 1998, 304 с.

**Большой Алтай** (геология и металлогения). В 3 кн. / Ред. Г.Н. Щерба. Кн. 2. Металлогения. Алматы, РИО ВАК РК, 2000, 400 с.

**Бортников Н.С., Брызгалов И.А., Кривицкая Н.Н., Прокофьев В.Ю., Викентьева О.В.** Майское многоэтапное прожилково-вкрапленное золото-сульфидное месторождение (Чукотка, Россия): минералогия, флюидные включения, стабильные изотопы (О и S), история и условия образования // Геология рудных месторождений, 2004, № 6, с. 475—509.

**Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В., Прокофьев В.Ю., Прокофьев А.В.** Золото-сурьмяные месторождения Сарылах и Сентачан (Саха-Якутия): пример совмещения мезотермальных золото-кварцевых и эпитептермальных антимонитовых руд // Геология рудных месторождений, 2010, т. 52, № 52, с. 381—417.

**Владимиров А.Г., Крук Н.Н., Хромых С.В., Полянский О.П., Червов В.В., Владимиров В.Г., Травин А.В., Бабин Г.А., Куйбида М.Л., Хомяков В.Д.** Пермский магматизм и деформации литосферы Алтая как следствие термических процессов в земной коре и мантии // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (7), с. 621—636.

**Власов В.С.** К вопросу об условиях образования Удере́йского золото-сурьмяного месторождения (Красноярский кряж) // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, Изд-во КНИИГиМСа, 2003, вып. 4, с. 119—121.

**Волков А.В.** К генезису золотосурьмяного оруденения // Тихоокеанская геология, 1989, № 6, с. 84—87.

**Волков А.В., Сидоров А.А., Гончаров В.И., Сидоров В.А.** Золото-сульфидные месторождения вкрапленных руд Северо-Востока России // Геология рудных месторождений, 2002, т. 44, № 3, с. 179—197.

**Гамянин Г.Н., Жданов Ю.Я., Лескова Н.В.** Эндеогенное преобразование золота в золото-сурьмяных месторождениях // Рудогенез: материалы Международной конференции. Миасс, Екатеринбург, 2008, с. 72—75.

**Генкин А.Д., Лопатин В.А., Савельев Р.А., Сафонов Ю.Г., Сергеев Н.Б., Керзин А.Л., Цепин А.И., Амштутц Х., Афанасьева З.Б., Вагнер Ф., Иванова Г.Ф.** Золотые руды месторождения Олимпиада (Енисейский кряж, Сибирь) // Геология рудных месторождений, 1994, № 2, с. 111—136.

**Геология** золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М., ЦНИГРИ, 1986, 285 с.

**Геология** и металлогения Енисейского рудного пояса / Под ред. Г.Н. Бровкова, Л.В. Ли, М.Л. Шермана. Красноярск, СНИИГиМС, 1985, 291 с.

**Геологическое строение** золоторудных месторождений и опыт геологического обслуживания сырьевой базы Компании «Полус» в Красноярском крае / И.К. Совмен, Ю.М. Страгис, А.А. Плеханов, С.М. Бибин, Л.П. Кровякова, С.И. Савушкина, В.А. Лохмаков, И.Г. Звездин, В.С. Логачев. Красноярск, ООО «Версо», 2009, 208 с.

**Дистанов Э.Г., Стеблева А.Т., Оболенский А.А., Кочеткова К.В., Борисенко А.С.** Генезис Удере́йского золото-сурьмяного месторождения в Енисейском кряже // Геология и геофизика, 1975 (8), с. 19—27.

- Индолев Л.Н., Жданов Ю.А., Суплецов В.М.** Сурьмяное оруденение Верхояно-Колымской провинции. Новосибирск, Наука, 1980, 232 с.
- Калинин Ю.А., Росляков Н.А., Прудников С.Г.** Золотоносные коры выветривания юга Сибири. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2006, 339 с.
- Калинин Ю.А., Ковалев К.Р., Наумов Е.А., Кириллов М.В.** Золото коры выветривания Суздальского месторождения (Казахстан) // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (3), с. 241—257.
- Калинин Ю.А., Ковалев К.Р., Борисенко А.С., Наумов Е.А.** Модель золотого оруденения «суздальского» типа в Восточном Казахстане // Руды и металлы, 2011, № 3—4, с. 80.
- Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Наумов Е.А., Колесникова М.К., Королюк В.Н.** Золотоносность арсенопирита золото-сульфидных месторождений Восточного Казахстана // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (2), с. 225—242.
- Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Пологинов В.И., Кыдырбеков Е.Л., Борисенко А.С., Наумов Е.А., Нетесов М.И., Клименко А.Г., Колесникова М.К.** Суздальское золото-сульфидное месторождение в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Геология рудных месторождения, 2012, № 4, с. 305—328.
- Кузьмина О.Н., Дьячков Б.А., Владимиров А.Г., Кириллов М.В., Редин Ю.О.** Геология и минералогия золотоносных джаспероидов Восточного Казахстана (на примере рудного поля Байбура) // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (12), с. 1889—1904.
- Ли Л.В.** Олимпиадинское месторождение вкрапленных золото-сульфидных руд. Красноярск, Изд-во КНИИГиМСа, 2003, 120 с.
- Малыгин А.А., Нахтигаль Г.П., Бегаев И.В.** Золотоносность Семейтауской вулканно-плутонической структуры Прииртышья // Геология и разведка недр Казахстана, 1995, № 2, с. 20—24.
- Металлогения Казахстана.** Рудные формации. Месторождения руд золота / Ред. А.К. Каюпов. Алма-Ата, Наука, 1980, 224 с.
- Мысник А.М., Веренцов Ю.И., Брюханов Ф.Т.** Новый тип золото-сурьмяного оруденения в Жананском районе (Восточный Казахстан) // Материалы II Республиканской науч.-технич. конф. молодых геологов Казахской ССР. Усть-Каменогорск, 1970, с. 118—119.
- Нарсеев В.А.** Промышленная геология золота. М., Научный мир, 1996, 246 с.
- Нарсеев В.А.** К дискуссии о генезисе руд карлинского типа. Суздаль-тренд, Юго-Западный Алтай // Руды и металлы, 2002, № 1, с. 67—70.
- Наумов Е.А., Борисенко А.С., Ковалев К.Р., Федосеев Г.С., Травин А.В., Калинин Ю.А.** Возрастные рубежи формирования золотого оруденения Восточного Казахстана и Западной Сибири // Материалы Международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения». Алматы, 2009, с. 224—228.
- Наумов Е.А., Калинин Ю.А., Ковалев К.Р., Борисенко А.С.** Золоторудные месторождения Восточного Казахстана в углеродистых терригенных и терригенно-карбонатных комплексах и их геохронологические характеристики // Гигантские месторождения золота Центральной Азии. Укрепление золоторудного потенциала Казахстана (материалы Международного симпозиума). Алматы, Академия минеральных ресурсов РК, 2014, с. 123—126.
- Неволько П.А., Борисенко А.С.** Сурьмяная минерализация на золото-сульфидных месторождениях Енисейского кряжа // Разведка и охрана недр, 2009, № 2, с. 11—14.
- Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.** Внутриминерализационное переотложение вещества в месторождениях вкрапленных руд // Докл. АН СССР, 1989, т. 305, № 6, с. 1450—1454.
- Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.** Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. М., ЦНИГРИ, 1999, 175 с.
- Оболенский А.А., Оболенская Р.В.** Золото-сурьмяная и ртутная рудные формации Якутии // Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. М., Наука, 1972, с. 53—64.
- Павлова В.Е.** Структурные условия локализации вкрапленного золото-сульфидного оруденения на месторождениях Западной Калбы как основа их оценки // Вопросы типизации золоторудных месторождений и районов и принципы прогнозирования золотого оруденения. М., ЦНИГРИ, 1981, с. 49—54 (Тр. ЦНИГРИ, вып. 165).
- Полторыхин П.И.** Закономерности размещения и некоторые вопросы генезиса золоторудных месторождений типа минерализованных зон в Калбе // Вопросы геологии и металлогении Восточного Казахстана. Алма-Ата, Полиграфкомбинат Совета министров КазССР, 1971, с. 158—162.
- Рафаилович М.С.** Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, Типография «Комплекс», 2009, 304 с.
- Сазонов А.М.** Геохимия золота в метаморфических толщах. Томск, Изд-во Томск. политех. ун-та, 1998, 166 с.

**Сарылахское** и Сентачанское золото-сурьмяные месторождения: геология, минералогия и геохимия / Ред В.В. Попов. М., МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, 218 с.

**Сидоров А.А.** Об эпitherмальном и мезотермальном оруденении Северо-Востока России // ДАН, 2004, т. 395, № 6, с. 794—798.

**Сидоров А.А., Волков А.В.** Об антимонитовой минерализации на золоторудных месторождениях // Докл. АН СССР, 1982, т. 266, № 2, с. 433—435.

**Сидоров А.А., Волков А.В.** О связи крупных золото-сульфидных месторождений с ртутной и сурьмяной минерализацией // ДАН, 2001, т. 379, № 6, с. 802—806.

**Сорокин В.Н.** О хемогенной и гидротермальной золотоносности на месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) // Минеральный состав руд и изменения вмещающих пород в месторождениях золота, свинца и цинка. М., ЦНИГРИ, 1971, с. 148—158 (Тр. ЦНИГРИ, вып. 96).

**Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А.** Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2006, 291 с.

**Старова М.М.** Золото в рудах месторождения Бакырчик // Вопросы геологии и металлогении Восточного Казахстана. Алма-Ата, Полиграфкомбинат Совета министров КазССР, 1971, с. 143—151.

**An F., Zhu Y.** Native antimony in Baogutu gold deposit (west Junggar, NW China): its occurrence and origin // Ore Geol. Rev., 2010, v. 37, p. 214—223.

**Ashley P.M., Craw D.** Structural controls on hydrothermal alteration and gold-antimony mineralisation in the Hillgrove area, NSW, Australia // Miner. Deposita, 2004, v. 39, p. 223—239.

**Ashley P.M., Cook N.D.J., Hill R.L., Kent A.J.R.** Shoshonitic lamprophyre dykes and their relation to mesothermal Au-Sb veins at Hillgrove, New South Wales, Australia // Lithos, 1994, p. 249—272.

**Ashley P.M., Craw D., Graham B.P., Chappell D.A.** Environmental mobility of antimony around mesothermal stibnite deposits, New South Wales, Australia and southern New Zealand // J. Geochem. Explor., 2003, v. 77, № 1, p. 1—14.

**Atlas of mineral deposit models** / Eds. S.Zh. Daukeev, B.S. Uzhkenov, Kh.A. Bespaev, L.A. Miroshnichenko, A.K. Mazurov, M.A. Saydukasov. Almaty, Printed House «Center for Geoinformation of the MF RK», 2004, 141 p.

**Bierlein F.P., Maher S.** Orogenic disseminated gold in Phanerozoic fold belts — examples from Victoria, Australia and elsewhere // Ore Geol. Rev., 2001, v. 18, p. 113—148.

**Bierlein F.P., Arne D.C., Foster D.A., Reynolds P.** A geochronological framework for orogenic gold mineralization in central Victoria, Australia // Miner. Deposita, 2001, v. 36, p. 741—767.

**Bierlein F.P., Groves D.I., Goldfarb R.J., Dube' B.** Lithospheric control of formation of provinces hosting giant orogenic gold deposits // Miner. Deposita, 2006, v. 40, p. 874—886.

**Changkakoti A., Gao Z., Green N., Kwak T.A.P., Gray J., Krouse H.R.** Contrasting origin of Au- and Sb-bearing fluids, Central Victoria, Australia // N. Jb. Miner. Mh., 1996, h.6, p. 271—285.

**Gao Z.L., Kwak T.A.P., Changkakoti A., Hussein E.** Supergene ore and hypogene mineralization at the Nagambie sediment-hosted gold deposits, Victoria, Australia // Econ. Geol., 1995, v. 90, p. 1747—1763.

**Gu X.X., Liu J.M., Shulz O., Vavtar F., Zheng M.H.** Syngenetic origin for the sediment-hosted disseminated gold deposits in NW Sichuan, China: ore fabric evidence // Ore Geol. Rev., 2002, v. 22, p. 91—116.

**Kontak D.J., Horne R.J., Smith P.K.** Hydrothermal characterization of the West Gore Sb-Au Deposit, Meguma Terrane, Nova Scotia, Canada // Econ. Geol., 1996, v. 91, p. 1239—1262.

**Kovalev K.R., Kalinin Y.A., Naumov E.A., Pirajno F., Borisenko A.S.** A mineralogical study of the Suzdal sediment-hosted gold deposit, Eastern Kazakhstan: implication for ore genesis // Ore Geol. Rev., 2009, v. 35, p. 186—205.

**Lyons J.J., Coe R.S., Zhao X., Renne P.R., Kazansky A.Y., Izokh A.E., Kungurtsev L.V., Mitrokhin D.V.** Paleomagnetism of the early Triassic Semeitau igneous series, Eastern Kazakhstan // J. Geophys. Res., 2002, v. 107, B7, doi: 10.1029/2001JB000521.

**Madu B.E., Nesbitt B.E., Muehlenbachs K.** A mesothermal gold-stibnite-quartz vein occurrence in the Canadian Cordillera // Econ. Geol., 1990, v. 85, № 6, p. 1260—1268.

**Naumov E., Borisenko A., Kovalev K., Kalinin Y., Fedoseev G., Seltmann R.** Gold deposits of Western Siberia and Eastern Kazakhstan: types and ages of mineralization, correlation with magmatic events // Proceedings of 11th SGA Biennial Meeting «Let's Talk Ore Deposits», Antofagasta, Chile, 26—29th September 2011. 2011, p. 82—84, WOS:000309699400027.

**Peters S.G., Golding S.D., Dowling K.** Melange and sediment-hosted gold-bearing quartz veins, Hodgkinson gold field, Queensland, Australia // Econ. Geol., 1990, v. 85, № 2, p. 312—327.

**Peters S.G., Jiazhan H., Zhiping L., Cheggui J.** Sedimentary rock-hosted Au deposits of the Dian-Qian-Gui area, Guixhou, and Yunnan provinces, Guangxi district, China // Ore Geol. Rev., 2007, v. 31, p. 170—204.



**Phillips G.N., Hughes M.J.** The geology and gold deposits of the Victorian gold province // *Ore Geol. Rev.*, 1996, v. 11, p. 255—302.

**Ramsay W.R.H., Bierlein F.P., Arme D.C., VanderBerg A.H.M.** Turbidite-hosted gold deposits of Central Victoria, Australia: their regional setting, mineralizing styles, and some genetic constraints // *Ore Geol. Rev.*, 1998, v. 13, p. 131—151.

**Rui Z., Goldfarb R.J., Qui Y., Zhou T., Chen R., Piraino F., Yun G.** Paleozoic-early Mesozoic gold deposits of the Xinjiang Autonomous Region, northwestern China // *Miner. Deposita*, 2002, v. 37, p. 393—418.

**Vos J.M.A., Bierlein F.P.** Characteristics of orogenic-gold deposits in the Northcote district, Hodgkinson Province, North Queensland: implications for tectonic evolution // *Aust. J. Earth Sci.*, 2006, v. 53, № 3, p. 469—484.

**Vos J.M.A., Bierlein F.P., Teale G.S.** Genesis of orogenic-gold deposits in the Broken River Province, northeast Queensland // *Aust. J. Earth Sci.*, 2005, v. 52, p. 941—958.

**Yang F., Mao J., Wang Y., Bierlein F.P., Ye H., Li M., Zhao C., Ye J.** Geology and metallogenesis of the Sawayaerdun gold deposits in the Southwestern Tianshan Mountains, Xinjiang, China // *Resour. Geol.*, 2007, v. 57, № 1, p. 57—75.

**Yang Z., Hou Z., Meng X., Liu Y., Fei H., Tian S., Li Z., Gao W.** Post-collisional Sb and Au mineralization related to the South Tibetan detachment system, Himalayan orogen // *Ore Geol. Rev.*, 2009, v. 36, p. 194—212.

**Zhou T., Goldfarb R.J., Phillips G.N.** Tectonics and distribution of gold deposits in China — an overview // *Miner. Deposita*, 2002, v. 37, p. 249—282.

*Рекомендована к печати 24 января 2014 г.  
А.С. Борисенко*

*Поступила в редакцию  
13 мая 2013 г.*