

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ И ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОИСКА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЖАСПЕРОИДНОГО ТИПА (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

© 2013 г. О. Н. Кузьмина***, Б. А. Дьячков****, А. Г. Владимиров*****

**Восточно-Казахстанский государственный технический университет
070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протожанова, 69
E-mail: bdyachkov@mail.ru*

***Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Коптюга, 3*

****Алтайский геолого-экологический институт
070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Карла Либнехта, 21
****Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет,
630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2*

******Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, ул. Ленина, 36*

Поступила в редакцию 17.12.2012 г.

Рассматриваются особенности формирования и размещения нетрадиционного типа золотого оруденения в структурах Западной Калбы и Чарской зоны. Подчеркивается пространственная приуроченность золото-сульфидных месторождений к островодужной вулканогенно-карбонатно-терригенной формации. Приводятся прогнозно-поисковые факторы и критерии для выявления новых золоторудных объектов джаспероидного типа на территории Восточно-Казахстанского региона.

Ключевые слова: *джаспероиды, карбонатные формации, прогнозные критерии, золото.*

ВВЕДЕНИЕ

Критерии прогноза и поиска месторождений цветных, благородных и редких металлов в Восточном Казахстане разрабатывались многими научными и производственными организациями Казахстана и России (1950–1990 гг.), что привело к открытию ряда крупных месторождений меди, свинца, цинка, золота, серебра и других полезных ископаемых. Но к настоящему времени фонд легко открываемых месторождений практически оказался исчерпанным. Поэтому сейчас возникла острая необходимость поиска новых путей для усовершенствования методологии металлогенических исследований и прогноза месторождений, в том числе скрытых и погребенных.

В Восточно-Казахстанском регионе в последние годы проводятся исследования, связанные с разработкой геолого-генетических и прогнозно-поисковых моделей нетрадиционных месторождений золота в вулканогенно-карбонатно-терригенных формациях островодужного типа. Эталонным является промышленное Суздальское месторождение, сопоставляемое по ряду общих признаков с известным в литературе “карлинским типом” золоторудных месторождений [14, 17, 23]. Геологические условия образования подобных золоторудных объ-

ектов рассмотрены в работах М.М. Константинова, А.М. Угрюмова, В.Н. Сазонова, В.А. Коротева, М.С. Рафаиловича, В.Д. Цоя и других исследователей [3, 8, 17–19, 22]. Формационная принадлежность месторождений джаспероидного типа понимается по-разному. В работах А.Н. Угрюмова [19], В.Д. Мельникова (1994) золотоносные джаспероиды рассматриваются в качестве самостоятельной рудной формации. В.Д. Цой с соавторами [22], по материалам Узбекистана, выделяет нетрадиционный апокарбонатный тип золотого оруденения, который представляет убого-сульфидную золото-кварц-карбонатную рудную формацию. В.А. Сазонов и В.А. Коротев [18] джаспероиды относят к межформационным метасоматитам, которые “возникают как автономная фация в составе трех метасоматических формаций – аргиллизитовой, кварц-серицитовой и березит-лиственитовой”.

В работе Е.М. Некрасова [16] отмечается, что среди собственно золоторудных объектов на мировом уровне “первое место принадлежит геолого-промышленному типу субпластовых джаспероидных руд в породах терригенно-карбонатных формаций (212 т), однако с явными признаками истощения... Представители этого типа (иногда называемого “карлинским”) преобладают в США...” Рассматриваемые месторождения представляют большой

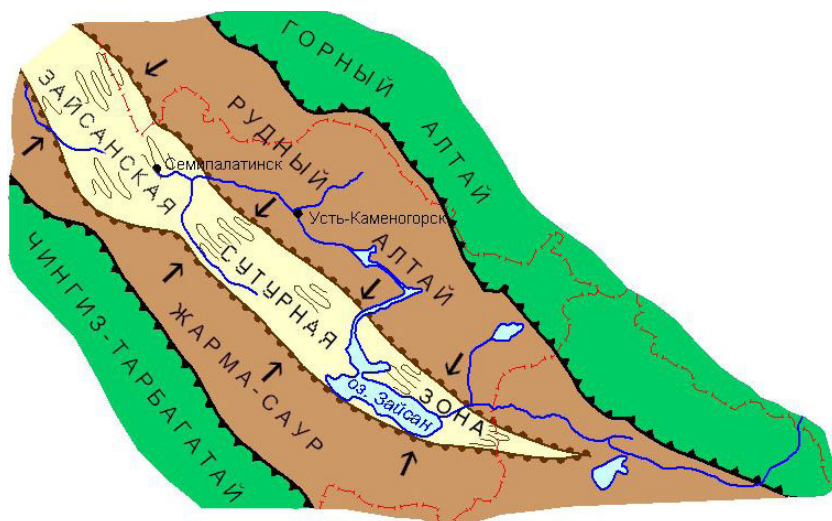


Рис. 1. Основные геологические структуры Большого Алтая.

практический интерес. В результате исследований на территории Западной Калбы и Чарской зоны наметились критерии и предпосылки для прогнозирования и поиска золоторудных месторождений джаспероидного типа, которые рассматриваются в данной статье.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

В региональном плане устанавливается закономерная приуроченность собственно золоторудных месторождений изучаемого региона к Зайсанской сутурной зоне, расположенной в центральной части Большого Алтая [2, 4].

Зайсанская сутурная зона (ЗСЗ) – это крупная тектоническая и металлогеническая структура коллизионного типа региональной (возможно планетарной) ранговости, сформированная в результате столкновения крупных литосферных плит в стадию герцинской коллизии C_1 – C_3 (рис. 1). Сутура имеет значительную протяженность (длина более 1000 км, ширина 20–40 км), характеризуется дугообразной формой и на северо-западе продолжается в Россию, а на юго-востоке продолжается в Китай, огибая с юга Сибирскую платформу. По геолого-геофизическому разрезу литосферы Большого Алтая через Алейский геотраверс, составленному В.Н. Любецким, М.Ш. Омирсериковым и др. [2], ЗСЗ включает Чарский структурный блок и имеет форму шатрового типа с падением крыльев в сторону Рудного Алтая (на северо-востоке) и под Жарма-Саур (на юго-западе). В глубинном строении она характеризуется приподнятостью астеносферного слоя, верхней мантии (поверхность М) и метабазальтового слоя (поверхность К).

Это главная рудоконцентрирующая структура для золотого оруденения, в пределах которой сосредоточено более 450 месторождений и рудопроявлений

золота, в том числе уникальное месторождение Бакырчик, крупное Суздальское месторождение, а на прилегающей территории Китая известны промышленные объекты Долоносай и Сарыбулак, обследованные в процессе работы казахстанско-китайской геологической экспедиции (при участии Б.А. Дьячкова). Характеристика месторождений приведена в монографии [2].

В целом ЗСЗ – это крупная рудоносная структура, еще недостаточно изученная: не раскрыты ее перспективы на глубину, практически не изучены фланги, закрытые рыхлыми отложениями (Семипалатинское Прииртышье, Северное Призайсанье и др.). В ее пределах, по геолого-геофизическим данным, выделяется Сенташ-Байбуринский пояс скрытых гранитоидных массивов, в надинтрузивной зоне которых размещаются золоторудные объекты (Сенташ, Байбура, Кулуджун, Джумба и др.). Поэтому нами рекомендуется дальнейшее изучение этой сутурной зоны с целью определения ее перспектив на золотое оруденение и другие виды полезных ископаемых (Cr, Ni, Co, Cu, Hg, Pt и др.).

Структурный контроль

В контроле золотого оруденения важное значение придается системе диагональных глубинных разломов (дугообразной формы), активно проявленных в ЗСЗ в стадию герцинской коллизии (Чарско-Горностаевский, Байгузин-Булакский, Западно-Калбинский, Теректинский). Именно эта система разломов, возникающая на стыке континентальных окраин Горного Алтая и Казахстанского микроконтинента, контролировала размещение Чарско-Горностаевского офиолитового пояса дугообразной формы, линейных островных дуг, молассовых формаций в наложенных мульдах (таубинская, буконьская, майтубинская свиты C_2 и C_{2-3}), золото-

носных малых интрузий и даек средне-основного и кислого (C_3) составов и главных золоторудных зон Восточного Казахстана (Западно-Калбинской, Жана-Бок-Зайсанской и Южноалтайской). На геологических картах и схемах они вписываются в единый Восточно-Казахстанский золоторудный пояс регионального масштаба, проникающий на юго-востоке в структуры Китая [13].

В размещении золоторудных месторождений большое значение имели продольные северо-западные, поперечные северо-восточные и субширотные разломы древнего заложения и их оперяющие нарушения, практически проявленные на всех рудных полях и объектах (Западно-Калбинский, Суздальский и др.). Особенно ярко рудоконтролирующая роль разломов проявлена в Бакырчикском рудном районе, где главные промышленные золоторудные месторождения (Бакырчик, Большевик, Глубокий Лог и др.) четко контролируются Кызыловской зоной широтного простираения. Непосредственно на месторождениях рудные тела локализируются в зонах брекчирования, смятия, расщепления и в надвиговых структурах [4, 7].

На Суздальском месторождении рудные тела контролируются разломами северо-восточного простираения и имеют секущие и субсогласные линзовидные формы с раздувами и пережимами. Субсогласные залежи золотоносных метасоматитов развиты на месторождении Мираж в измененных известняках аркалыкской свиты. Для сопоставления, на месторождении Карлин (США) рудные тела определяются литолого-стратиграфическим фактором и имеют пластообразную форму среди известковистых пород формации Робертс Маунтинс [14]. Такую же позицию занимают золотоносные зоны джаспероидов на месторождении Дадьянгу в Китае. Поэтому, при прогнозно-металлогенических работах важное значение придается структурному контролю золотого оруденения, в первую очередь, это системы разрывных нарушений различной ранговости, структурно-литологические экраны внутрирудных порфировых интрузий и даек и литологические разновидности осадочных пород.

Литолого-стратиграфический контроль

Важная роль в контроле золотого оруденения придается литолого-стратиграфическим факторам. При описании зарубежных эндогенных месторождений золота Е.М. Некрасов [15] рассматривает объекты золотоносных джаспероидов в пространственной связи с углеродсодержащими карбонатными и терригенно-(вулканогенно)-карбонатными толщами. В Узбекистане нетрадиционный апокарбонатный тип золотого оруденения описан в работе В.Д. Цоя с соавторами [22], которые подчеркивают важную роль карбонатных пород в формировании месторождений (Бургунда, Кансай, Рабинджан

и др.). Подобные месторождения образовались в результате изменения карбонатсодержащих отложений силикатными гидротермальными растворами. Окремнение карбонатных пород сопровождалось осаждением золота в “условиях нейтрализации кислых растворов”. По [10], должна учитываться не только химическая активность карбонатных пород, но и их повышенная тектоническая трещиноватость и пористость. В работе [21] подчеркивается, что осаждение и концентрация золота в известняках происходит на щелочных геохимических барьерах. Взаимодействие рудоносных растворов с известняками сопровождается повышением щелочности и осаждением золота [9]. Эти данные подтверждаются также экспериментальными моделями [12].

В Чарской и Западно-Калбинской зонах для золотопроявлений джаспероидного типа рудовмещающими являются близкие по составу вулканогенно-терригенные и карбонатно-терригенные отложения карабайской, аркалыкской и бурабайской свит. Так, на Суздальском месторождении рудовмещающие породы представлены углеродистыми органогенными известняками и доломитами, известковистыми алевролитами и песчаниками аркалыкской свиты [7, 17]. На месторождениях Жайма, Мираж и др. зоны золото-сульфидной минерализации образовались непосредственно в известняках аркалыкской свиты (C_{1V2-3}). Карбонатные отложения здесь оказались благоприятной тектонически подготовленной средой (в виде структурно-литологических и геохимических ловушек) для проникновения гидротермальных растворов, осаждения и концентрации золота. В этих условиях при рудообразовании проявились процессы скарнирования и окремнения, образовались кварцитоподобные метасоматиты и, в конечном итоге, сформировались золоторудные месторождения и рудопроявления золото-сульфидной формации (Суздальское, Мираж, Байбура, Бригадное и др.). В этой связи, установленная пространственная приуроченность золоторудных объектов апокарбонатного типа преимущественно к карбонатно-терригенным породам аркалыкской свиты является ведущим критерием для оценки перспектив территории и выбора направления дальнейших прогнозно-поисковых работ (рис. 2).

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Рассматриваемые месторождения характеризуются широким спектром геохимических элементов, рассмотренных в работах Ю.А. Калинина, К.Р. Ковалева, В.И. Полынова [7], М.С. Рафаиловича [17] и других исследователей. На Суздальском месторождении наиболее распространенными компонентами являются Au, As, Sb, Hg, Ag, Pb, Cu, Zn и др., при этом Au, As, Sb, Ag и W образуют контрастные ореолы, которые облекают с боков золотоносные зоны минерализации [7]. Такой набор геохимических

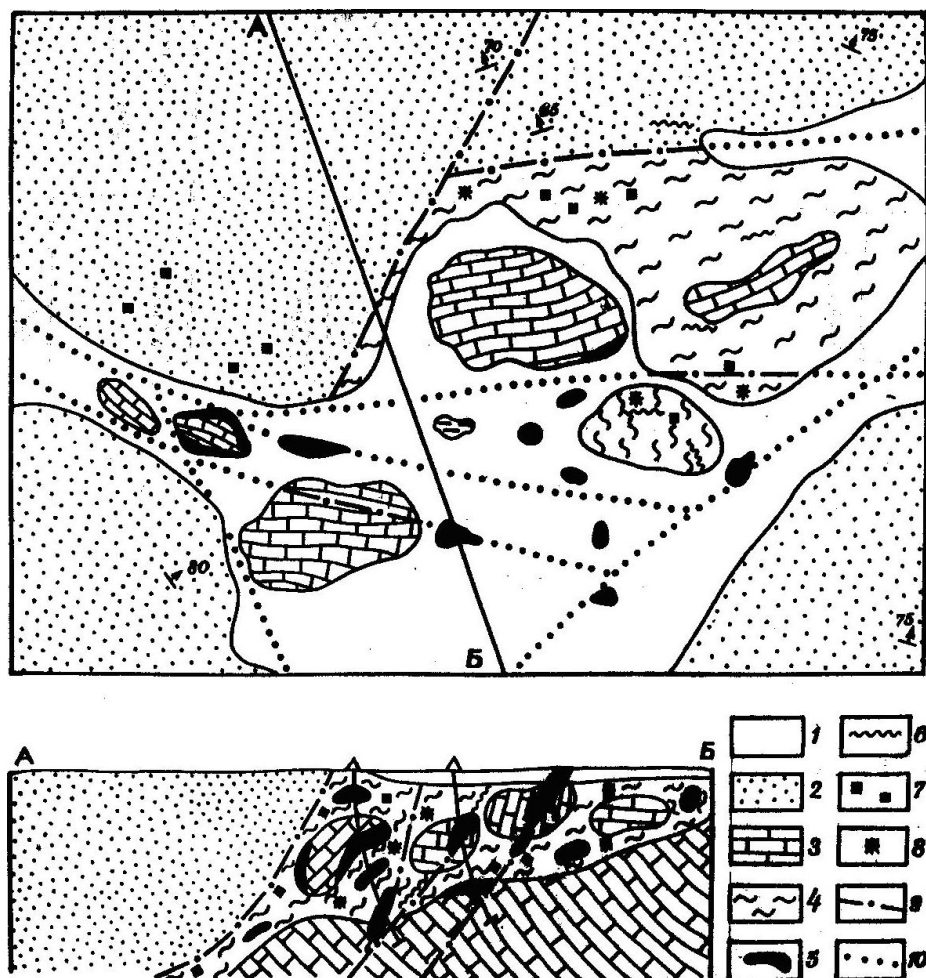


Рис. 2. Схематическая карта-врезка участка Байбура.

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – преимущественно песчаники аганактинской свиты (C_1s); 3–4 – породы аркалыкской свиты (C_1v_{2-3}): 3 – известняки, 4 – углисто-глинистые и кремнистые алевролиты; 5 – фрагментарные выходы золотоносных джаспероидов и кварцитоподобных метасоматитов; 6 – кварцевые прожилки; 7 – пиритизация; 8 – обожренность; 9–10 – разломы: 9 – достоверные, 10 – предполагаемые под рыхлыми отложениями.

элементов в первичных рудах сближает Суздальское месторождение с объектами Карлин-тренда. В корях выветривания отмечается унаследованность геохимических элементов первичных и окисленных руд и четко проявлена корреляция золота с As, Sb и W. Указанная ассоциация элементов рассматривается в качестве индикатора при прогнозировании и поисках золото-сульфидного оруденения в углеродисто-терригенно-карбонатных толщах.

На золото-сульфидных проявлениях Байбура и Бригадном химический состав газово-жидких включений из кварца и бурых железняков зоны окисления соответствует калиево-натриево-гидрокарбонатному (с F^- и Cl^-) типу растворов. Осаждение золота происходило, вероятно, на углеродисто-железооксидно-кварцевом геохимическом барьере. По результатам термовысвечивания, полученным в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева (исполнитель В.А. Кормушин), рудоносный кварцевый

прожилок из джаспероидов (более поздней генерации) образовался при $T = 250\text{--}350^\circ\text{C}$ и характеризуется высокими значениями интенсивности высвечивания (900–1500 усл. ед.), что существенно отличает его от безрудного жильного кварца (25–100 усл. ед.), развитого в осадочных породах.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

На известных объектах Западной Калбы золото-сульфидного типа рудные тела представлены раздробленными, брекчированными и трещиноватыми углистыми и известковистыми алевролитами, известняками, туфопесчаниками и порфиритами с кварцевыми и карбонатными прожилками. На Суздальском месторождении руды относятся к золото-малосульфидному типу, в которых содержание сульфидов изменяется от 0.5 до 10–15% [7]. Они характеризуются тонковкрапленной и гнездово-

вкрапленной сульфидной минерализацией, а также содержат видимое микроскопическое свободное золото в гидротермально-измененных углеродистых алевритах, кремнистых сланцах, известняках и других породах. К главным рудным минералам относятся золото, арсенопирит, пирит и пирротин, второстепенные – антимонит, сфалерит, халькопирит, бертьерит и др. Нерудные минералы: кварц, серицит, кальцит, доломит, сидерит и каолинит.

Следует подчеркнуть, что на Суздальском месторождении среди других золотосодержащих минерализованных образований (углеродистых алевропелитов и песчаников, магматических пород) по К.Р. Ковалеву [7] выделяются еще два типа рудомещающих пород: 1) брекчированные карбонатные породы с гнездово-прожилковой пирит-арсенопиритовой минерализацией, в которых содержание Au достигает первых десятков граммов на тонну; 2) прокварцованные карбонатно-терригенные брекчии, представленные золотоносными кварц-карбонатными штокверками.

Внешне – это “интенсивно прокварцованные породы по брекчированным известнякам (джаспериоды) и углеродистым сульфидизированным алевропесчаникам и алевропелитам”. Содержание золота по штучным пробам высокое (сотни граммов на тонну).

В целом, на месторождении тонкодисперсное золото связано в основном с арсенопиритами игольчатой и звездчатой морфологии. Свободное золото наблюдается преимущественно в прокварцованных брекчированных известняках, в штокверковом типе минерализации [7]. Как видно, на Суздальском месторождении фиксируются золотоносные джаспериоды, благоприятная роль вмещающей среды (повышенной карбонатности и углеродистости) в процессах рудообразования проявляется достаточно четко. Минералами-индикаторами золотого оруденения могут служить золотосодержащий арсенопирит, пирит нескольких генераций, пирротин, тонкодисперсное и видимое самородное золото в ассоциации с нерудными минералами (кварц, кальцит, доломит и серицит).

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Геолого-генетическая модель рудообразования определяется как гидротермально-метасоматическая, обусловленная формированием минерализованных зон золотого оруденения в тектонически нарушенных карбонатно-терригенных породах аркалыкской свиты (C_1V_{2-3}) в результате процессов кремнисто-железистого метасоматоза [4]. Ведущим фактором, определяющим развитие золотоносных метасоматитов, является приуроченность их к зонам высокой тектонической активности и резкое изменение режима кислотности-щелочности в карбонатной среде, обусловившее подвижность элементов (Si, Ca, Na, K, Au, As и др.). При этом “базовой

золотоматеринской” является вулcano-терригенная формация D_3-C_1V [2], а рудогенерирующей – плагиогранит-гранодиоритовая (кунушский комплекс C_3). Метасоматоз осуществлялся под влиянием поступающих газовых и газовой-жидких эксталяций углекислотно-калиевого и сероуглекислотно-натриевого состава.

Золото генетически связывается с гранитоидным магматизмом коллизионной стадии, то есть имеет в основном ювенильное происхождение. Однако следует учитывать работы [5, 11, 14, 20 и др.] о двойственной природе золота (седиментного и ювенильного) в Западной Калбе, на объектах золото-мышьяково-углеродистой формации (бакырчикский тип). Т.М. Жаутиковым [5] обосновывается эволюционная модель формирования месторождений, определяющая сингенетичное накопление золота в нелигифицированных осадках с последующими его преобразованиями в процессе диагенеза, динамометаморфизма и магматической деятельности. Такая модель рудообразования возможно будет применима и для месторождений золота, ассоциирующих с вулcano-карбонатно-терригенной формацией (аркалыкская свита), в составе которой широко развиты пачки алевролитов повышенной углеродистости.

Выполненные авторами генетические построения по Калбинскому региону близки к апокарбонатной модели формирования золоторудных месторождений Узбекистана [22]. Многие месторождения Западного Узбекистана (Мурунтау, Даугызтау, Турбай и др.) размещаются в литологически контрастных толщах, включающих карбонатные породы. Последние при воздействии гидротермальных растворов приобретают кварцитоподобный, кремневидный облик и обогащаются сульфидами и золотом. Золото обычно тонкое (0.001–0.015 мм), среднее содержание на отдельных объектах 2.87 г/т. В рудах отмечаются кальцит, доломит, кварц, гетит, пирит, магнетит, самородное золото и другие минералы.

ОСОБЕННОСТИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА

Изучение самородного золота производилось на рудопроявлении Байбура, представленном зонами золото-сульфидной минерализации в измененных карбонатно-терригенных породах аркалыкской свиты [4]. Золото концентрируется в окремненных опаловидных породах (джаспериодах), которые в зоне окисления представлены фрагментарными выходами бурых железняков с гнездами и жилками метасоматического кварца. По химическому составу они состоят в основном из SiO_2 и Fe_2O_3 . В ожелезненных разностях преобладает лимонит с прожилками гетита колломорфной структуры и мелкими реликтовыми зернами пирита и арсенопирита. Содержание золота в рудах от 0.1 до 27.6 г/т, в среднем 3–4 г/т.

В скарнированных породах выявлена магнетитовая минерализация, которая подчеркивается маг-

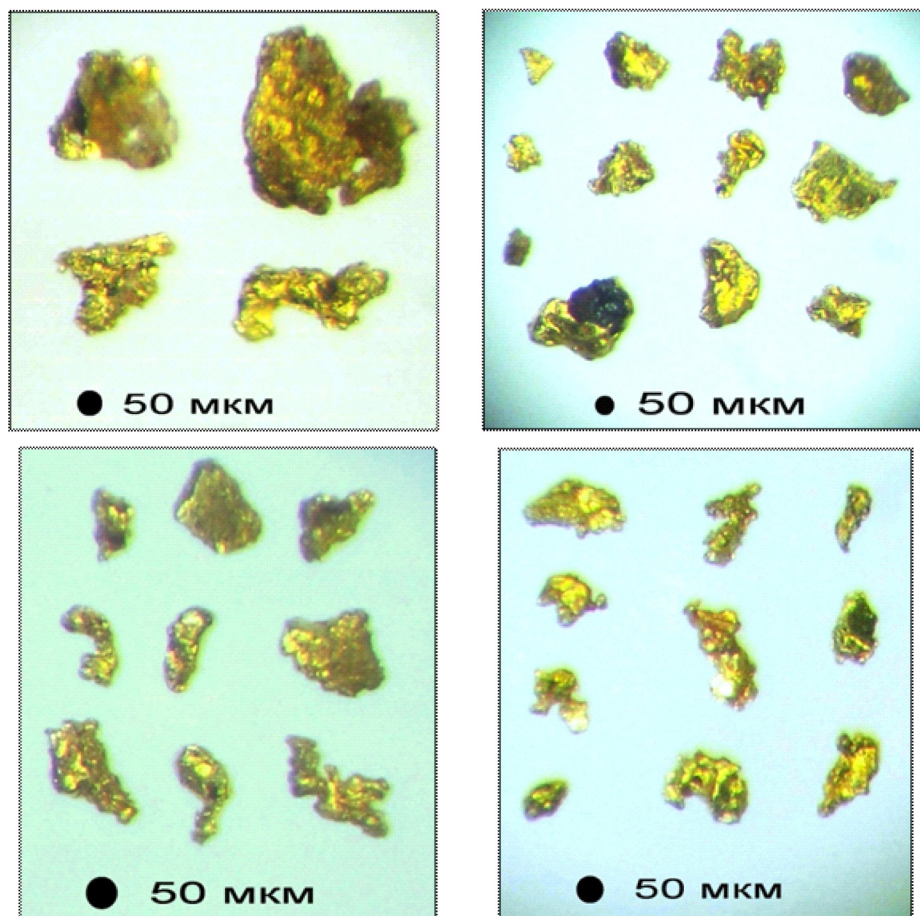


Рис. 3. Морфология самородного золота участка Байбура.

Диаметр черной метки соответствует числовому значению, указанному справа.

нитными аномалиями с высокой интенсивностью (до 2250 нТл). По результатам детальной магниторазведки, проведенной по сети 100×20 м (Г.П. Нахтигаль, В.А. Натрускин, 1995 г., неопубликованные данные) определена протяженность рудоносной зоны на глубину более 100 м при мощности 10 м и падении на юг под углом 67° . Поэтому детальная магниторазведка может эффективно использоваться при поисках золоторудных объектов джаспероидного типа.

Самородное золото фиксируется в протолочках из бурых железняков, образует мелкие пластинки и чешуйки уплощенно-комковатой формы (размером от 0.025 до 0.1–0.5 мм) (рис. 3). Отмечается также в виде пленок и в сростках с кварцем, цвет его медно-желтый.

По неопубликованным данным С.Ф. Петрова (2011 г.), выделяются еще другие морфологические разновидности золота: интерстициально-каркасные, каркасно-листовидные, интерстициально-пластинчатые и др. (рис. 4).

При более детальном рассмотрении монофракции установлено, что у 26.2% зерен наблюдаются

в той или иной степени развитые гранные формы, для 90.2% зерен характерны отпечатки вмещающей матрицы. Сростки с жильным материалом типичны для 21.3% золотинок, а для 60.7% установлены пленки, включения гидрооксидов железа, гидрооксидные “рубашки” (13.1%).

Расчет размеров зерен с использованием среднего геометрического показывает изменение значений от 0.027 до 0.267 мм. Среднее геометрическое всех измеренных параметров по выборке составляет – 0.109 мм (рис. 5). Как видно из диаграммы, основная масса золота относится к весьма мелкому и тонкому (суммарно – 89.7%).

Расчетный стандартный коэффициент уплощенности зерен варьирует от 1.255 до 6.672. Среднее значение – 2.835, что свидетельствует о ведущей роли пластинчатых золотинок (рис. 6).

Из расчетов следует, что 66.2% исследованных золотинок обладают высокой флотационной способностью (коэффициент уплощенности более 0.5), а 33.8% золота может хорошо извлекаться гравитационными методами. Получены положительные результаты исследования золотоносных бурых же-

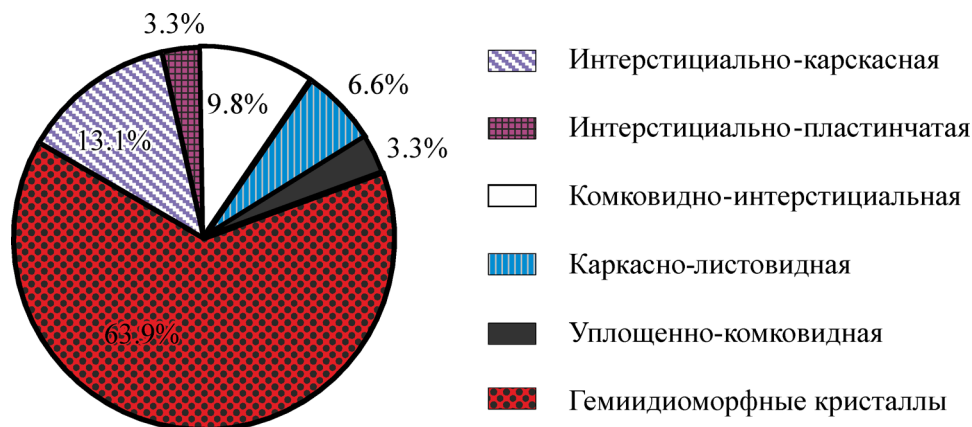


Рис. 4. Соотношение морфологических разновидностей самородного золота участка Байбура.

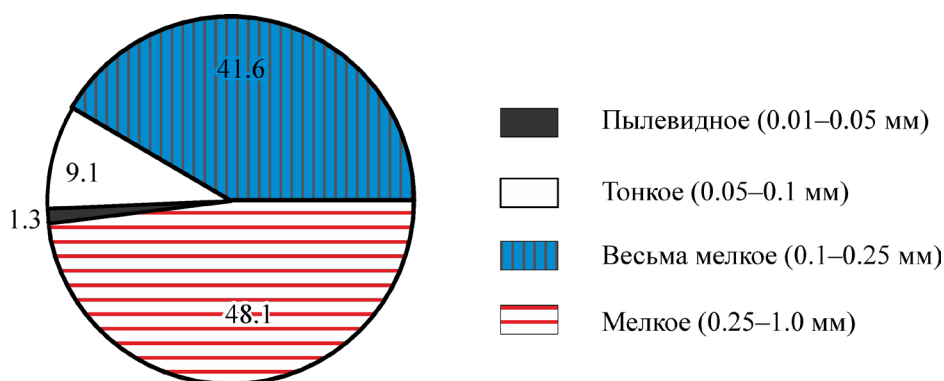


Рис. 5. Распределение самородного золота по крупности.

Участок Байбура, сводные данные ($n = 77$). Расчетный стандартный коэффициент уплощенности зерен варьирует от 1.255 до 6.672.

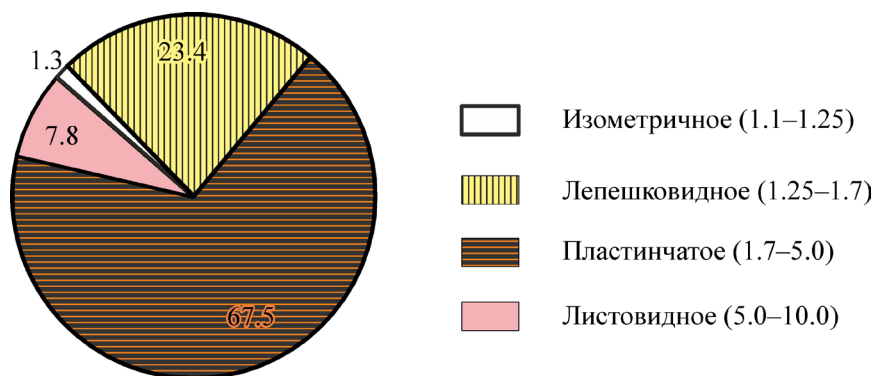


Рис. 6. Распределение самородного золота по стандартному коэффициенту уплощенности.

Участок Байбура, сводные данные ($n = 77$).

лезняков рудопоявления Байбура в лаборатории ВНИИцветмета (аналитик Г.И. Иванов). Установлено нахождение золота в свободном состоянии, при первоначальном содержании золота в руде 3 г/т получен гравитационный концентрат Au 183–356 г/т при извлечении 70%.

Пробность золота определялась полуколичественным методом на растровом электронном микроскопе ISM-6390 фирмы JEOL с ЭДС-приставкой. Преобладает золото весьма высокопробное 951–999 (20.8%) и высокопробное 900–950 (40.3%) (рис. 7). Это, возможно, свидетель-

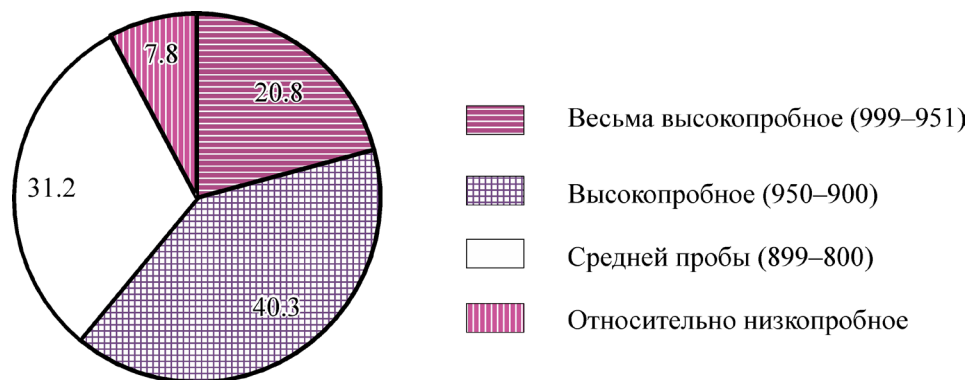


Рис. 7. Распределение самородного золота по пробе (поверхность зерен).

Участок Байбура, сводные данные ($n = 77$).

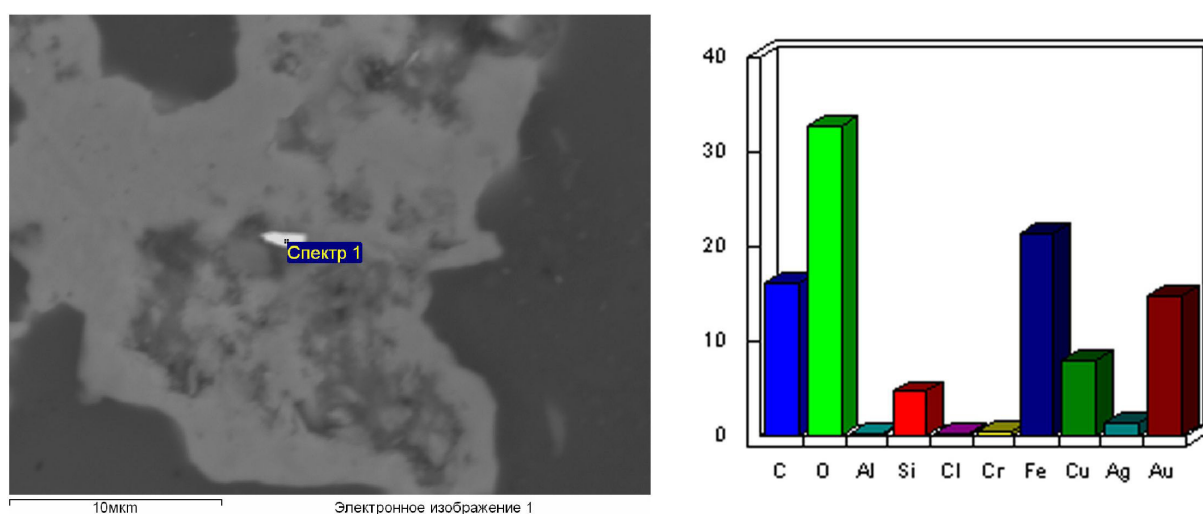


Рис. 8. Микровключения золота в бурых железняках участка Байбура.

ствует о длительности пребывания зерен в пределах зоны гипергенеза. Установлено также относительно низкопробное золото 799–700, доля которого незначительна (7.8%).

Анализы рудного вещества производились в лаборатории “ИРГЕТАС” ВКГТУ им. Д. Серикбаева, на растровом электронном микроскопе ISM-6390 фирмы JEOL с приставкой энергодисперсионного анализа INCAEnergy фирмы “OXFORD Instruments”. Исследования выполнялись с целью определения состава руд на микроуровне с определением весового содержания элементов в микрочастицах с большим удельным весом. Полученные весовые содержания элементов пересчитывались на минералы (на формульной основе). Всего проанализировано 12 образцов, на каждом из которых изучалось до 10–25 участков поверхности с определением спектров различных включений.

На Суздальском месторождении значительный вклад в изучение минералов-индикаторов золотого оруденения внесли К.Р. Ковалев, Ю.А. Ка-

линин, Е.А. Наумов и др. [7]. Исследованию золотоносности арсенопирита золото-сульфидных месторождений посвящена специальная работа [6]. На этом месторождении обнаружены микроскопические включения арсенопирита, антимонита, халькопирита, галенита, сфалерита и других минералов. В известняках типичными минералами являются пирит, арсенопирит и антимонит, реже встречаются халькопирит, галенит, сфалерит, ульманит и монацит.

В Чарской зоне, на участке Буршабулак, в окремненных известняках выявлены микрзерна антимонита, галенита, сфалерита и хромита, нерудные минералы – кварц, барит, кальцит, магнетит и др. На рудопроявлении Байбура, в зоне окисления джаспероидов, золото наблюдается в гетите и лимоните или на контакте с кварцем; представлено неправильными зернами размером 0.004–0.018 мм. Микровключения самородного золота и серебра фиксируются на растровом электронном микроскопе (рис. 8, 9).

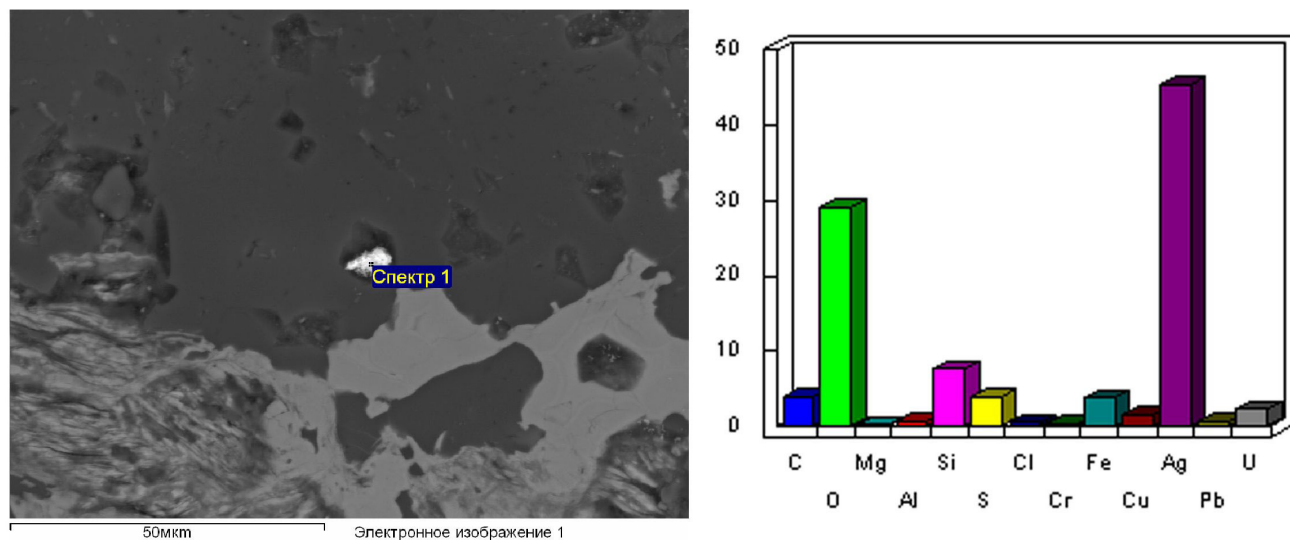


Рис. 9. Микровключения серебра в бурых железняках участка Байбура.

Результаты исследований показывают, что в гидротермально измененных карбонатных породах выявлены микровключения тонкого самородного золота, пирита, арсенопирита, пирротина, антимонита, магнетита, гематита, сфалерита, халькопирита и других минералов. Также широко в них представлены карбонатные минералы (сидерит, кальцит, доломит, магнезит), что может быть критерием их рудоносности и хорошим индикатором при поисках новых золоторудных месторождений.

СОПОСТАВЛЕНИЕ С МИРОВЫМИ АНАЛОГАМИ

Выявлено определенное сходство апокарбонатного типа месторождений Восточного Казахстана (Суздальское, Жайма, Байбура и др.) с “карлинским типом” золотого оруденения по ряду признаков: а) рудоконтролирующая роль разломов в размещении месторождений (зоны брекчирования, расланцевания, надвиговые структуры); б) литолого-стратиграфический контроль оруденения, тесная пространственная приуроченность объектов к карбонатно-терригенным толщам повышенной карбонатности и углеродистости; в) пространственная ассоциация рудных тел с малыми интрузиями и дайками порфиривого облика (месторождения Карлин, Колорадо, Суздальское, Жайма, Жерек и др.); г) однотипный характер изменений рудовмещающих пород (железисто-кремнистый метасоматоз, джаспероидное окварцевание, аргиллитизация и др.); д) одинаковая ассоциация главных рудных минералов (золото, арсенопирит, пирит, антимонит) и нерудных (кварц, кальцит, серицит, барит, каолинит), близкое содержание сульфидов (до 5–10%); е) наличие в рудах самородного и тонкодисперсного золота, сходство главных рудных элементов (Au, As, Sb, Ag);

ж) крайне изменчивые содержания золота в рудах при средних значениях до 8–10 г/т; з) промышленные запасы металла в месторождениях (Карлин, Суздальское) и др. Такой сравнительный анализ согласуется с представлениями других авторов [14, 17].

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании проведенных исследований уточнены геологические условия формирования, размещения и особенности вещественного состава золоторудных объектов джаспероидного типа в рудоносных структурах Западной Калбы и Чарской зоны.

В региональном плане главное значение в образовании и размещении золоторудных месторождений придается Зайсанской сутурной зоне, сформированной на сочленении двух континентальных литосферных плит в стадию герцинской коллизии. Именно в этой крупной рудоносной структуре сосредоточены промышленные золоторудные объекты, включая уникальное месторождение Бакырчик. Рудоконтролирующей является система глубинных разломов дугообразной формы, которые контролировали размещение офиолитового пояса, линейных островных дуг (C_1) и наложенных мульд (C_2 – C_3), а также золотоносных малых интрузий и даек (C_{2-3} и C_3), фиксируемых в виде протяженных прерывистых поясов в пределах всей территории Восточного Казахстана.

Рассматриваемый джаспероидный тип золотого оруденения пространственно приурочен к островодужной вулкано-карбонатно-терригенной формации (аркалыкская свита C_{1V2-3}). Рудообразование связывается с гидротермально-метасоматическими изменениями тектонически нарушенных карбонатно-терригенных пород в процессе кремнисто-железистого метасоматоза и под влиянием тер-

мального воздействия малых интрузий преимущественно гранодиорит-плагиогранитного состава и их дайковых пород (кунушский комплекс S_3 и его аналоги). Руды представлены тонковкрапленной и гнездово-вкрапленной золото-сульфидной минерализацией с гнездами и прожилками метасоматического кварца. Золото в рудах свободное и тонкодисперсное. В результате исследования намечены геотектонические, структурные, минералогическо-геохимические критерии и предпосылки для прогнозирования и поиска подобных золоторудных объектов, которые по ряду признаков имеют сходство с «карлинским типом» промышленных месторождений. В Восточном Казахстане известны многие мелкие месторождения, рудопроявления и геохимические ореолы Au, Ag, As, Sb и других элементов, еще недостаточно оцененные. Поэтому имеются резервы для укрепления сырьевой базы золотодобывающей промышленности региона.

Статья подготовлена по гранту с Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан №1171 от 29.03.2012 (54-313-12), а также при финансовой поддержке Президиума СО РАН (Постановление № 18 от 23 января 2013 г., партнерский проект № 77 и Минобрнауки и науки Российской Федерации № 5.3143.2011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспяев Х.А., Полянский Н.В., Ганженко Г.Д. и др. Геология и металлогения Юго-Западного Алтая (в пределах территории Казахстана и Китая). Алматы: Ғылым, 1997. 288 с.
2. Большой Алтай: (геология и металлогения). Кн. 2. Металлогения / Г.Н. Щерба, Х.А. Беспяев, Б.А. Дьячков и др. Алматы: РИО ВАК РК, 2000. 400 с.
3. Дворник Г.П., Балаханов В.С., Угрюмов А.С. Морфологические особенности и состав самородного золота из окисленных руд золотоджаспероидных месторождений в контактовых зонах // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: мат-лы 5-й Междунар. научн.-практ. конф. / под ред. В.А. Кислякова. Красноярск: Институт цветных металлов и золота СибФУ, 2007. С. 29–35.
4. Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Черненко З.И., Кузьмина О.Н. К проблеме поиска и оценки нового нетрадиционного типа золотого оруденения в карбонатных формациях Восточного Казахстана // Руды и металлы. 2009. № 3. С. 11–21.
5. Жаутиков Т.М. Металлогения и эволюционная направленность рудного процесса на месторождениях золота Казахстана // Самородное золото, типорфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: мат-лы Всерос. конф. Т. I. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 193–195.
6. Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Наумов Е.А. и др. Золотоносность арсенопирита золото-сульфидных месторождений Восточного Казахстана // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 2. С. 225–242.
7. Ковалев К.Р., Калинин Ю.А., Полюнов В.И. и др. Суздальское золото-сульфидное месторождение в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Геология рудных месторождений. 2012. Т. 54, № 4. С. 305–328.
8. Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. М.: Научный мир, 2006. 358 с.
9. Коржинский Д.С. Режим кислотности при постмагматических процессах // Проблемы генезиса руд. М.: Наука, 1964. С. 9–18.
10. Коробейников А.Ф. Условия концентрации золота в палеозойских орогенах. Новосибирск: Ин-т геол. и геоф. СО АН СССР, 1987. 177 с.
11. Коробейников А.Ф., Маслеников В.В. Закономерности образования и размещения месторождений благородных металлов в черносланцевых толщах Северо-Восточного Казахстана. Томск: ТГУ, 1994. 337 с.
12. Кунц А.Ф. Гидротермально-метасоматическое минералообразование в карбонатных породах (экспериментальные модели). Л.: Наука, 1987. 161 с.
13. Малыгин А.А., Дьячков Б.А. Золоторудные пояса Восточного Казахстана и их прогнозная оценка // Вестник Вост.-Каз. гос. техн. ун-та (Усть-Каменогорск). 2000. № 3. С. 6–10.
14. Нарсеев В.А. К дискуссии о генезисе руд карлинского типа // Руды и металлы. 2002. № 1. С. 67–70.
15. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988. 286 с.
16. Некрасов Е.М. Крупные эндогенные золоторудные месторождения поддерживают высокий уровень добычи золота в мире // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 43, № 3. С. 203–210.
17. Рафаилович М.С., Мизерная М.А., Дьячков Б.А. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства. Алматы: Luxe media Group, 2011. 272 с.
18. Сазонов В.Н., Коротеев В.А. Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2009. 161 с.
19. Угрюмов А.Н. Золоторудные месторождения джаспероидного типа как индикаторы процесса тектономагматической активизации // Тектоника Сибири. Т. 12. Новосибирск: Наука, 1985. С. 144–149.
20. Фогельман Н.А., Абдулкабиров М.А., Алекторова Е.А. и др. Металлогения орогенных структур на примере Казахстано-Северо-Тяньшанского сводового сооружения // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. XIII. Орогенная металлогения. М.: Наука, 1981. С. 40–50.
21. Фомичев В.И., Жаутиков Т.М. Поведение и формы миграции золота в процессах рудообразования. Алматы, Ғылым. 2005. 172 с.
22. Цой В.Д. Апокарбонатная модель формирования золотого оруденения Узбекистана / Самородное золото, типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: мат-лы. Всерос. конф. Т. II. М.: ИГЕМ РАН. 2010. С. 289–291.
23. Radtke A.S. Geology of the Carlin gold deposit, Nevada / Professional Paper 1267. U.S. Geological Survey, 1985. 124 p.

Рецензент О.Б. Азовскова

Main criteria and backgrounds to search of jasperoid type gold deposits (East Kazakhstan)

O. N. Kuzmina, B. A. Dyachkov, A. G. Vladimirov

*D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University,
070004, The Republik of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk City, 69 Protozanov Street
E-mail: bdyachkov@mail.ru East Kazakhstan State University*

The peculiarities of formation and distribution of non-traditional types of gold mineralization in the structures of West Kalba and Chara zone are considered. Emphasizes the spatial coincide of gold-sulphide-quartz deposits with island arc volcanogenic-carbonate-terrigenous formations. The prognostic factors and the search criteria for identify of new gold objects of jasperoid type in the East Kazakhstan are produced.

Key words: *jasperoids, carbonate formations, forecasting criteria, gold.*