

УДК 553.411.071

МИНЕРАЛЬНЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА

© 2019 г. Б. Б. Дамдинов^{1,2,*}

¹Геологический институт СО РАН
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а

²Бурятский государственный университет
Россия, 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24А

*E-mail: damdinov@mail.ru

Поступила в редакцию 09.10.2015 г.

После доработки 19.10.2017 г.

Принята к публикации 11.10.2018 г.

На основе минерального состава проведена типизация золоторудных месторождений юго-восточной части Восточного Саяна. Наиболее информативным классификационным критерием для типизации является состав продуктивных рудных минеральных ассоциаций, специфичных для каждого из выделенных типов, тогда как по другим критериям разные структурно-вещественные или генетические признаки месторождений будут неизбежно перекрываться. Выделено 8 минеральных типов месторождений: золото-полисульфидный, золото-кварцевый, золото-теллуридный, золото-тетрадимитовый, золото-антимонитовый, золото-висмут-сульфосольный, золото-пирротиновый и золото-блеклорудный, характеризующие главные золотоносные минеральные парагенезисы руд. Региональные металлогенические подразделения – структурно-металлогенические зоны, несколько различаются по характеру минерализации. Так, в пределах Боксон-Гарганской металлогенической зоны преобладают месторождения золото-кварцевого, золото-полисульфидного и золото-пирротинового типов, хотя в западной части зоны распространены золото-теллуридный и золото-висмут-сульфосольный типы. В Ильчирской зоне развиты месторождения золото-блеклорудного типа, а Хамсаринская – золото-тетрадимитового и золото-антимонитового. Установлено, что минеральные типы месторождений зависят от состава вмещающих породных комплексов: в связи с офиолитами и породами архейского кристаллического фундамента формируются золото-кварцевый, золото-полисульфидный и золото-пирротиновый типы. На месторождениях, связанных с гранитоидными массивами, ведущую роль в рудах приобретают минералы полуметаллов – сульфосоли Bi , антимонит, тетрадимит, теллуриды. В карбонатных толщах образуется золото-блеклорудный тип. Предложенная классификация позволяет группировать все известные золоторудные месторождения юго-восточной части Восточного Саяна и может быть применена для сопредельных регионов.

Ключевые слова: юго-восточная часть Восточного Саяна, месторождения золота, типы, металлогения.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0016-777061223-38>

ВВЕДЕНИЕ

В юго-восточной части Восточного Саяна известно большое количество золоторудных месторождений и рудопроявлений, которые традиционно подразделялись согласно рудно-формационной классификации на месторождения золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидной формаций (Феофилактов, 1968). Поскольку наиболее промышленно значимыми в регионе являются месторождения Урик-Китойской золоторудной зоны, то это разделение относится большей частью к месторождениям Холбинской группы (Миронов, Жмодик, 1999; Феофилактов, 1965). Однако в таком случае к одной и той же формации (например, золото-кварцевой) могли

быть отнесены месторождения, разные по минеральному составу руд, генезису и возрасту. В частности, выделенные нами золото-висмут-овый и золото-теллуридный типы (Дамдинов и др., 2007; 2009; Гармаев и др., 2013), согласно вышеуказанной формационной классификации, можно отнести к золото-кварцевой формации, поскольку месторождения обоих типов сложены кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами с относительно невысоким содержанием сульфидных минералов, которые связаны с малыми гранитоидными интрузиями. Позднее выявляемые новые типы золотых месторождений стали выделяться на основе различных классификационных критериев, прежде всего, геохимических (золото-серебряный,

золото-ртутный типы) и минералогических (золото-теллуридный, золото-пирротинный типы) (Айриянц и др., 2007; Дамдинов и др., 2007; Миронов и др., 1999). Отмечалась связь золотой минерализации с комплексами пород, сформированными в определенных геодинамических обстановках – океанической, островодужной и аккреционно-коллизивной (Горячев, 2014; Жмодик и др., 2008; Миронов, Жмодик, 1999). Кроме того, в некоторых крупных месторождениях выявлены минерализации разных формационных типов. Так, к примеру, на Зун-Холбинском золоторудном месторождении известно несколько разновременных типов минерализаций: вкрапленные и сливные сульфидные руды в сланцах и метасоматитах безрезит-лиственитового типа, минерализованные зоны, сложенные кварц-сульфидными рудами и малосульфидные кварцевые жилы и прожилки. Соответственно, если исходить из рудно-формационных критериев, то месторождение должно относиться одновременно к трем рудным формациям: золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидной, в зависимости от типа руд. Очевидно, что типизация исключительно по формационной принадлежности месторождений не является универсальной, применительно к юго-восточной части Восточного Саяна. Следовательно, для дальнейшего сопоставления изученных месторождений с целью выделения общих и отличительных их генетических признаков, а также закономерностей их формирования и пространственного распределения, необходима новая типизация золоторудных объектов, основанная на единых классификационных критериях.

КРАТКИЙ ОБЗОР ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Юго-восточная часть Восточного Саяна имеет сложное геологическое строение. Она представляет собой типичную складчатую область с широким развитием покровно-складчатых структур, сложенных разнообразными литокомплексами от раннедокембрийского до позднепалеозойского возраста. Также присутствуют кайнозойские базальты и современные отложения. Геологическое строение этого региона детально описано (Геология и метаморфизм..., 1988; Геология и рудоносность..., 1989; Добрецов, 1985; Кузьмичев, 2004; Федотова, Хаин, 2002; и др.). Регион включает Ильчирскую, Гарганскую, Окинскую и Хамсаринскую структурно-формационные зоны или террейны, выделяемые в качестве одноименных структурно-металлогенических зон (фиг. 1). С северо-востока эти крупные структуры отделены зоной глубинных разломов от выступа фундамента Сибирской платформы.

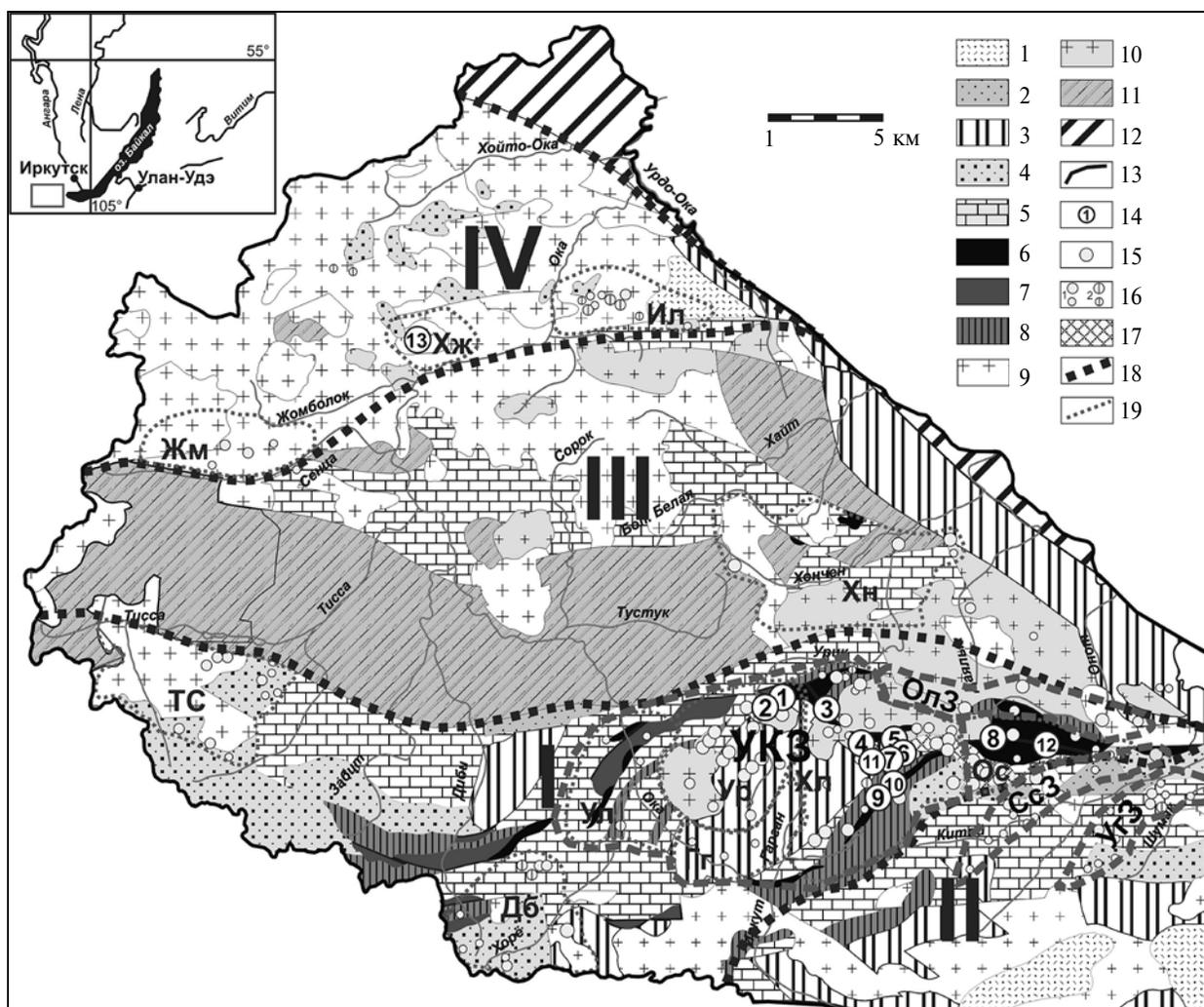
Эти крупные структурные единицы считаются северной окраиной Тувино-Монгольского микроконтинента (Гарганский террейн), в составе которого выделяются кристаллический фундамент (архейские “глыбы”) и чехол (терригенно-карбонатные отложения), фрагменты островодужных и окраинно-континентальных ассоциаций Дунжугурской и Шишхидской островных дуг, включающих метаэффузивы (сархойская серия), реликты океанической коры (офиолиты), комплекс палеоаккреционной призм (окинская серия) (Кузьмичев, 2004; Кузьмичев, Ларионов, 2011, 2013; Федотова, Хаин, 2002; Геология и метаморфизм..., 1988; и др.). Ильчирский террейн принято считать окраиной Джидинской палеоокеанической зоны.

Магматические образования юго-восточной части Восточного Саяна изучены значительно слабее, в особенности это относится к гранитоидному магматизму. Так, до настоящего времени существует некоторая неопределенность в отнесении гранитоидов к тем или иным интрузивным комплексам, что объясняется малым числом геохронологических данных, отчасти, недостаточным количеством палеонтологически охарактеризованных вмещающих стратифицированных отложений.

Среди древних интрузивных образований выделяются средне- и позднепротерозойские саянский и сумсунурский гранитоидные интрузивные комплексы. Относительно большим распространением пользуются палеозойские интрузии, относящиеся к хойтоокинскому (габброидный), хужиртай-горхонскому (габбро-сиенитовый), тануольскому (тоналит-гранодиоритовый), урикскому и сархойскому (гранитные), огнитскому и ботогольскому (щелочные) комплексам. Часто встречающиеся малые интрузии (дайки, силы) относятся к окинскому, холбинскому, барунхолбинскому, илейскому субвулканическим комплексам, однако в большинстве случаев сведения об изотопном возрасте даек отсутствуют. Более молодой магматизм – это покровные платобазальты палеоген-неогенового возраста.

Четыре крупные тектонические единицы региона – Боксон-Гарганская (Гарганская), Окинская, Ильчирская и Хамсаринская структурно-формационные зоны выделяются в качестве одноименных металлогенических зон, подзон или рудных районов (Золото Бурятии..., 2000; Геология и рудоносность..., 1989; Корольков, 2007; Семинский, 2006). В связи с некоторой неоднозначностью в определениях крупных металлогенических подразделений региона, автором будет использована модифицированная схема металлогенического районирования (Гордиенко и др., 2016; Золото Бурятии... 2000; Конкин, 2002ф).

Территория соответствует всем признакам рудного района, так что ее выделение предшествующим



Фиг. 1. Схема геологического строения юго-восточной части Восточного Саяна и металлогенического районирования золоторудных объектов (составлена по материалам Окинской экспедиции ПГО “Бурятгеология”, Гордиенко и др., 2016; Золото Бурятии..., 2000; Конкин, 2002ф).

Формации континентальных моласс: 1 – угленосная (нарингольская свита, гусиноозерская серия, Mz), 2 – пестроцветная (сагансайрская свита, Pz₂); Тувино-Монгольский микроконтинент: 3 – кристаллический фундамент (гранитогайсы, амфиболиты); 4 – вулканогенная формация (илейская толща, сархойская свита); 5 – карбонатная формация (боксонская серия, монгошинская и иркутская свиты); Офиолитовый комплекс: 6 – ультрабазиты, 7 – базиты, 8 – вулканогенно-осадочные и черносланцевые отложения (дибинская, ильчирская толща); 9 – палеозойские интрузии; 10 – протерозойские интрузии; 11 – образования Окинской аккреционной призмы (окинская серия); 12 – цоколь Сибирской платформы; 13 – разломы; 14 – месторождения золота: 1 – Водораздельное, 2 – Кварцевое, 3 – Барун-Холбинское, 4 – Зун-Холбинское, 5 – Гранитное, 6 – Самартинское, 7 – Пионерское, 8 – Зун-Оспинское, 9 – Динамитное, 10 – Зеленое, 11 – Владимирское; 12 – Таинское, 13 – Коневинское; 15 – рудопроявления золота; 16 – мелкие проявления и пункты минерализации золота (1), золота и серебра (2); 17 – группа пространственно близких проявлений и пунктов минерализации золота; 18 – границы структурно-металлогенических зон: I – Боксон-Гарганская, II – Ильчирская, III – Окинская, IV – Хамсаринская; 19 – границы золоторудных зон и узлов: рудные зоны – УКЗ – Урик-Китойская зона, ОЛЗ – Ольгинская, ССЗ – Сагансайрская, УГЗ – Уртагольская; рудные узлы: Хл – Холбинский, Ул – Ульзыгинский, Гг – Гарганский, Жж – Хужирский, Ил – Илейский, Жм – Жомболокский, Хн – Хонченский, Тс – Тисса-Сархойский, Ос – Оспинский, Дб – Дибинский, Ур – Урикий.

ками в качестве Окинского рудного района вполне обосновано. Более мелкими подразделениями рудного района являются структурно-металлогенические зоны – Ильчирская, Боксон-Гарганская, Окинская и Хамсаринская, в состав которых входят золоторудные зоны и узлы (см. фиг. 1).

ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Известны различные классификации и систематики золоторудных месторождений, предложенные как для конкретных регионов, так и в целом для всего мира. Существующие классифи-

кации основаны на физико-химических условиях образования месторождений и характерных для этих условий минеральных ассоциациях, геодинамических обстановках образования, на химическом, минеральном составе руд, составе вмещающего субстрата или околорудных метасоматитов, составе гидротермальных флюидов и др. (Вольфсон, Дружинин, 1982; Гамянин, 2001; Константинов, 1984; Константинов и др., 2000; Линдгрэн, 1934; Мельников, 1984; Моисеенко, 1977; Некрасов Е.М., 1988; Некрасов И.Я., 1991; Петровская, 1973; Прокофьев, 2000; Сазонов и др., 2001; Сафонов, 1997; Хомич, Борискина, 2011; Шнейдерхен, 1958; Gebre-Mariam *et al.*, 1995; Goldfarb *et al.*, 2001, 2005; Groves *et al.*, 1998 и др.).

Одна из первых классификаций рудных, в том числе золоторудных, месторождений предложена В. Линдгреном в начале XX в. (Линдгрэн, 1934). Главными классификационными критериями в ней являются глубина и, соответственно, температура и давление при образовании месторождений, которые подразделяются на гипотермальные, мезотермальные и эпипермальные. В совокупности с другими классификационными критериями, такое разделение месторождений используется и в настоящее время, в особенности, в зарубежной литературе.

Золоторудные месторождения разделяются на типы по различным признакам – глубине формирования, составу, генезису, связи с интрузивным магматизмом, типоморфным особенностям руд, но одним из главных критериев их разделения является геодинамический режим формирования оруденения. Кроме того, отдельные типы оруденения получили свои названия согласно крупным объектам мирового масштаба (например, тип Карлин). Таким образом, среди золоторудных и золотосодержащих месторождений выделяются следующие типы: связанные с интрузиями (in intrusion-related), орогенные, эпипермальные, порфировые, скарновые, колчеданные вулканогенные (тип Куроко или VMS), тип Карлин, железо-оксидные-медно-золотые (IOCG), отдельно выделяются золотоносные конгломераты Витватерсранда (палеороссыпь) и некоторые другие (Сафонов 1997, Gebre-Mariam *et al.*, 1995; Groves *et al.*, 1998; Goldfarb, 2005; Lang, Baker, 2001; Silitoe, 1991; White, Hedenquist, 1995). Месторождения наиболее крупного орогенного класса связываются с проявлениями тектонических деформаций при аккреционно-коллизийных событиях на конвергентных границах плит (Groves *et al.*, 1998). Соответственно, месторождения, связанные с интрузиями (in intrusion-related), формируются в связи со становлением рудоносных гранитоидных массивов (Lang, Baker, 2001; Silitoe, 1991). Основным недостатком такой классификации является неоднородность классификацион-

ных критериев – разделение на типы оруденения осуществляется по различным признакам.

В отечественной геологии для типизации золоторудных месторождений применяется рудно-формационный подход, в основу которого положено понятие “рудная формация”, объединяющая месторождения близкого минерального состава и геологического строения. По составу руд выделяются главные золоторудные формации – золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая, золото-серебряная, золото-сульфидная и др. (Константинов и др., 2000; Шер, 1974). Глубина формирования, в дополнении с рудно-формационными и минералого-геохимическими критериями, использована в классификации Н.В. Петровской, где отдельно выделены формации месторождений больших, средних и малых глубин – соответственно малосульфидная, умеренно-сульфидная, убогосульфидная (Петровская, 1973). Выделенные формации подразделены на минералого-геохимические типы. Широко применяется геолого-генетическая классификация гидротермальных золоторудных месторождений, где критериями разделения типов оруденения являются геологическое положение, генезис и минерально-геохимический состав руд (Сафонов, 1997). В монографии И.Я. Некрасова (Некрасов, 1991) приведена минералого-геохимическая классификация месторождений, где все эндогенные золоторудные и золотосодержащие месторождения разделены на классы, геохимические формации и минеральные типы. В связи с новой схемой металлогенического районирования на основе положений тектоники литосферных плит применяется классификация месторождений, учитывающая геодинамические обстановки формирования золотого оруденения (Сазонов и др., 2001). Существует и классификация, основанная на составе рудообразующих флюидов, сформировавших гидротермальные месторождения золота (Прокофьев, 2000).

Таким образом, известные в настоящее время классификации золоторудных месторождений основаны на разных принципах и классификационных критериях. Каждая классификация имеет свои достоинства и недостатки, так, например, “рудно-формационные” и генетические классификации не учитывают некоторых особенностей минерального состава руд и возраст месторождений; в морфологических классификациях, соответственно, не рассматривается генезис оруденения; классификации, основанные на геодинамических обстановках формирования оруденения не принимают во внимание возможность эпигенетического образования минерализации относительно вмещающих породных комплексов. Кроме того, практически все золоторудные месторождения находятся в пространственной связи с зонами тектонических нарушений разного ранга и про-

исхождения, следовательно, геолого-структурные особенности локализации оруденения также не могут являться универсальными классификационными критериями. Некоторые золотосодержащие рудные объекты (к примеру, золотосодержащие месторождения других металлов) вообще выпадают из предложенных классификаций, либо классифицируются как нетрадиционные типы (Коробейников, 1999).

В сводной таблице 1 приведены некоторые вещественно-генетические характеристики выделенных типов золотого оруденения юго-восточной части Восточного Саяна.

Состав главных минералов в большинстве месторождений сходный – пирит, арсенопирит, пирротин ± халькопирит, галенит, сфалерит. Следовательно, разделение на типы согласно составу количественно преобладающих главных минералов нецелесообразно, поскольку месторождения, сформированные в разное время, в разных условиях и в связи с разными процессами, будут в таком случае относиться к одному и тому же минеральному типу. Исходя из этих же соображений, невозможна классификация месторождений и по некоторым другим критериям. К примеру, выделение типов по морфологии рудных тел и/или околорудным изменениям невозможно, поскольку большая часть месторождений представляет собой кварцевожилые или прожилковые зоны с околорудной березитизацией. Окварцевание вмещающих пород также широко развито. Хотя по многим другим признакам эти объекты сильно различаются. Разделение месторождений по вмещающим породам также некорректно, так как, во-первых, оно не будет отражать состав руд, а во-вторых, к одному и тому же субстрату (например, гранитоидам) могут быть приурочены разнотипные и разновозрастные месторождения, причем возраст минерализации может значительно отличаться от возраста вмещающих пород. Геолого-структурные условия залегания многих месторождений схожи. Практически все они (за исключением золото-пирротиновых руд) приурочены к зонам тектонических деформаций, следовательно, разделять их по этому признаку также нецелесообразно. В одной геодинамической обстановке могут образоваться месторождения в связи с разными процессами и в разных породах, которые будут значительно отличаться друг от друга по минералого-геохимическим характеристикам, что не позволяет выделить указанный признак в качестве классификационного. К примеру, в коллизионной обстановке формируются три разных минеральных типа: золото-висмут-сульфосольный, золото-полисульфидный и золото-кварцевый.

Таким образом, наиболее информативным для месторождений юго-восточной части Восточного

Саяна является разделение на **минеральные** и соответствующие им **геохимические** типы. В силу того, что главные минералы в большинстве месторождений идентичны (пирит, арсенопирит или пирротин и др.), то их типизация должна быть основана на составе **продуктивных** минеральных и геохимических ассоциаций, которые специфичны для каждого из выделенных типов. Разделение осложняется неравномерным распределением рудообразующих компонентов, в результате чего *геохимические особенности руд не всегда могут корректно отражать минеральный тип оруденения*, в особенности в случае многоэтапного или многостадийного развития рудообразующих систем. Тем не менее, даже в многоэтапных месторождениях можно выделить продуктивный (типоморфный) парагенезис (или их совокупность), состав которого будет решающим для отнесения объекта к тому или иному минеральному типу. В некоторых случаях “типобразующие” минеральные парагенезисы количественно уступают другим, в частности, такая картина наблюдается при выделении золото-теллуридного и золото-висмут-сульфосольного типов. Однако по другим характеристикам типизация этих объектов неосуществима, так как в таком случае классификационные признаки этих объектов будут непременно перекрываться с другими, близкими по структурно-вещественным характеристикам.

В результате можно заключить, что наиболее применимым классификационным признаком для месторождений юго-восточной части Восточного Саяна, является **состав продуктивных минеральных ассоциаций**, на основе которых выделены следующие минеральные типы: *золото-полисульфидный, золото-кварцевый, золото-теллуридный, золото-тетрадимитовый, золото-антимонитовый, золото-висмут-сульфосольный, золото-пирротинный и золото-блеклорудный.*

Золото-полисульфидный тип

Месторождения золото-полисульфидного типа наиболее распространены в юго-восточной части Восточного Саяна. В частности, большинство месторождений самой промышленно значимой Урик-Китойской золоторудной зоны, в том числе крупнейшее в регионе Зун-Холбинское месторождение, представлены объектами этого типа. Рудные тела месторождений Холбинской группы представлены кварц-сульфидными жилами с оторочками березитизации, окварцевания, а также минерализованными зонами сплошной и вкрапленной сульфидизации (Горячев, 2014; Гребенщикова, Шмотов, 1997; Золото Бурятии, 2000; Миронов, Жмодик, 1999; Жмодик и др., 2008; Феофилактов, 1965, 1968; Корольков, 2007; и др.). Характерными особенностями руд указанных ме-

Таблица 1. Характеристика выделенных типов золотого оруденения

Минеральный тип	Геохимический тип	Вмещающий субстрат	Морфология рудных тел	Структурные особенности рудных тел
Золото-теллуридный	Золото-теллуридный	Островодужные гранитоиды	Кварцевые жилы, зоны прожилкования и вкрапленной сульфидизации	Трещины и зоны дробления в гранитах, в том числе пологозалегающие
Золото-антимонитовый	Золото-сурьмяный	Гранитоиды активной континентальной окраины	Кварцевые жилы	Трещины и зоны дробления в гранитах
Золото-Vi-сульфосольный	Золото-висмутный	Коллизионные граниты	Кварцевые жилы	Трещины и зоны дробления в гранитах
Золото-тетрадимитовый	Золото-висмут-теллуридный	Гранитоиды активной континентальной окраины	Кварцевые жилы	Тектонические зоны дробления с дайками в гранитах
Золото-полисульфидный	Золото-полиметалльный	Тектонизированные офиолиты, карбонатно-сланцевые отложения, гранитоиды, породы кристаллического фундамента (гранитогайсы и др.)	Кварцевые жилы, минерализованные зоны, сульфидные тела	Зоны сдвига, полимиктового автокластического меланжа по офиолитам и пространственно ассоциирующим породным комплексам
Золото-кварцевый	Золото-кремнистый	Породы кристаллического фундамента (гранитогайсы и др.)	Кварцевые жилы	Зоны милонитизации и дробления по породам кристаллического фундамента (гранитогайсы, амфиболиты и др.)
Золото-пирротинный	Золото-железистый	Углеродистые сланцы верхней части офиолитовой ассоциации	Сульфидные тела мощностью до первых метров, протяженностью до сотен метров	Линзы, прослои сливных и вкрапленных сульфидных руд субсогласные со слоистостью сланцевых отложений
Золото-блеклорудный	Золото-медный	Карбонатные и терригенно-карбонатные толщи	Кварцевые жилы, зоны прожилкования, окварцевания	Жильно-прожилковые зоны в участках тектонических деформаций карбонатных пород

сторождений являются: полиметаллический состав, где преобладают сульфиды Fe, Cu, Pb, Zn (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит ± пирротин, блеклые руды) в ассоциации с самородным золотом; структурный контроль оруденения; приуроченность рудных тел к зонам меланжа, сдвига, надвига; неявная связь (либо отсутствие видимой связи) с магматизмом, интервал температур рудообразования от 200 до 400 °С. Примеры объектов – Зун-Холбинское, Барун-Холбинское, Водораздельное, Зун-Оспинское месторождения и большое количество рудопроявлений, локализованных в Урик-Китойской зоне и западной части Оспинского рудного узла. Золоторудные месторождения золото-полисульфидного типа являются аналогами орогенных месторождений (по Groves *et al.*, 1998) и формируются в ходе аккреционно-коллизионных процессов, датированных на исследуемой территории приблизительно

в 400–500 млн лет (Горячев, 2014; Жмодик и др., 2007; Кузьмичев, 2004).

Золото-кварцевый тип

Известные в регионе золото-кварцевые месторождения залегают в породах архейского кристаллического фундамента и представляют собой серии малосульфидных кварцевых жил, приуроченных к зонам дробления и милонитизации. К этому типу отнесены месторождения Пионерское, Барун-Холбинское и Владимирское, так же как и предыдущие, входящие в состав Урик-Китойской золоторудной зоны. Главным минералом в рудах является пирит, слагающий редкие гнезда и вкрапленность, содержащий включения самородного золота, в небольшом количестве присутствуют галенит, сфалерит, халькопирит, редко встречаются теллуридные минералы, висмутин, блеклые руды, борнит (Феофилактов, 1965, 1968; Громова, 1960;

Минеральный состав (главные и типоморфные минералы)	Геодинамическая обстановка формирования оруденения	Околорудные изменения	Содержания типоморфных рудообразующих элементов	Возраст	Примеры месторождений
Пирит, халькопирит, пирротин, калаверит, петцит, гессит, алтаит, золото	Островодужная	Березитизация	Au – до первых сотен г/т Te – до 50 г/т	850, 530 млн лет	Таинское, Хорингольское, Сагангольское
Антимонит, арсенопирит, пирит, Sb сульфосоли, золото	Окраинно-континентальная	Грейзенизация(?), березитизация	Au – до 441 г/т Sb – 7.15 мас.%	530 (439?) млн лет	Туманное
Арсенопирит, пирит, висмутин, галенобисмутит, золото	Коллизионная	Грейзенизация	Au – до 2 г/т Bi – до 0.27 мас.%	488 млн лет	Пограничное
Пирит, галенит, сфалерит, тетрадимит, золото, интерметаллиды системы Au-Ag-Hg, айкинит, колорадоит	Окраинно-континентальная	Березитизация, калишпатизация	Au – до 33 г/т Bi – до 350 г/т Te – до 330 г/т	486, 324 млн лет	Коневинское, Обокольское
Пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, блеклые руды, золото	Коллизионная	Березитизация, окварцевание	Au – до 445 г/т As – 0.16 мас.%, Sb – до 1.4 мас.%	460 (340?) млн лет	Зун-Холбинское, Водораздельное, Зун-Оспинское и др.
Пирит, золото	Коллизионная	Березитизация	Au – до первых сотен г/т, Fe – до 4.44 мас.%,	420 млн лет	Пионерское, Барунхолбинское и др.
Пирротин, пирит, золото	Океаническая	Отсутствуют	Au – до 20 г/т Fe – до 70 мас.%	711 млн лет	Ольгинское, Ильчирское, Барун-Оспинское и др.
Блеклые руды, золото,	Рифтогенная	Окварцевание	Au – до 40 г/т Cu – до 28 мас.%, Sb – до 23 мас.%	324(?) млн лет	Южное, Динамитное, Зеленое, Сагансайское и др.

Гордиенко и др., 2016). Количество рудных минералов в жилах не превышает 5–10 об.%. Ag-Ag датировки мусковита из рудных жил имеют значение 421 млн лет и близки к возрасту руд золото-полисульфидного Зун-Холбинского месторождения (460–440 млн лет, Посохов и др., 1994).

Золото-теллуридный тип

Месторождения и проявления золото-теллуридного типа, известные в регионе, пространственно и генетически связаны с островодужными гранитоидами плагиогранит-гранодиоритового состава неопротерозойского и раннепалеозойского возрастов. Например – Таинское месторождение, Хорингольское и Сагангольское рудопроявления. В металлогеническом отношении эти объекты входят в состав Тисса-Сархойского и Оспинского золоторудных узлов. Месторождения этого типа соответствуют золото-порфировому

или связанному с интрузиями (in intrusion-related) типу (Дамдинов и др., 2007; Миронов и др., 2001). Рудные тела представлены кварцевыми жилами, прожилковыми зонами и участками сульфидно-вкрапленной минерализации, локализованными непосредственно в гранитоидах, которые подвержены березитизации. Формирование оруденения происходит, как правило, в несколько стадий, обусловленных последовательным уменьшением температуры рудоотложения. Типоморфная золото-теллуридная ассоциация, включающая самородное золото и теллуриды Au, Ag, Pb, Bi, реже Ni, проявляется на поздних низкотемпературных стадиях гидротермального процесса, однако достаточно широко распространена в рудах. Возраст гранитоидов, вмещающих Таинское месторождение, определенный U-Pb методом по циркону, – 852.9 ± 10 млн лет. Он согласуется Re-Os датировкой молибденита – 860 млн лет.

U-Pb возраст гранитоидов Сагангольского проявления равен 499 ± 6 млн лет, а Rb-Sr возраст березитов соответствует 537 ± 15 млн лет (Дамдинов и др., 2007). Такие значения возраста в принципе согласуются между собой в пределах погрешности измерения. Таким образом, близкие возрастные соотношения руд и вмещающих гранитоидов на месторождениях золото-теллуридного типа, наряду со структурно-геологическим положением и вещественно-геохимическими признаками, свидетельствуют о генетической связи этого типа оруденения с интрузивным магматизмом. Вмещающие гранитоиды, несмотря на значительную разницу в изотопном возрасте (около 850 и около 500 млн лет), близки по геохимическим характеристикам и соответствуют островодужным плагиогранитам, появление которых обусловлено надсубдукционным магматизмом соответственно Дунжугурской и Сархойской островных дуг (Дамдинов и др., 2007; Миронов и др., 2001).

Золото-антимонитовый тип

Рудопроявления золото-антимонитового типа в юго-восточной части Восточного Саяна известны в Жомболокском золоторудном узле Хамсаринской структурно-металлогенической зоны (бассейн р. Сенца). Самым крупным объектом является рудопроявление Туманное, представляющее собой несколько кварцевожилно-прожилковых зон, локализованных в гранитоидах таннуольского комплекса. Поскольку ранее в литературе этот объект не описан, здесь приводится его характеристика. Гранитоиды представлены биотит-роговобманковыми гранодиоритами и мусковитовыми лейкогранитами, прорывающими осадочно-метаморфические породы среднего протерозоя.

В пределах участка выделено два пространственно разобщенных типа руд – малосульфидные кварцевые жилы и кварц-антимонитовые жилы, отражающие разные этапы развития рудообразующей системы.

По соотношениям рудных минералов установлены следующие минеральные ассоциации (от ранних к поздним):

1. Пирит + арсенопирит + сульфиды (халькопирит + галенит + сфалерит + пирротин) + золото-1;
2. Bi-минералы (тетрадимит, самородный висмут и др.) + золото-2;

3. Антимонит+сульфоантимониды (цинкенил, халькостибит, ауростибит);

4. Sb-сульфосоли (андорит, Ag-содержащий тетраэдрит) + золото-3.

По мере выделения минеральных ассоциаций, пробность золота последовательно увеличивается. Так, золото-1 имеет низкую пробность (650–725‰), золото-2 – среднюю (750–850‰), золото-3 – относительно высокую (850–925‰).

Ранняя Bi-полисульфидная ассоциация (парагенезисы 1 и 2) по составу соответствует ранее выделенному в регионе золото-висмутовому типу минерализации (Гармаев и др., 2013; Дамдинов и др., 2009). Тогда как поздняя ассоциация (парагенезисы 3 и 4) отвечает месторождениям золото-сурьмяного типа (Бортников и др., 2010; Оболенский, Оболенская, 1982). В составе руд в повышенных концентрациях присутствуют такие рудообразующие компоненты, как As, Sb, Bi, Mo, характерные для золоторудных систем, связанных с гранитоидным магматизмом (Гамянин и др., 2003). Средние содержания золота и серебра варьируют соответственно от 3 до 13 и от 5.7 до 33.9 г/т. Эти типы руд значительно различаются по концентрациям ряда элементов: Sb, Bi и Mo (табл. 2). Средние содержания Sb в кварц-антимонитовых жилах – 7.15 мас.%. В малосульфидных жилах концентрации рудообразующих элементов в целом ниже, чем в кварц-антимонитовых, за исключением Bi и As.

Значения изотопного состава кислорода в жильном кварце попадают в интервал величин $\delta^{18}\text{O}$ от +13.0 до +15.8‰. Расчет изотопного состава кислорода флюида по уравнениям, представленным в работе (Zhang *et al.*, 1989), для температуры 300 °C, показывает значения в интервале $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ от +5.6 до +8.4‰, что соответствует магматическому источнику с примесью метаморфогенных вод. Температура образования жил получена как термобарогеохимическими методами (интервал температур – 360–180 °C), так и расчетом по изотопному геотермометру, по паре кварц-мусковит (305 °C). Следует отметить, что значения $\delta^{18}\text{O}$ для кварца увеличиваются в кварце из более поздних ассоциаций: от +13.0‰ из ранней золото-висмутовой до +15.8‰ – из кварц-антимонитовых жил. Такое явление обусловлено поступлением метаморфогенных вод на позднем этапе эволюции рудообразующей системы.

Таблица 2. Средние содержания рудообразующих элементов в рудах проявления Туманное (г/т)

	Cu	Pb	Zn	Bi	Mo	As	Se	Sb	Ag	Au
1	9.7	39	8.7	103	2.3	739	1.06	34.14	5.7	3.00
2	60.6	422.6	106	1.9	118.1	381	2.02	7.15 мас.%	33.9	13.0

Примечание. 1 – малосульфидные кварцевые жилы, n = 14; 2 – кварц-антимонитовые жилы, n = 13.

Изотопный состав серы в антимоните попадает в интервал значений $\delta^{34}\text{S}$ от -2.5 до -3.8‰ . Расчет изотопного состава серы рудообразующего флюида по уравнению (Ohmoto, Rye, 1979) показывает следующие интервалы значений: для температуры 300 °C – $\delta^{34}\text{S}$ от -0.2 до -1.5‰ , для температуры 200 °C – от -0.4 до $+0.9\text{‰}$. Такие значения могут свидетельствовать о привносе серы из материнского магматического расплава.

Приведенные минералого-геохимические данные говорят о том, что золотое оруденение связано с поступлением рудообразующих компонентов из материнских гранитоидов и позволяют отнести золото-антимонитовый минеральный тип к геолого-генетической группе плутоногенно-гидротермальных месторождений.

В то же время U-Pb датирование гранитоидов дает возраст в 491 ± 7 млн лет, а Ar-Ar датировка по мусковиту из малосульфидных кварцевых жил раннего этапа соответствует 439 млн лет, что несколько отличается от возраста материнских гранитоидов. Такое противоречие можно объяснить либо наличием какого-то термического воздействия на данном этапе (439 млн лет), либо связать оруденение с более поздним рудообразующим процессом, приведшим к перераспределению и концентрированию компонентов вмещающего гранитоидного массива. В настоящее время вопрос о возрасте золоторудной минерализации остается открытым.

Золото-тетрадимитовый тип

С гранитоидами таннуольского интрузивного комплекса связаны также и месторождения *золото-тетрадимитового* минерального типа. Типичным их представителем является Коневинское золоторудное месторождение – крупнейший объект Хужирского золоторудного узла (Дамдинов и др., 2016). Оно приурочено к массиву гранит-гранодиоритового состава, относящемуся к таннуольскому интрузивному комплексу. Изотопный возраст гранитоидов, определенный U-Pb датированием по циркону, составляет 486 ± 3.5 млн лет. Гранитоиды прорваны дайками среднего-основного состава с возрастом в 324 млн лет. Рудные тела представляют собой кварцевые жилы и обрамляющие их зоны березитизации-лиственитизации, локализованные как в гранитоидах, так и в дайках. Продуктивной минеральной ассоциацией является золото-полисульфидная, включающая такие минералы, как тетрадимит, пирит, галенит, сфалерит, блеклую руду, халькопирит, самородное золото, в небольшом количестве в рудах присутствуют теллуровисмутит, айкинит, теллуриды Au, Ag и Hg, самородное и ртутистое золото (Дамдинов и др., 2012). Формирование оруденения происходило в два этапа, где ранние относительно высокотемпературные

висмутсодержащие парагенезисы сменялись эпitherмальными ртутно-теллуридными. В результате минеральный состав руд приобрел своеобразную золото-висмут-теллуровую геохимическую специализацию, которую отражает типоморфный рудный минерал – тетрадимит ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$). Учитывая, что тетрадимит – один из главных минералов руд, непосредственно ассоциирующий с самородным золотом, месторождение отнесено к золото-тетрадимитовому минеральному типу.

Золото-висмут-сульфосольный тип

Особенностью месторождений *золото-висмут-сульфосольного* типа является их пространственная и генетическая связь с лейкогранитами. Единственное рудопроявление золото-висмутового геохимического типа (Пограничное) обнаружено в Дибинском рудном поле (Дамдинов и др., 2009; Гармаев и др., 2013). Оруденение связано с синколлизонными лейкогранитами сархойского комплекса позднепалеозойского возраста. Рудные тела представляют собой кварцевые жилы и прожилки, обрамленные зонами околожильной грейзенизации. Количественно в рудах преобладает арсенопирит, однако типоморфными являются Bi-содержащие минералы – висмутин, лиллианит, галенобисмутит, встречающиеся в ассоциации с сульфосолями Pb и Fe (буланжеритом, джемсонитом). Формирование золото-висмут-сульфосольной минеральной ассоциации происходит при относительно повышенных температурах по сравнению с теллуридной (Гамянин и др., 2003; Горячев, Гамянин, 2006). Минералого-геохимические и изотопные данные свидетельствуют о генетической связи золотого оруденения с гранитоидами. К этому же выводу склоняют и близкие возрастные оценки. Так, возраст гранитоидов соответствует 488 ± 6 млн лет, тогда как K-Ag датирование слюд из околорудных грейзенов, развивающихся по этим гранитам, показало значение 537 млн лет. Такое противоречие можно объяснить некоторым нарушением соотношений K и Ag в результате вторичных процессов, но тем не менее полученные датировки говорят о достаточно древнем возрасте грейзенов, сопоставимом с возрастом гранитоидов.

Золото-пирротинный тип

Особенностью золото-пирротинного типа является приуроченность к черносланцевым толщам, слагающим верхнюю, вулканогенно-осадочную часть офиолитовой ассоциации (Миронов и др., 1999). Руды представляют собой линзовидные залежи сплошных сульфидов (преимущественно пирротина, с небольшой примесью пирита, арсенопирита, халькопирита, галенита), субсогласные со сланцеватостью вмещающих пород. Примеры – Ольгинское, Барун-Оспинское

и др. рудопоявления, входящие в состав Ольгинской и Урик-Китойской золоторудных зон (Ильчирское и др. проявления). Прослойки сульфидных руд содержат до 20 г/т золота, в них установлены Mn, Ba и другие рудообразующие компоненты. Условия метаморфизма на Ольгинском проявлении ($P = 5$ кбар и $T = 450$ °С) соответствуют переходной области зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций метаморфизма.

Золото-блеклорудный тип

Месторождения *золото-блеклорудного* типа приурочены к зонам окварцевания и кварцевым прожилкам в карбонатных породах — известняках, карбонатных конгломератах. Они известны в Сагансайрской, Урик-Китойской золоторудных зонах, Оспинском рудном узле, Дибинском рудном поле. В месторождениях Южное, Динамитное, Зеленое и рудопоявлениях Саган-Сайрское, Жильное и др., развиты кварцевые жилы и прожилковые зоны, содержащие гнездово-вкрапленную золото-блеклорудную минерализацию (Айриянц и др., 2007). Главные минералы руд — тетраэдрит, фрейбергит, самородное золото, в меньшем количестве присутствуют пирит, галенит, буланжерит, сфалерит. Формирование руд происходило в низкотемпературных близповерхностных условиях 250–110 °С. В ряде случаев отмечается связь минерализации с дайковыми породами позднепалеозойского возраста, в то же время на некоторых объектах видимая связь оруденения с магматическими породами отсутствует. Позднепалеозойский возраст золото-блеклорудной минерализации доказывается геологическими соотношениями руд и вмещающих толщ. Так, ряд проявлений золото-блеклорудного типа локализуется в карбонатных конгломератах сагансайрской свиты позднепалеозойского возраста (D–C₁). Кроме того, раннекарбоновые (324 млн лет) дайки, содержащие кварц-блеклорудные жилы, известны в рудном поле Коневинского золоторудного месторождения (Дамдинов и др., 2016). Похожие по составу дайки присутствуют на месторождении Динамитное, имеющем идентичный кварц-блеклорудный минеральный состав (Айриянц и др., 2002). Происхождение объектов золото-блеклорудного типа связывается с процессами позднепалеозойского рифтогенеза, обусловленного тектоническими событиями этого этапа, проявленными в пределах всего Центрально-Азиатского складчатого пояса (Буслов, 2011).

Наряду с известными месторождениями и рудопоявлениями, в регионе известен ряд слабо изученных золотосодержащих объектов, которые можно выделять в самостоятельные типы: золото-халькопирит-пирротиновые руды в скарноидах (рудопоявление Медное); золото- и платиноносные амфиболиты и родингиты (Хурай-Жалгинское проявление); золотоносные метасоматиты

по базит-ультрабазитам офиолитового комплекса — углеродистые метасоматиты, листвениты, сульфидизированные серпентиниты Оспинско-Китойского ультрабазитового массива.

В таблице 3 приведено сопоставление выделенных типов месторождений золота юго-восточной части Восточного Саяна с известными классификационными схемами, опубликованными в работах: Некрасов, 1991; Петровская, 1973; Сазонов и др., 2001; Сафонов, 1997; Groves *et al.* 1998; и др.

Как видно из таблицы, типизация месторождений по минеральному составу позволяет разделить их, тогда как по другим признакам, показанным в таблице, такое разделение невозможно, поскольку в противном случае, различные по некоторым признакам типы, неизбежно объединяются. К примеру, согласно рудно-формационной классификации, объекты исследуемого региона разделяются на четыре формации — золото-кварцевую, золото-сульфидно-кварцевую, золото-сульфидную, золото-порфиоровую. Но в состав золото-сульфидно-кварцевой формации в таком случае будут включены месторождения, сформированные в разных геодинамических обстановках, в разное время и в разном субстрате, относящиеся к нескольким минеральным типам. То же самое происходит в случае типизации их согласно геодинамической природе — в условиях единой коллизионной геодинамической обстановки, формируются разные минеральные типы золотого оруденения, относящиеся к различным генетическим группам.

Согласно зарубежной классификации, типы, относящиеся к плутоногенно-гидротермальной генетической группе, соответствуют месторождениям, связанным с интрузиями (intrusion-related), но, согласно представленной схеме, среди них выделяются несколько минеральных типов, различающихся по соотношениям Te, Sb и Bi. Золото-полисульфидные и золото-кварцевые месторождения будут относиться к одному, орогенному (orogenic) типу. Золото-пирротиновый тип является аналогом золотой минерализации, связанной с субмаринными вулканогенными массивными сульфидными рудами (тип VMS). Наконец, месторождения золото-блеклорудного типа близки по некоторым характеристикам к типу Карлин (Carlin), хотя последний намного более сложен и многообразен (Волков, Сидоров, 2016; Cline *et al.*, 2005).

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Анализ золотоносности Восточного Саяна показал, что максимальная плотность развития месторождений и проявлений золота приходится на обрамление Гарганской глыбы и окаймляющие ее выходы офиолитов, что в совокупности с прояв-

Таблица 3. Сопоставление выделенных типов оруденения с известными классификационными схемами

Минеральный тип	Классификационные критерии					Примеры месторождений
	Геохимический тип	Рудно-формационный тип	Геолого-генетическая группа (подкласс)	Геодинамическая обстановка	Зарубежная классификация	
золото-теллуридный	Золото-теллуридный	Золото-порфировый	Плутоногенно-гидротермальный	островодужная	Intrusion-related (Porphyry)	Таинское, Хорингольское, Сагангольское
Золото-антимонитовый	Золото-сурьмяный	Золото-сульфидно-кварцевый	Плутоногенно-гидротермальный	окраинно-континентальная	Intrusion-related	Туманное
Золото-Vi-сульфосольный	Золото-висмутовый	Золото-сульфидно-кварцевый	Плутоногенно-гидротермальный	коллизийная	Intrusion-related	Пограничное
Золото-теградимитовый	Золото-висмут-теллуридный	Золото-порфировый	Плутоногенно-гидротермальный	Окраинно-континентальная + рифтогенная	Intrusion-related (Porphyry)	Коневинское, Обокольское
Золото-полисульфидный	Золото-полиметалльный	Золото-кварц-сульфидный	Метаморфогенно-гидротермальный	коллизийная	Orogenic	Зун-Холбинское, Водораздельное, Зун-Оспинское и др.
Золото-кварцевый	Золото-кремнистый	Золото-кварцевый	Метаморфогенно-гидротермальный	коллизийная	Orogenic	Пионерское, Барунхолбинское и др.
Золото-пирротинный	Золото-железистый	Золото-сульфидный	Гидротермально-метаморфогенный	океаническая	VMS	Ольгинское, Ильчирское и др.
Золото-блеклорудный	Золото-медный	Золото-сульфидно-кварцевый	Телетермальный	рифтогенная	Carlin	Южное, Динамитное, Зеленое и др.

Примечание. В таблице использованы классификационные схемы, опубликованные в следующих работах: Некрасов, 1991; Петровская, 1973; Сафонов, 1997; Groves *et al.*, 1998; Сазонов и др., 2001

лениями Тисса-Сархойского рудного узла составляет **Боксон-Гарганскую структурно-металлогеническую зону**, наиболее богатую и изученную в настоящее время (см. фиг. 1). В ее пределах выделяется несколько золоторудных металлогенических единиц разного масштаба и содержания. В центральной части расположена Урик-Китойская золоторудная зона, объединяющая в своем составе Гарганский, Улзытинский, Урицкий и Холбинский рудные узлы; в восточной – Ольгинская золоторудная зона. Кроме золоторудных зон, известны самостоятельные рудные узлы. На самом западе в верховьях рек Сархоя и Тиссы выделяется Тисса-Сархойский золоторудный узел, на юге, в верховьях рек Дибя и Уха-Гола – Дибинский рудный узел, на востоке, в верховьях р. Олот – Оспинский рудный узел, пространственно совмещенный с Оспинско-Китойским ультрабазитовым массивом и его ближайшим обрамлением.

Урик-Китойская золоторудная зона (УКЗ) – наиболее промышленно значимое металлогеническое подразделение региона. Зона выделена В.В. Левицким в 60-х годах в результате откры-

тия месторождений и рудопроявлений золота Холбинской группы. Зона протягивается в субширотном направлении от верховьев р. Урика до среднего течения р. Китой. В структурном плане УКЗ совмещена с Гарганской глыбой и обрамляющими ее породами офиолитового комплекса (за исключением Оспинско-Китойского массива), а также прорывающими гранитоидами сумсунурского комплекса.

Ранее было установлено, что все члены офиолитовой ассоциации обладают повышенной золотоносностью (Геология и метаморфизм..., 1988; Геология и рудоносность..., 1989; Жмодик и др., 2008; Конников и др., 1995; Миронов, Жмодик, 1999). В особенности это касается серпентинитов, пород габброидной и дайковой пластины. Сопоставление с данными по содержаниям золота в породах офиолитовых комплексов других регионов (Коробейников, Гончаренко, 1986) показывает более высокие концентрации золота в офиолитах Восточного Саяна.

Кроме пород офиолитового комплекса, в пределах УКЗ широко развиты метаморфические

породы, слагающие Гарганскую глыбу. Среди метаморфических пород выделяются биотитовые гнейсы и гранитогнейсы, амфиболовые гнейсы и амфиболиты, гнейсограниты и гнейсогранодиориты. Считается, что Гарганская глыба представляет собой раннедокембрийский гнейсогранитный купол, состоящий из двух-трех куполов меньшего размера (Геология и метаморфизм..., 1988). Межкуповые пространства выполнены сланцево-карбонатными породами чехла (иркутская свита), залегающими или полого (10° – 30°) с углам несогласием на метаморфических породах или почти вертикально в осевой части межкуповых зон, где эти породы смяты в узкие дисгармонические складки.

Важным элементом геологического строения УКЗ являются гранитоиды сумсунурского комплекса, прорывающие метаморфические породы Гарганской глыбы, карбонатно-сланцевые отложения иркутской свиты и все породы офиолитового комплекса.

В Боксон-Гарганской структурно-металлогенической зоне преобладают месторождения золото-кварцевого и золото-полисульфидного типов. Они сопряжены с выходами гнейсогранитов основания микроконтинента и обрамляющих их офиолитов. Месторождения сформированы в интервале 420–460 млн лет, соответствующем аккреционно-коллизионным событиям, происходящим в тот период в рассматриваемом регионе, тогда как возраст гранитоидов сумсунурского комплекса, с которым ранее связывалось золотое оруденение (Феофилакт, 1968), около 800 млн лет (Кузьмичев, 2004). В Оспинском рудном узле расположено Таинское месторождение, приуроченное к древним (850 млн лет) островодужным гранитам – продуктам эволюции Дунжугурской островной дуги, и отнесенное к золото-теллуридному минеральному типу. Однако в связи с малой распространенностью этих гранитоидов, древние объекты этого типа крайне редки.

С верхней, вулканогенно-осадочной составляющей офиолитового комплекса связаны проявления золото-пирротинового типа. Такие объекты образуют Ольгинскую золоторудную зону, аналогичные проявления известны также в Урик-Китойской зоне. Их образование связано с метаморфизмом золотоносных субмаринных гидротермально-осадочных сульфидных руд – аналогов современных “черных курильщиков”, в результате которого произошла пирротинизация пирита, перераспределение рудообразующих компонентов, укрупнение частиц самородного золота, появление золотоносных кварцевых жил и прожилков.

Входящие в состав Боксон-Гарганской металлогенической зоны Тисса-Сархойский и Дибинский золоторудные узлы отличаются по характеру

золотой минерализации. Известные здесь проявления золота приурочены к малым гранитоидным интрузиям различной генетической природы и отнесены к золото-теллуридному и золото-висмут-сульфосольному минеральным типам. Золото-теллуридные проявления (Хорингольское и Сагангольское) так же как и вышеупомянутое Таинское месторождение, связаны со становлением островодужных гранитов, однако возраст последних – около 500 млн лет. Следовательно, появление этих гранитоидов связано с развитием более поздней (Сархойской) островодужной системы. Золото-теллуридные месторождения характеризуются мантийными значениями изотопных составов руд. Объекты золото-висмут-сульфосольного типа связаны с проявлением коллизионного гранитоидного магматизма, возраст которого близок к 490 млн лет. Руды имеют коровые изотопные характеристики (Гармаев и др., 2013).

Ильчирская структурно-металлогеническая зона охватывает северную часть одноименного террейна, представляющего собой окраину Джиндинского палеоокеанического бассейна и сложено преимущественно карбонатно-терригенными отложениями окраинного моря. В ней выделяются две золоторудные зоны – Уртагольская и Сагансайрская. *Уртагольская* зона прослеживается от верховьев р. Тумелика на северо-восток в верховье Китоя и далее в широтном направлении вдоль долины этой реки до устья р. Билюты. Северная граница зоны вначале проходит по юго-восточному борту Ильчирской впадины; затем – по четко выраженной границе сагансайрской и барунгольской свит, южная – внутри поля развития пород толгинской и барунгольской свит. В этой золотоносной зоне известны три рудных поля. На западе в бассейне р. Толты и верховьях р. Урта-Гола – Уртагольское рудное поле, в центральной части зоны расположено Хонголдойское рудное поле и на востоке Уртагольской рудной зоны, в приустьевой части р. Шумак, известно Шумакское рудное поле. В Уртагольской золоторудной зоне локализованы большей частью слабо изученные мелкие рудопроявления золото-полисульфидного минерального типа.

Сагансайрская золоторудная зона располагается в средней части Ильчирского синклиория и приурочена к полю распространения карбонатных конгломератов сагансайрской свиты. Протяженность зоны 50 км, наибольшая ширина – 6 км. В зоне известно месторождение золота Южное и более десятка рудопоявлений, которые относятся к золото-блеклорудному минеральному типу. Все развиваются по карбонатным отложениям: известнякам и карбонатным конгломератам. Мелкие месторождения Динамитное и Зеленое этого типа известны также в Урик-Китойской золоторудной зоне, рудопоявления присутствуют

в Хужирском рудном узле на западном фланге Коневинского месторождения, рудопроявление Жильное локализовано в Дибинском рудном поле. Решающий фактор рудоотложения при образовании руд золото-блеклорудного типа – литологический, поскольку разновозрастные и генетически разнородные карбонатные толщи содержат очень близкое по составу оруденение. Наблюдаемая в некоторых местах связь руд с позднепалеозойским дайковым магматизмом позволяет связать их образование с рифтогенезом, проявленным в это время на всей территории Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Окинская структурно-металлогеническая зона изучена значительно слабее, чем Боксон-Гарганская или Ильчирская. Большая часть зоны сложена толщами Окинской аккреционной призмы – преимущественно сланцевые отложения окинской серии, в относительно небольшом объеме присутствуют терригенно-карбонатные отложения чехла микроконтинента и палеозойские(?) гранитоиды. До недавнего времени в ней были известны только россыпи по р. Хончен, обработка которых велась в первой половине XX века. В настоящее время в зоне выделяется Хонченский золоторудный узел. Наиболее крупным в нем является Верхнехонченское рудопроявление, а также несколько более мелких рудопроявлений и зон минерализации, известных в среднем течении р. Хончен. Золотоносная минерализация связана с зонами сульфидизации в лиственитизированных и березитизированных сланцах и метаэффузивах, где среди сульфидов преобладают пирит и арсениопирит. В юго-восточной части Окинской зоны установлено золотосодержащее платинометальное проявление Хурай-Жалгинское (Дамдинов и др., 2004; Жмодик и др., 1998). В северо-западной части региона выделяется **Хамсаринская структурно-металлогеническая зона**. Зона отделяется Жомболокским глубинным разломом субширотного направления. Она сложена преимущественно магматическими образованиями – гранитоидами таннуольского комплекса, породами габбро-сиенитовой серии (хужиртайгорхонский комплекс, по В.Г. Скопинцеву и др., 2016, неопубликованные данные), с редкими выходами известняков и метаэффузивов. В Хамсаринскую структурно-металлогеническую зону входят Хужирский, Илейский и Жомболокский золоторудные узлы. *Хужирский* рудный узел пространственно ассоциирован с Сайлагским массивом гранитоидов таннуольского комплекса, расположенным в междуречье р. Оки и ее притока – р. Сайлаг. Наиболее крупным в этом рудном узле является Коневинское золоторудное месторождение. *Жомболокский* золоторудный узел расположен в водораздельной части рр. Жомболок – Сенца, где известны несколько рудопроявлений золота и сурьмы, локализуемых

ся в гранитоидах, в зоне Жомболокского глубинного разлома. Наиболее крупным в рудном узле является Au-Sb проявление Туманное. *Илейский* рудный узел расположен к востоку от Хужирского и включает серию мелких проявлений, также приуроченных к гранитоидам таннуольского комплекса. Таким образом, все известные золоторудные месторождения и проявления Хамсаринской структурно-металлогенической зоны ассоциируются с гранитоидами таннуольского комплекса. Их возраст ~490–500 млн лет соответствует границе островодужного и аккреционно-коллизийного геодинамических этапов развития территории (Руднев, 2013). Геохимические особенности пород показывают их схожесть с гранитоидами, сформированными в обстановке активной континентальной окраины (Дамдинов и др., 2016). Месторождения и проявления относятся к золото-тетрадимитовому и золото-антимонитовому минеральным типам.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее информативным классификационным критерием для типизации золоторудных месторождений юго-восточной части Восточного Саяна является состав продуктивных рудных минеральных ассоциаций, специфичных для каждого из выделенных типов. По этому признаку среди золоторудных месторождений и проявлений исследуемого региона выделено восемь минеральных типов: золото-полисульфидный, золото-кварцевый, золото-теллуридный, золото-тетрадимитовый, золото-антимонитовый, золото-висмут-сульфосольный, золото-пирротинный и золото-блеклорудный.
2. Выделенные структурно-металлогенические зоны несколько различаются по характеру руд золота. В Боксон-Гарганской металлогенической зоне преобладают месторождения золото-кварцевого, золото-полисульфидного и золото-пирротинного типов, хотя в западной части зоны распространены золото-теллуридный и золото-висмут-сульфосольный типы. В Ильчирской зоне развиты месторождения золото-блеклорудного типа, а в Хамсаринской – золото-тетрадимитового и золото-антимонитового типов.
3. Отмечается некоторая зависимость минерального типа золотого оруденения от состава вмещающих пород: в связи с офиолитами и породами архейского кристаллического фундамента образуются золото-кварцевый, золото-полисульфидный и золото-пирротинный типы. На месторождениях, связанных с гранитоидными массивами, главными в составе руд являются минералы полуметаллов – сульфосоли Bi , антимонит, тетрадимит, теллуриды. В карбонатных толщах образуется золото-блеклорудный тип.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность чл.-корр. РАН Н.А. Горячеву за полезные замечания и плодотворное обсуждение материалов, представленных в статье.

Исследования выполнены в рамках бюджетного проекта ГИН СО РАН № 0340-2016-0005, при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-05-00489-а.

ЛИТЕРАТУРА

- Айриянц Е.В., Жмодик С.М., Миронов А.Г., Боровиков А.А.*. Золотое оруденение в кремнисто-карбонатных породах юго-восточной части Восточного Саяна // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 5. С. 497–510.
- Айриянц Е.В., Жмодик С.М., Миронов А.Г., Боровиков А.А., Борисенко А.С., Очиров Ю.Ч.* Золото-ртутный и золото-серебряный типы оруденения в Восточных Саянах: минералогический состав, физико-химические условия образования // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 3–4. С. 260–273.
- Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Викентьева О.В., Прокорьев В.Ю., Прокопьев А.В.*. Золото-сурьмяные месторождения Сарылах и Сентачан (Саха-Якутия): пример совмещения мезотермальных золото-кварцевых и эпitherмальных антимонитовых руд // Геология руд. месторождений. 2010. Т. 52. № 5. С. 381–417.
- Буслов М.М.* Тектоника и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль позднепалеозойских крупноамплитудных сдвигов // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 1. С. 66–90.
- Волков А.В., Сидоров А.А.* Геолого-генетическая модель месторождений золота Карлинского типа // Литосфера. 2016. № 6. С. 145–165.
- Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В.* Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра, 1982. 383 с.
- Гамянин Г.Н.* Минералого-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. М.: ГЕОС, 2001. 222 с.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бахарев А.Г., Колесниченко П.П., Зайцев А.И., Диман Е.Н., Бердников Н.В.* Условия зарождения и эволюция гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. 196 с.
- Гармаев Б.Л., Дамдинов Б.Б., Миронов А.Г.* Золото-висмутное проявление Пограничное (Восточный Саян): вещественный состав и связь с магматизмом. // Геология руд. месторождений. 2013. Т. 55. № 6. С. 533–545.
- Геология и метаморфизм Восточного Саяна. Беличенко В.Г. и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. 192 с.
- Геология и рудоносность Восточного Саяна. Добрецов Н.Л. и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1989. 127 с.
- Гордиенко И.В., Роцектаев П.А., Гороховский Д.В.* Окинский рудный район Восточного Саяна: геологическое строение, структурно-металлогенетическое районирование, генетические типы рудных месторождений, геодинамические условия их образования и перспективы освоения // Геология руд. месторождений. 2016. Т. 58. № 5. С. 405–429.
- Горячев Н.А.* благороднометалльный рудогенез и мантйно-коровое взаимодействие // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 3. С. 323–332.
- Горячев Н.А., Гамянин Г.Н.* Золото-висмутные (золото-редкометалльные) месторождения Северо-Востока России: типы и перспективы промышленного освоения // Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология: Труды III всероссийского симпозиума. Магадан. СВНЦ ДВО РАН, 2006. С. 50–62.
- Гребенщикова В.И., Шмотов А.П.* Этапы формирования Зун-Холбинского золоторудного месторождения (Восточный Саян) // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 4. С. 756–764.
- Громова Е.И.* Вещественный состав руд одного золоторудного месторождения в Восточном Саяне // Матер. по геологии рудных месторождений Западного Забайкалья. Иркутск: тр. ВСГИ, Вып. 1. 1960. С. 79–114.
- Дамдинов Б.Б., Жмодик С.М., Миронов А.Г., Очиров Ю.Ч.* благороднометалльная минерализация в рудингитах юго-восточной части Восточного Саяна // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 5. С. 277–287.
- Дамдинов Б.Б., Миронов А.Г., Боровиков А.А., Гунтыпов Б.Б., Карманов Н.С., Борисенко А.С., Гармаев Б.Л.* Состав и условия формирования оруденения золото-теллуридного типа в Тисса-Сархойской золотоносной провинции (Восточный Саян) // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 8. С. 833–847.
- Дамдинов Б.Б., Гармаев Б.Л., Миронов А.Г., Даширмаев З.Б.* Золото-висмутный тип оруденения в юго-восточной части Восточного Саяна // Доклады РАН. 2009. Т. 425. № 2. С. 208–212.
- Дамдинов Б.Б., Роцектаев П.А., Жмодик С.М., Каникин С.В., Дамдинова Л.Б.* Интерметаллиды системы Au-Ag-Hg в рудах Коневинского золоторудного месторождения (Восточный Саян) // Записки РМО. 2012. № 3. С. 50–60.
- Дамдинов Б.Б., Жмодик С.М., Роцектаев П.А., Дамдинова Л.Б.* Минеральный состав и генезис Коневинского золоторудного месторождения (Восточный Саян, Россия) // Геология руд. месторождений. 2016. Т. 58. № 2. С. 154–170.
- Добрецов Н.Л.* О покровной тектонике Восточного Саяна // Геотектоника. 1985. № 1. С. 39–50.
- Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Медведев В.Н., Складчиков Е.В.* Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна // Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. Новосибирск: Наука, 1985. С. 34–58.
- Жмодик С.М., Миронов А.Г., Деревенец В.Г., Агафонов Л.В., Очиров Ю.Ч.* Новый тип олово-золото (ртуть)-платинометалльной рудной минерализации в Восточном Саяне // Доклады РАН. 1998. Т. 361. № 4. С. 510–513.
- Жмодик С.М., Постников А.А., Буслов М.М., Миронов А.Г.* Геодинамика Саяно-Байкало-Муйского аккреционно-коллизийного пояса в неопротерозое – раннем палеозое, закономерности формирования и локализации благороднометалльного оруденения // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 1. С. 183–197.
- Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С.* Золотоконцентрирующие системы офиолитовых поясов (на при-

- мере Саяно-Байкало-Муйского пояса). Новосибирск: Академическое изд-во "Гео", 2008. 304 с.
- Золото Бурятии. Кн. 1. Структурно-металлогенетическое районирование, геологическое строение месторождений, ресурсная оценка. Рошкетав П.А., Миронов А.Г., Дорошкевич Г.И. и др. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2000. 460 с.
- Конников Э.Г., Миронов А.Г., Цыганков А.А., Посохов В.Ф., Врублевская Т.Т., Куликов А.А., Куликова А.Б.* Генезис плутоногенного оруденения в позднем докембрии Саяно-Байкальской складчатой области // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 4. С. 37–52.
- Константинов М.М.* Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. М.: Недра, 1984. 165 с.
- Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф.* Золоторудные гиганты России и мира. М.: Научный мир, 2000. 272 с.
- Коробейников А.Ф.* Нетрадиционные комплексные золото-платиноидные месторождения складчатых поясов. Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. 237 с.
- Коробейников А.Ф., Гончаренко А.И.* Золото в офиолитовых комплексах Алтае-Саянской складчатой области // Геохимия. 1986. № 1. С. 49–62.
- Корольков А.Т.* Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири. Иркутск: изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. 251 с.
- Кузьмичев А.Б.* Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М.: Пробел-2000, 2004. 192 с.
- Кузьмичев А.Б., Ларионов А.Н.* Сархойская серия Восточного Саяна: неопротерозойский (~770–800 млн лет) вулканический пояс андийского типа // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 7. С. 875–895.
- Кузьмичев А.Б., Ларионов А.Н.* Неопротерозойские островные дуги Восточного Саяна: длительность магматической активности по результатам датирования вулканокластиков по цирконам // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 1. С. 45–57.
- Левцкий В.В.* Структура и зональность золотого оруденения в типичном рудном районе Сибири // Вопросы генезиса и закономерности размещения эндогенных месторождений. М.: Наука, 1966. С. 316–326.
- Линдгрэн В.* Минеральные месторождения. М.: ОНТИ. 1934. 220 с.
- Мельников В.Д.* Золоторудные гидротермалитовые формации. Владивосток: ДВНД АН СССР, 1984. 132 с.
- Миронов А.Г., Бахтина О.Т., Жмодик С.М., Куликов А.А., Очиров Ю.Ч., Куликова О.А.* Новый тип золотого оруденения в стратиформных пирротиновых рудах Восточного Саяна // ДАН. 1999. Т. 365. № 6. С. 798–801.
- Миронов А.Г., Жмодик С.М.* Золоторудные месторождения Урик-Китойской металлогенетической зоны (Восточный Саян, Россия) // Геология руд. месторождений. 1999. Т. 41. № 1. С. 54–69.
- Миронов А.Г., Жмодик С.М., Очиров Ю.Ч., Боровиков А.А., Попов В.Д.* Тайнское золоторудное месторождение (Восточный Саян, Россия) – редкий тип золото-порфириевой формации // Геология руд. месторождений. 2001. Т. 43. № 5. С. 395–413.
- Моисеенко В.Г.* Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 304 с.
- Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988. 286 с.
- Некрасов И.Я.* Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. М.: Наука, 1991. 302 с.
- Оболенский А.А., Оболенская Р.В.* Золото-сурьмяная и ртутная рудные формации Якутии // Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. Новосибирск: Наука, 1972, с. 53–64.
- Петровская Н.В.* Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). М.: Наука, 1973. 347 с.
- Посохов В.Ф., Миронов А.Г., Утина Е.Д.* Исследование рубидий-стронциевым методом Зун-Холбинского золоторудного месторождения (Восточный Саян) // Ежегодник-94. Вып. 1. Улан-Удэ. ГИН СО РАН, 1994. С. 11–13.
- Прокофьев В.Ю.* Геохимические особенности рудообразующих флюидов гидротермальных месторождений золота различных генетических типов (по данным исследования флюидных включений). Новосибирск: Наука, 2000. 192 с.
- Руднев С.Н.* Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Монголии. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2013. 299 с.
- Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А.* Месторождения золота Урала (издание второе, исправленное и дополненное). Екатеринбург: УГГА-ИГГ УрО РАН, 2001. 622 с.
- Сафонов Ю.Г.* Гидротермальные золоторудные месторождения: распространенность – геолого-генетические типы – продуктивность рудообразующих систем // Геология руд. месторождений. 1997. Т. 39. № 1. С. 25–40.
- Семинский Ж.В.* Металлогенетические пояса Восточной Сибири // Изв. Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых. Вып. 3 (29). Иркутск: ИрГТУ, 2006. С. 5–15.
- Федотова А.А., Хаин Е.В.* Тектоника юга Восточного Саяна и его положение в Урало-Монгольском поясе. М.: Научный мир, 2002. 176 с.
- Феофилактов Г.А.* Минеральные ассоциации и особенности вещественного состава руд месторождений золота одного из районов Восточного Саяна // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР. Вып. 10. Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1965. С. 169–187.
- Феофилактов Г.А.* Некоторые черты геологии, структурные условия локализации и генезис золоторудных месторождений одного из районов Восточного Саяна // Известия ТПИ, 1968. Т. 134. С. 80–89.
- Хомич В.Г., Борискина Н.Г.* Основные геолого-генетические типы коренных месторождений золота Забайкалья и Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология, 2011. Т. 30. № 1. С. 70–96.
- Шер С.Д.* Металлогения золота. М.: Недра, 1974. 255 с.
- Шнейдерхен Г.* Рудные месторождения. М.: ИЛ, 1958. 501 с.
- Cline J.S., Hofstra A.H., Muntean J.L. et al.* Carlin-Type gold deposits in Nevada: critical geologic characteristics and viable models // Economic Geology 100th Anniversary Volume. 2005. P. 451–484.

Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Groves D.I. A classification scheme for epigenetic Archaean lode-gold deposits // *Mineralium Deposita*. 1995. Vol. 30. P. 408–410.

Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis // *Ore Geology Reviews*. 2001. Vol. 18. P. 1–75.

Goldfarb R.J., Baker T., Dube B., Groves D.I., Hart C.J.R., Gosselin P. Distribution, character and genesis of Gold Deposits in Metamorphic terranes // *Economic Geology*. 2005. 100th Anniversary Volume (1905–2005). P. 407–450.

Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types // *Ore Geology Reviews*. 1998. Vol. 13. P. 7–27.

Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // *Mineralium Deposita*. 2001. Vol. 36. P. 477–489.

Ohmoto H. & Rye, R.O. Isotope of sulfur and carbon. In H.L. Barnes Ed., *Geochemistry of Hydrothermal deposits*. 1979. John Wiley & Sons. P. 509–567.

Sillitoe R.H. Intrusion-related gold deposits // In: *R.P. Foster* Ed. *Gold metallogeny and exploration*. Blackie and Son Ltd. Glasgow, 1991. P. 165–209.

White N.C., Hedenquist J.W. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration // *Society of Economic Geologists Newsletter*. 1995. Vol. 23. P. 9–13.

Zhang L.-G., Liu J.-X., Zhou H.B., Chen Z.-S. Oxygen isotope fractionation in the quartz-water-salt system // *Econ. Geol.* 1989. Vol. 89. P. 1643–1650.

Фондовая литература

Конкин В.Д. Карты золотоносности Саяно-Прихубсугульского региона масштаба 1:500 000 и детальнее для отдельных перспективных площадей с оценкой прогнозных ресурсов золота по категориям P₃, P₂ в пределах территории Республика Бурятия // Отчет по теме 029д. М.: ЦНИГРИ, 2002. 175 с.

Скопинцев В.Г., Кошкин В.В., Валенко Т.Н. и др. Геологический отчет – ГДП-200 листов N-47-XXXIV, M-47-IV (Сархойская площадь) и оценка геологической, геохимической, геофизической изученности и подготовка обоснования гдп-200 листа N-47-XXXIII. Кн. 1. Текст. д. Усть-Куда, 2016. 270 с.

Mineral Types of Gold Deposits and Regularities of their Distribution in South-Eastern Part of the East Sayan

B.B. Damdinov

*Geological Institute SB RAS
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakh'yanovoi street, 6a
E-mail: damdinov@mail.ru

Based on the mineral composition, gold deposits of the south-eastern part of the East Sayan were typed. The most informative classification criterion for typing is the composition of the gold producing ore mineral associations which are specific to each of the selected types. Whereas using other criteria different structural, composition or genetic characteristics of deposits will necessarily overlap. Eight mineral types of deposits, characterizing the main gold-bearing ore mineral associations were identified: gold-polysulfide, gold-quartz, gold-telluride, gold-tetradymite, gold-stibnite, gold-bismuth-sulfosalt, gold-pyrrhotite and gold-fahlore types. Regional metallogenic divisions such as structural metallogenic zones, differ somewhat in the characteristics of mineralization. Thus, within the Bokson-Garganskaya metallogenic zone, gold-quartz, gold-polysulfide and gold-pyrrhotite types dominate, although gold-telluride and gold-bismuth-sulfosalt types are common in the western part of this zone. In the Ilchir zone, gold-fahlore type deposits are developed. Khamsarinskaya zone is characterized by gold-tetradymite and gold-antimonite deposits existence. It has been established that the mineral types of deposits formation depend on the enclosing rock complexes composition. Thus, gold-quartz, gold-polysulfide and gold-pyrrhotite types are formed in association with the ophiolites and rocks of the Archean crystalline basement. At the deposits associated with granitoid massifs, minerals of metalloids, such as bismuth-bearing sulfosalts, stibnite, tetradymite and tellurides, take a leading role in ores. In the carbonate strata, a gold-fahlore type is formed. The proposed classification allows typing all known gold deposits in the south-eastern part of the East Sayan and can be applied to adjacent regions.

Keywords: South-eastern part of the East Sayan, gold deposits, types of mineralization, metallogeny.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0016-777061223-38>