

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ СПЕКУЛЯРИТА В ГОРНОМ АЛТАЕ

А.И.Гусев (Бийский государственный педагогический университет)

*Впервые для Горного Алтая проведено обобщение материалов по спекуляриту. Гематитовая минерализация в Горном Алтае имеет широкое распространение. Промышленные масштабы ее связаны с девонскими магмо-рудно-метасоматическими системами, относящимися к месторождениям трех типов железо-оксид-медно-золоторудного класса (IOCG): Кируна, Олимпик Дэм, Клонкарри. По наиболее перспективным рудным узлам оценены прогнозные ресурсы спекулярита.*

Спекулярит представляет собой пластинчатую разновидность гематита, известную также под названиями «железная слюдка», «железный блеск», «железная роза». Минерал обладает высокой стойкостью к действию щелочей и кислот. Благодаря химической стойкости, пластинчатой форме выделений он широко применяется в производстве антикоррозионных лакокрасочных материалов для покрытия металлических поверхностей крупногабаритных изделий, эксплуатируемых в агрессивных условиях морской среды и промышленной атмосферы (мосты, морские суда и буровые платформы, опоры ЛЭП, ангары, крупные емкости-хранилища и т.д.). Областью применения антикоррозионных покрытий на базе спекуляритового пигмента могут быть подвижной железнодорожный состав, а также нефте- и газопроводы, которые в огромных масштабах сооружаются на территории России и за ее пределами.

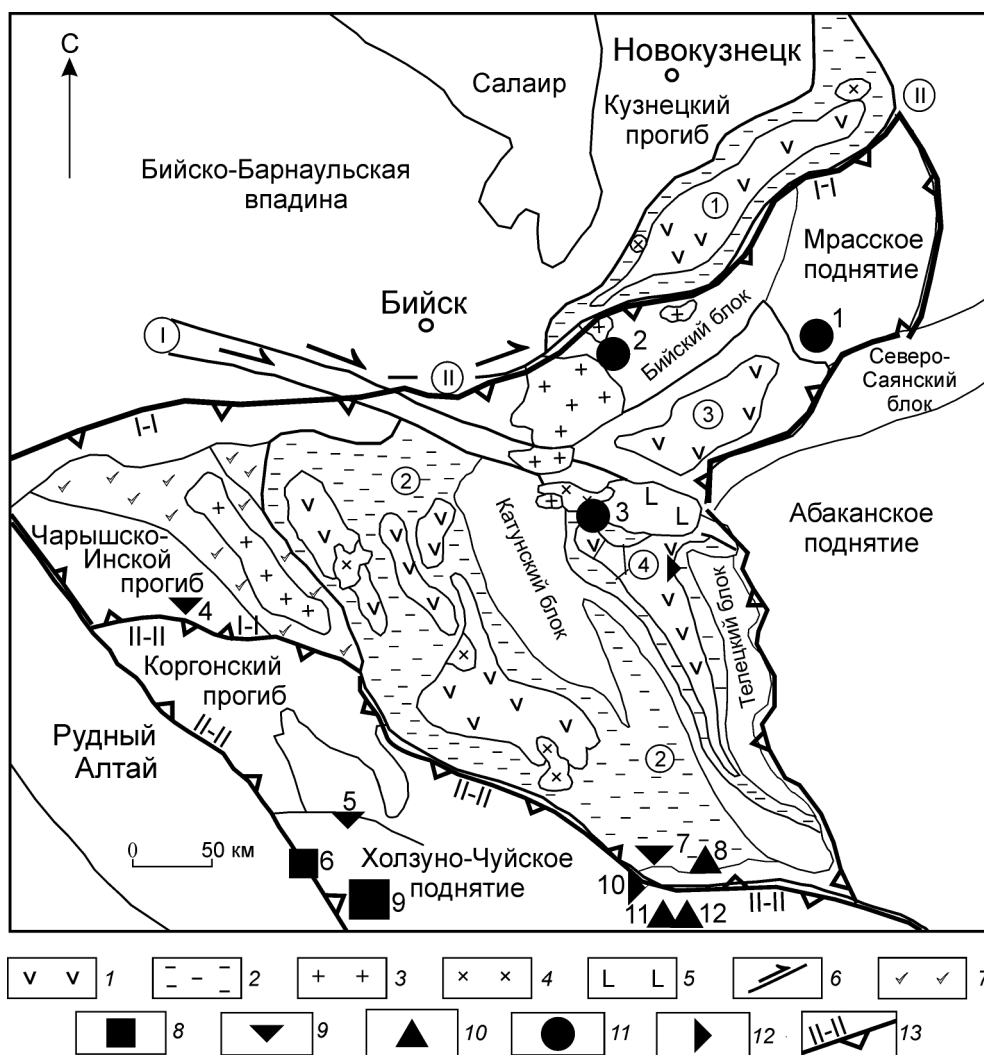
В Горном Алтае спекулярит встречается на многих месторождениях и проявлениях, обнаруживая пространственную и парагенетическую связь с различными вулканогенными и интрузивными образованиями. Формирование месторождений происходило в обстановке трансформной континентальной окраины, инициированной плюмтектоникой [1]. Спекулярит в регионе найден в разнообразных типах месторождений: апатит-магнетитовых с гематитом (Холзун), гидротермальных магнетит-гематитовых (Рудный Лог), медно-порфириновых с гематитом (Уландрык, Шибетинское, Кокоринское), гидротермальных гематит-медно-золоторудных (Локтевское, Светлинское, Шельдянское), эпитеpmальных золото-серебряных с ртутью (Коксаирское), эпитеpmальных золото-серебряных (Коно), медно-золото-скарновых (Ульменское, Синохинское), золото-железородно-скарновых (Майское) (рисунок).

Наибольшее значение спекулярит имеет в объектах первого, второго и третьего типов. Примечательно то, что наиболее значительные его объемы обнаруживаются в месторождениях железо-оксид-медно-золоторудного класса, активно изучаемых в последнее время в Австралии, Канаде, Бразилии, Чили, Перу, Китае, США. В настоящее время это признанный геологической общественностью класс месторождений, в котором по признакам близости (удаленности) от магматического источника выделяются шесть типов оруденения. Четыре из них связаны с интрузиями известково-щелочного ряда (железородные скарны, апатит-магнетитовые типа Кируна, Олимпик Дэм и тип Клонкарри), два — с магматическими образованиями щелочно-карбонатитового ряда (Палабора и Баян-Обо) [3].

Рассмотрим наиболее значительные типы спекуляритового оруденения региона, сформировавшиеся в девоне.

*Тип Кируна* определяется по своему прототипу — месторождениям железородной провинции Кируна в Северной Швеции — как монометалльные, низкотитановые магнетит-apatитовые месторождения с невысокими содержаниями Au и Cu, вплоть до их полного отсутствия. Эти месторождения по возрасту и генетически связаны с вмещающими их вулканическими и плутоническими породами. Железородное оруденение связано с Na и Na-Ca метасоматозом, предвестником возможной Au-Cu минерализации как во внутрикратонной обстановке, так и в континентальных дугах. Железородные тела могут служить благоприятной средой для формирования более поздней IOCG-минерализации другого типа (например, типа Клонкарри).

Типичным представителем IOCG-месторождений типа Кируна является Холзунское месторождение на границе России и Казахстана. К этому же



Схематическая металлогеническая карта западной части Алтае-Саянской складчатой области на этапе функционирования трансформной континентальной окраины ( $O_1-P_1$ ):

1 — вулканогенные образования  $D_1-D_2$  (базальты, трахибазальты, андезиты, риолиты и их туфы); 2 — туфогенные образования  $O-D_1$  (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты); 3 — граниты, умеренно щелочные граниты, кварцевые сиениты  $D_2$ ; 4 — габбро, диориты, тоналиты, граниты  $S_1-D_1$ ; 5 — габбро, плагиограниты  $C_2$ ; 6 — трансформные разломы: I — Бийский, II — Тельбесский (ответвление Бийского); 7 — кремнисто-метабазальтовые океанические образования ( $C_3-O$ ); типы оруденения: 8 — апатит-магнетитовый типа Кируна, 9 — гидротермальный железо-оксид-медно-золоторудный типа Клонкарри, 10 — гидротермальный железо-оксид-медно-золотой типа Олимпик Дэм, 11 — скарновые (медно-золоторудный и железо-золоторудный), 12 — эпитермальный золото-серебряный; прогибы: 1 — Тельбесский, 2 — Ануиско-Чуйский, 3 — Лебедской, 4 — Уйменский; 13 — границы минерагенических таксонов: I-I — Северо-Алтайско-Горношорская, II-II — Южно-Алтайско-Монгольская; месторождения и проявления: 1 — Майское, 2 — Ульменское, 3 — Синохинское, 4 — Локтевское, 5 — Шельдянское, 6 — Коксинское, 7 — Кубадринское, 8 — Кокоринское, 9 — Холзунское, 10 — Коксаирское, 11 — Рудный Лог, 12 — Шибетинское

типу относятся месторождения Волковское (Россия), Маркакульское (Казахстан), Абагонг, Мынку (Китай).

Холзунское месторождение находится на водораздельной части Холзунского хребта с абсолютными отметками 1700–2000 м. Холзунский участок сложен эффузивно-осадочной толщей коргонской свиты раннего-среднего девона. В ее составе пре-

обладают кислые лавы и их туфы с прослоями туфогенных и полимиктовых песчаников и линзами известняков. В последних содержится фауна верхнеэффузивных кораллов. Эффузивно-осадочная толща смята в крутые (до  $70^\circ$ ) линейные складки северо-западного простирания и прорвана двумя гранитными интрузиями. В сотне метров восточнее участка расположена небольшая вытянутая в се-

ро-западном направлении интрузия гранит-порфи-ров предположительно майорского комплекса ( $D_2$ ), западнее — более крупная изометричная интрузия биотитовых порфировидных гранитов предположительно синюшинского комплекса ( $P_2-T_1$ ). С майорскими гранитоидами связаны альбитизация, амфиболитизация и хлоритизация вмещающих пород, с синюшинскими — ороговикование и скарнирование. И те и другие метаморфизуют руды, превращая гематит в магнетит. Рудоносный горизонт приурочен к терригенным разностям пород. Он представлен пластами и линзами магнетитовых и магнетито-гематитовых руд и зонами вкрапленных магнетитовых и реже гематитовых руд. Гематит повсеместно представлен несколькими генерациями спекулярита. Мощность его около 120 м. Рудные тела залегают нередко с постепенными переходами к вмещающим породам и отделяются от них только по анализам. В северном и северо-западном направлениях заметно увеличивается роль спекулярита в рудах относительно магнетита вплоть до сплошных гематитовых образований.

В составе руд преобладает магнетит в виде сплошных зернистых масс или густой вкрапленности. Из нерудных минералов доминирует кварц, встречаются полевые шпаты, амфиболы, пироксены, минералы группы хлоритов, слюды, гранатов, карбонаты, иногда — обломки кислых вулканогенных пород. С железными рудами ассоциируют выделения марганца, приуроченные к глинистым и песчаным породам.

Рудное поле Холзунского месторождения соответствует магнитной аномалии протяженностью около 9 км при ширине до нескольких сотен метров. Она простирается в северо-северо-западном направлении согласно с геологическими структурами района и подразделяется на три участка — Северный, Перевальный и Тургусунский.

Рудная зона Перевального участка имеет длину более 1500 м, ширину до 250 м. Линзо- и пластообразные рудные тела, согласные с напластованием вмещающих пород, имеют мощность до 100 м, протяженность по простиранию и падению 700 м и более. Среднее содержание валового железа в рудных телах 28–29%. Соотношение магнетита к спекуляриту в рудах 1:0,7.

На Тургусунском участке рудная зона распадается на три крупных блока, вероятно, в связи со складчатостью и разрывами первичного рудного горизонта. Линзовидные рудные тела имеют мощность до 70 м при протяженности по падению более 700 м. Реликтовая слоистость в рудах и вмещающих породах местами пересекается сланцеватостью и отдельными телами переотложенных руд.

Среднее содержание железа несколько выше, чем в рудах Перевального участка (около 33%). Соотношение магнетита к спекуляриту 1:0,3.

На Северном участке длиной более 1000 м и шириной около 100 м рудные тела имеют пластообразную форму, мощность до 50 м. Руды апатит-магнетит-спекуляритовые, спекуляритовые. В рудных телах соотношение магнетита к спекуляриту 0,5:1. Среднее содержание железа в рудах 25–28%.

Основу промышленных запасов железных руд составляют гидросиликатно-магнетитовые с повышенным содержанием апатита. Относительно богатые руды Тургусунского участка (56% разведанных запасов руд месторождения) имеют актинолит-биотит-магнетитовый состав при подчиненной роли альбита, гематита. Наиболее бедные биотит-альбит-магнетитовые с гематитом руды развиты на Перевальном участке. К бедным относятся также карбонат-гидросиликат-магнетитовые руды с гематитом, составляющие в сумме 25% запасов. Остальные типы руд (сульфидно-магнетитовые, апатит-магнетитовые и др.) имеют подчиненное значение. Апатит-магнетитовые руды в виде жил залегают на юго-западном фланге рудного поля среди порфири-тов подрудной пачки.

Второстепенные минералы руд — эпидот, хлорит, кварц, доломит, цеолиты, ангидрит. В виде примеси отмечены сфен, турмалин, ортит, монацит, роговая обманка, диопсид, гранат гроссуляр-андрадитового ряда, барит, гипс, халькопирит и др.

Запасы руд месторождения Холзун составляют 407,6 млн. т категорий  $A+B+C_1$ , 272,5 млн. т категории  $C_2$  со средним содержанием железа 28,9%. Запасы спекулярита промышленных категорий 102 млн. т.

В 2005 г. при проведении специализированных металлогенических исследований в пределах Холзунского рудного поля нами переопробован нижний рудоносный горизонт Тургусунского участка, где в 1969–1970 гг. Э.Г.Кассандровым обнаружено проявление ортита. В пробах-протоколках и в шлифах помимо апатита установлены ортит и монацит, нередко ассоциирующие с цериевым эпидотом и калиевым полевым шпатом. Содержание иттрия в штучных пробах 0,52–1,34%. Аналогичные руды с ортитом и монацитом выявлены нами на Северном участке Холзунского рудного поля в тесной ассоциации с апатитом, эпидотом, спекуляритом. В рудных телах Северного участка найдены пирит-галенит-сфалеритовые руды в глинистых углеродистых сланцах, классифицируемых типом SEDEX. По латерали от них установлены гипогенные виллемитовые руды с редкими выделениями пирита и сфалерита. В этой связи определенный интерес предс-

тавляют вся полоса распространения рудоносного горизонта от Холзуна до Коргона и проявления железа оксидного типа на предмет выявления спекуляритового, редкоземельного и других типов оруденения.

В Коргоно-Кедровском рудном узле имеются перспективы открытия новых месторождений железа и марганца. Площадь рудного узла 900 км<sup>2</sup>. Прогнозные ресурсы спекулярита категории P<sub>3</sub> оценены в 230 млн. т.

*Тип Олимпик Дэм* имеет своим прототипом одноименное месторождение в Австралии. Руды представлены трубообразными или неправильной формы брекчиевыми телами с магнетит-гематитовым матриксом, ассоциирующими с гранитами анорогенного А-типа. Комплексное Cu-Au-U-Ag-REE оруденение по возрасту и пространственно связано с железооксидной брекчиевой постройкой, ядро которой состоит из гематит-кварцевых, а периферическая часть — из гематит-гранитовых брекчий, окруженных ореолом слабо измененных брекчированных гранитов. Брекчии формировались в близповерхностных условиях. Калиевые метасоматиты с гематитом, серицитом, хлоритом, карбонатами±сульфиды Fe-Cu, ±уранинит. REE-минералы преобладают и местами наложены на магнетит-биотитовые образования.

Представителем рудной системы IOCG-типа Олимпик Дэм в регионе является Уландрыкский железо-медно-редкоземельный рудный узел на границе России и Монголии. В региональном плане оруденение приурочено к Аксайской вулканоплутонической структуре девонского возраста (50×30 км в поперечнике), сложенной субщелочными (высококалиевыми) риолит-андезитами и туфами, прорванными субвулканическими телами субщелочных лейкогранитов аксайского комплекса. В пределах узла развито золоторудное, железо-редкоземельно-медное и спекуляритовое оруденение. По периферии располагается цепочка малых урановых месторождений и рудопроявлений (Буратинское, Шибетинское, Аксайское и др.). Ранее нами месторождение Рудный Лог по условиям образования сопоставлялось с месторождением Канделярия в Чили, которое также относится к типу Олимпик Дэм [2].

Месторождение Рудный Лог находится в пределах северных отрогов хребта Сайлюгем (см. рисунок) на высоте 2200–2400 м над уровнем моря. Оно приурочено к Аксайской вулканоплутонической структуре, сложенной эффузивными и вулканогенно-осадочными образованиями аксайской свиты и субвулканическими комагматами (трахиандезиты, кварцевые латиты, дациты, риолитоиды).

Кроме месторождения Рудный Лог, в пределах структуры известны еще несколько проявлений спекулярита в ассоциации с медной (Уландрыкское) и урановой (Аксайское, Шибетинское) минерализацией. По масштабам и качеству руд они аналогичны Рудному Логу и тяготеют к разрывным нарушениям в контактовых ореолах среднедевонских субщелочных лейкогранитных массивов (Аксайского и Уландрыкского). Геофизические данные (гравиметрия, магнитометрия) свидетельствуют о том, что массивы являются выступами кровли крупного интрузива лейкократовых гранитов с ведущей геохимической ролью фтора во флюидах. Последнее обстоятельство подчеркивается широким развитием флюоритовой минерализации как в пределах массивов, так и всей вулканоплутонической структуры, под которой по геофизическим данным залегает основная часть интрузива. Для всего поля структуры характерны также первичные ореолы меди, молибдена, олова. Месторождение Рудный Лог локализуется в пределах кварц-гематитовой зоны в дугообразной разрывной структуре северо-западного простирания, протяженностью 8 км, мощностью до 100 м. Она рассекает кислые образования аксайского вулканоплутонического комплекса (лавы и туфы риолитов, трахириолитов) и отчетливо опоясывает северный контур Аксайского гранитного массива в непосредственной близости от него (100–800 м). Вблизи рудоносной структуры лавы и туфы альбитизированы. Контактная часть массива представлена эруптивными брекчиями с многочисленными обломками гранитов и эффузивов, сцементированных криптозернистой массой кварца с пылевидным гематитом и флюоритом.

Месторождение Рудный Лог тяготеет к юго-восточной оконечности кварц-гематитовой зоны протяженностью 1,7 км при мощности до 100 м. Северо-западный фланг месторождения пережимается, расщепляясь на 2–3 составляющие, юго-восточный — выклинивается на поверхности и, вероятно, погружается на глубину согласно с кровлей гранитного массива. Канавами и буровыми скважинами (до глубины 200 м) вскрыта западная часть месторождения. Установлена пластообразная морфология рудоносной структуры, характеризующаяся зональным внутренним строением. Во внешних частях она сложена слабоизмененными эффузивами с жилами и прожилками безрудного кварца мощностью от 5 до 70 м. Местами в жильном кварце содержатся обломки вулканогенных пород. Ближе к центральным частям находится зона средне-мелкозернистого кварца с редкой вкрапленностью гематита и маломощными гематитовыми жилами, которая далее к центру постепен-

но переходит в зону брекчиевых руд — интенсивно катаклазированного кварца, сцементированного мелкопластинчатым гематитом. Трещины в основном северо-западного простирания, местами сливаются и пересекаются друг с другом, образуя сложную сетку, в которой локализованы жильные тела. В центральной части рудной зоны залегает пластовое тело массивных кварц-спекуляритовых руд, прослеженное на 1,5 км при выдержанной мощности 25–30 м.

Рудные тела представлены кулисообразно расположенными линзами, разделенными безрудными кремнистыми или слабооруденелыми интервалами. В большинстве случаев руды сложены массивными и брекчиевыми разностями. В последних обломки эффузивов и кремнистых пород сцементированы чешуйчатым гематитом. Встречаются также полосчатые, гребенчатые и шаровые текстуры. В составе руд месторождения Рудный Лог выделяются следующие ассоциации минералов: гидротермальная жильная, гидротермально-метасоматическая, реликтовая и гипергенная. Гидротермальная жильная ассоциация представлена в основном кварцем и слюдястым гематитом (спекуляритом), редко встречающимися магнетитом, пиритом, рутилом и флюоритом; гидротермально-метасоматическая — минералами измененных эффузивов, вмещающих рудные жилы (кварцем и спекуляритом (главные), карбонатом, каолинитом, серицитом, лейкоксеном и хлоритом); реликтовая — минералами исходных пород, не измененными при гидротермальном метасоматозе эффузивов (кварц, плагиоклаз, апатит, ильменит, циркон); гипергенная — в основном гетитом и гидрогетитом.

Главные минералы руд — кварц и спекулярит, составляющие более 90–95% их объема. Спекулярит представлен тремя генерациями. Наиболее ранняя и преобладающая образует мелкочешуйчатые агрегаты в ассоциации с кварцем первой генерации. Размеры выделений спекулярита первой генерации варьируют от 0,1 до 1,5 мм. Парагенный кварц первой генерации формирует гетерогенный агрегат аллотриоморфных зерен размером от 0,3 до 3 мм, характеризуется блоковым и волнистым угасанием. Содержит многочисленные первичные газовой-жидкие включения, в которых иногда отмечаются дочерние тонкие выделения зеленоватого флюорита и фтор-apatита. В зальбандах кварцевых прожилков и жил первой генерации отмечаются альбит, хлорит, турмалин, апатит.

Спекулярит второй генерации более крупночешуйчатый (размеры выделений от 1 до 3,5 мм), наблюдается в брекчиевых рудах, где он иногда присутствует в цементирующей массе в ассоциации с кварцем второй генерации и сидеритом. Гомогенизация

первичных газовой-жидких включений в кварце второй генерации проходила в интервале 190–175°C.

Третья генерация спекулярита отмечена в виде прожилков крупночешуйчатых выделений, секущих брекчиевые руды. Кроме того, она фиксируется в зальбандах рудной залежи среди кварцевых жил. Местами отмечается кварц третьей генерации (1–2 мм в размере), имеющий эвгдральный облик. Травление таких кристаллов кварца показало их зональное строение. В ядерных частях выделений кварца встречаются редкие первичные газовой-жидкие включения и почти отсутствуют вторичные, а в периферических зонах вторичные включения обильны. Гомогенизация газовой-жидких первичных включений осуществлялась в интервале температур 170–140°C.

В рудах повышены содержания, г/т: Sn до 144, W до 80, Co до 86, V до 148, Y до 400, Yb до 40, La до 111,5, Zn до 86. Другие рудные элементы содержатся в пределах кларка или превышают его в 2–3 раза. Геохимические особенности спекулярита изучены нами ранее. Установлен тетрадный эффект распределения РЗЭ, который, вероятно, обязан активной роли летучих компонентов и, в первую очередь, фтора с образованием фтор-комплексов РЗЭ и других элементов, показывающих значительные изменения в процессе эволюции гидротермальных парагенезисов [2].

Запасы спекулярита по категории С<sub>2</sub> составили 20 млн. т. Прогнозные ресурсы спекулярита оценены А.Л.Пономарёвым по Рудному Логу в 37 млн. т руды, Уландрыкскому месторождению — 21 млн. т, Шибетинской зоне — 43 млн. т. Суммарные прогнозные ресурсы спекулярита категории Р<sub>3</sub> по Уландрыкскому рудному узлу составляют 101 млн. т.

В целом геологическая обстановка и само месторождение Рудный Лог обнаруживают большое сходство с месторождениями рудного поля Канделярия-Пунто побережья чилийских Кордельер, где оруденение, как и на месторождении Рудный Лог, представлено порфировым типом со спекуляритом и связано с субвулканическим порфировым гранитоидным массивом [4]. Запасы железо-медно-золото-порфирового месторождения Канделярия составляют 470 млн. т руды с содержаниями Cu 0,95%, Au 0,22 г/т, Ag 3,1 г/т. Общие черты сходства обнаруживаются с такими месторождениями, как Олимпик Дэм (Австралия) и Баян-Обо (Китай).

*Tun Klonkarri* имеет своим прототипом одноименное месторождение в Австралии. Au-Cu минерализация наложена на более древние железняки или на более ранние железоксидные образования и связана с мощными зонами сдвиговой кинематики. Руды вкрапленные стратиформные в виде брек-

чий или приразломных минерализованных зон. Вторичные изменения — калиевые (калиевый полевой шпат, биотит). Рудная минерализация — комплексная: Cu, Au, Ag, Bi, Co, W. Характерны широкое распространение карбонатного жильного материала и преобладание в составе флюидных включений CO<sub>2</sub>. Рудная система связана с эволюцией бедных серой, обогащенных металлами водно-углеродных рассолов.

К типу Клонкарри относятся проявления Локтевского и Светлинско-Шельдянского железо-оксид-медно-золоторудных узлов, месторождения Кубадринское, Кокоринское, Тод-Тугемское.

В пределах Локтевского рудного узла весьма широко распространено оруденение железо-оксидного медно-золоторудного типа, приуроченного к оперяющим разломам Северо-Восточной зоны смятия глубинного заложения. Выявлено более 20 проявлений с широкой вариацией мощностей минерализованных зон прожилково-вкрапленного и жильного оруденения. Их мощность от нескольких метров до 50 м и более, видимая протяженность от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Они увязываются в единый Локтевский рудный узел шириной до 3 км и протяженностью более 20 км параллельно вышеупомянутой зоне смятия северо-северо-западного простирания. Минерализованные зоны имеют сложный состав и сопровождаются дайками различного состава от габброидов до гранит-порфиров. Рудолокализирующие разломы сопровождаются широкими зонами сдвиговой кинематики, выполненными брекчиями, милонитами и бластомилонитами. Вмещают руды силурийские роговики по терригенным породам. Роговики эпидотизированы по прожилкам мощностью от 0,5 до 1 см. На эпидотизацию наложена карбонатизация, также имеющая прожилково-вкрапленный характер. Мощности прожилков кальцита и сидерита варьируют от 0,5 до 3 см. ореол ороговикования связан с западным пологим контактом гранитоидов усть-беловского комплекса (D<sub>3</sub>).

Зоны минерализации представлены линейными штокверками, среди которых отмечаются мощные жилы кварц-карбонат-гематитового, кварц-пирит-халькопиритового составов (мощностью 0,5–3 м), линзы массивного спекулярита (0,5×2 м). Местами наблюдаются гематитовые брекчии, в которых тонкочешуйчатые спекуляритовые руды раннего этапа раздроблены и сцементированы мелкозернистыми агрегатами гематита. В цементе иногда встречаются кварц и сидерит. Размеры обломков брекчий варьируют от 0,5 до 5 мм.

В жильной матрице рудных зон присутствуют кварц, кальцит, сидерит, барит, скаполит, турмалин,

хлорит, эпидот, в подчиненном количестве — борнит, халькозин, тетраэдрит, галенит, сфалерит, пирит, пирротин, золото (?). Рудные минералы образуют вкрапленность, прожилки, линзы, гнезда и массивные выделения спекулярита нескольких генераций и халькопирита. Выявлены взаимоотношения гематитовой и сульфидной минерализации. Последняя формировалась позднее спекулярита. К завершающим по времени относятся прожилки и гнезда розового кальцита и цеолита.

Ранние кварц-гематитовые руды характеризуются крайне варьирующим составом. Намечается такая последовательность минералообразования. К наиболее ранним относятся сидерит с гематитом, кварц первой генерации с гематитом и спекуляритом первой генерации в виде тонких игл; местами гематит содержит трещинки растрескивания, связанные с раскристаллизацией его из геля, редкие гнезда скаполита, хлорита размерами 0,5×2,5 мм. Позднее кристаллизуется эпидот в прожилках мощностью от 1 мм до 0,8 см, иногда с кварцем второй генерации, еще позднее — кварц третьей генерации гетерогранобластовый, чаще стебельчатый и гребенчатый со спекуляритом второй генерации. К наиболее поздним минералам относится сульфидный агрегат халькопирита, пирита с кварцем четвертой генерации. Кварц четвертой генерации гребенчатый, со слегка удлинёнными формами. Халькопирит нередко ассоциирует с тетраэдритом, борнитом. В северо-восточной части Локтевского рудного узла зоны с галенитовой минерализацией зонально распределены относительно шва Северо-Восточной зоны смятия: гематитовые → гематит-халькопиритовые → гематит-сфалерит-галенитовые.

Некоторые мощные зоны сопровождаются кварц-эпидотовыми метасоматитами и эпидозитами на периферии и фельдшпатолитами иногда с биотитом, а также скарнированными породами в приконтактных частях зон. В метасоматитах отмечается вкрапленность пирита, магнетита, гематита. Формирование руд происходило при относительно высоких температурах, на что указывает наличие скаполита в рудах и участков скарнирования пород. Содержания Cu в рудах варьируют от 0,3 до 4,5%, Au от 0,1 до 2 г/т.

Прогнозные ресурсы спекулярита категории R<sub>3</sub> для Локтевского рудного узла (аналог — рудный узел Клонкарри, Австралия) составляют 122 млн. т.

Таким образом, в Горном Алтае спекулярит встречается в различных типах руд. Наибольшее значение он имеет в объектах мирового класса месторождений, аналогичных типам Кируна, Олимпик Дэм, Клонкарри.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гусев А.И.* Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск: Изд-во СГТУ, 2003.
2. *Кременецкий А.А., Гусев А.И., Говердовский В.А.* Геохимия спекулярита Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая. 2005. № 2. С. 79–84.
3. *Gandhi S.S.* Magmatic-hydrothermal Fe oxide±Cu±Au deposits: classification for a digital database and an overview of selected districts // IAVCEI General Assembly 2004, Pucon, Chile, CD-ROM. Abstracts 01a. P. 169.
4. *Marschik R., Fontbote L.* The Candelaria — Punta del Cobre Iron Oxide Cu-Au (Zn-Ag) Deposits, Chile // Econ. Geol. 2001. Vol. 96. P. 1799–1826.