

уровень эрозионного среза рудообразующей системы, закономерно возрастает в западном направлении и максимально на Хаак-Саирском месторождении. Здесь же во флюидных включениях отмечалось присутствие фазы жидкой углекислоты.

Хаак-Саирское месторождение выделяется повышенными содержаниями широкого ряда элементов во флюиде (As, B, Sb, Pb, Cd, W, Mo). Здесь же отмечаются следы Bi, Zn, Hg. Эта особенность согласуется с присутствием в жилах и лиственитах блеклых руд, турмалина, аксинита, галенита, сульфоарсенидов, висмутина, киновари, шеелита [Васильев и др., 1975ф]. Высокие концентрации Cu во флюиде Улуг-Саирского месторождения можно сопоставить с широким развитием халькопирита в кварцевых жилах. Повышенные концентрации  $\text{HCO}_3^-$ , K, Ca, Mg, Mn и Sr в кварце Арысканского месторождения, возможно, отражают процессы березитизации, проявившиеся на этом объекте.

**Выводы.** Результаты валового анализа флюидных включений в кварце показали, что золотоносные кварцевые жилы месторождений Алдан-Маадырской зоны, залегающих в различных породах, были сформированы при участии сходного многокомпонентного метан-углекислотно-водного флюида, содержащего щелочные и щелочноземельные металлы. Главные различия между сравниваемыми объектами заключаются в содержании элементов-примесей (B, Ba, As, Sb, Cd, Pb, Mo, W, Mn, Cu), которые отражают минералогические особенности месторождений.

*Авторы благодарят Г. А. Третьякова за участие в обсуждении результатов. Работы выполнены при поддержке гранта РФФИ № 11-05-00187.*

### Литература

Васильев Б. Д., Дружков В. П., Красиков А. И., Боярко Г. Ю. Ревизионно-оценочные работы на золото в Алашском и Эйлиг-Хемском районах Западной Тувы: Заключительный отчет ТувГРЭ КГУ. Кызыл, 1977ф. 337 с.

Кряжев С. Г., Прокофьев В. Ю., Васюта Ю. В. Использование метода ICP MS при анализе рудообразующих флюидов // Вестник МГУ. Серия 4. Геология, 2006. № 4. С. 30–36.

Кряжев С. Г., Прокофьев В. Ю., Васюта Ю. В. Геохимические особенности включений в кварце золоторудных месторождений по данным анализа водных вытяжек методом ICP MS // Мат. XIII Междунар. конф. по термобарогеохимии и IV симпозиума APFIS. М.: ИГЕМ РАН, 2008. Т. 1. С. 30–33.

Рудные формации Тувы. Новосибирск: Наука, 1981. 201 с.

**Е. Е. Паленова**

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
palenova@mineralogy.ru*

### **Вмещающие породы рудопроявления золота Красное (Бодайбинский рудный район) (научный руководитель Е. В. Белогуб)**

Бодайбинский рудный район расположен в знаменитой Ленской золотоносной провинции (Патомское нагорье), в пределах которой находится гигантское золоторудное месторождение черносланцевой формации Сухой Лог, а также ряд более мелких объектов. До сих пор не решенным является вопрос источника золота в этих

месторождениях, а также вклада седиментации, диагенеза, регионального и динамометаморфизма, гидротермальной и метасоматической деятельности в процессы рудогенеза. Поэтому изучение степени преобразования черносланцевых толщ Бодайбинского района является актуальным. Цель работы – характеристика пород золотоносной вачской свиты в пределах рудопроявления Красное, степени их метаморфических, метасоматических и гидротермальных преобразований.

В пределах Бодайбинского района выделены Кропоткинский (месторождения Сухой Лог, Высочайший) и Артемовский (месторождения Копыловское, Кавказ, рудопроявление Красное) рудные узлы. Рудопроявление Красное расположено в 15 км к северо-востоку от пос. Артемовский и в 75 км от г. Бодайбо на водоразделе ручьев Красный и Теплый, приурочено к шарниру так называемой Рудной антиклинали, имеющей субширотное простирание и сложное строение за счет дислоцированного северного крыла [Проект..., 2010ф]. В строении рудопроявления участвуют породы аунакитской ( $R_3au$ ), вачской ( $R_3vc$ ) и анангской ( $R_3an$ ) свит. Золотоносными являются отложения вачской и, возможно, аунакитской свит. Магматические породы отсутствуют, ближайшие гранитные массивы Энгажимино-Витимский с юга, Джедоккарский с северо-востока и Чумаркойский с северо-запада расположены на расстоянии 40–50 км [Проект..., 2010ф]. В пределах рудного поля аномалии Au сопровождаются повышенными концентрациями Ag, As, Pb, в меньшей степени – Cu и Zn [Мартыненко и др., 1983ф]. Золотое оруденение приурочено к зонам рассеянной и линзовидной вкрапленности пирита, в меньшей степени, к кварцевым жилам и прожилкам с сульфидной минерализацией, второстепенными рудными минералами являются галенит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, ковеллин. В настоящее время на рудопоявлении Красное компанией ООО «Красный» ведутся поисково-оценочные работы. Материалы для данного исследования были переданы сотрудниками ООО «Красный», а также отобраны при полевых работах из разведочных скважин, результаты изучения представлены в отчете по поисково-оценочным работам.

Рудовмещающая вачская свита мощностью 150–600 м в разрезе верхнего рифея–венда Бодайбинского синклинория является ярким маркирующим горизонтом за счет относительно однородного состава и повышенной углеродистости [Докембрий..., 1995]. В разрезе свиты выделяются верхняя и нижняя подсвиты. Нижняя подсвита ( $R_3vc_1$ ), первый горизонт ( $R_3vc_1^1$ ), сложена высокоуглеродистыми кремнистыми сланцами с прослоями темно-серых кварцитовидных песчаников. Второй горизонт ( $R_3vc_1^2$ ) представлен черными высокоуглеродистыми филлитами и серицит-кварцевыми сланцами с редкими прослоями кварц-серицитовых песчаников. В пределах Верхней подсвиты ( $R_3vc_2$ ) также выделяется два горизонта: первый горизонт ( $R_3vc_2^1$ ), представленный переслаиванием темно-серых кварцитов и высокоуглеродистых филлитов и второй горизонт ( $R_3vc_2^2$ ), сложенный черными высокоуглеродистыми филлитами и серицит-кварцевыми сланцами [Проект..., 2010ф]. В пределах рудопоявления Красное породы свиты смяты в антиклинальную складку, локально осложненную флексурами. Рудопоявление сложено углеродсодержащими кварцевыми и кварцитовидными песчаниками, алевролитами, в меньшей степени, углеродистоглинистыми сланцами, а также участками тонкого переслаивания этих пород.

**Кварцевые песчаники** – серого, темно-серого до черного цвета, массивной, редко сланцеватой текстуры, преимущественно мелкозернистой, реже средне- и крупнозернистой структуры. В породах наблюдаются линзы и прослои алевролитового состава, встречаются пачки тонкого градационного переслаивания песчаников и алевролитов с мощностью элементарных ритмов от 1 до  $n \approx 10$  см. С поверхности

породы лимонитизированы за счет окисления железистых карбонатов и пирита. Встречаются интенсивно окварцованные породы. Содержание углеродистого вещества составляет 2–3 %, может достигать 5 %.

Содержание обломочного материала 25–60 об. %. Обломки окатаны, реже слабоокатаны, имеют размер 0.1–0.5 мм, редко до 2 мм (в тонкозернистых песчаниках 0.05–0.1 мм) и представлены кварцем с незначительной примесью мусковита, ортоклаза, редко альбита, а также литокластов слюдистых и кварцево-слюдистых алевролитов, углеродисто-глинистых сланцев, кварцевых агрегатов различной структуры. Обломки слабо замещаются цементом, наблюдается регенерация обломков кварца, вплоть до образования кварцевых гнезд с тенями первичной структуры породы. В качестве акцессорных аллотигенных минералов повсеместно встречается турмалин, который плеохроирует в коричневых или зеленовато-синих тонах, обрастает каемками регенерации, изредка встречается корродированный турмалин. Циркон, апатит, рутил редки. Отмечен новообразованный часто зональный, с включениями кварца или углеродистого вещества, флоренсит в виде хорошо ограненных бесцветных кристаллов с оранжевыми или желтоватыми пятнами, а также зерен неправильной формы.

Цемент базальный, поровый, слабо замещает обломки, представлен кварцем и серицитом в разных соотношениях, кварц в цементе перекристаллизован и образует каймы регенерации. Карбонат встречается в виде пойкилитовых зерен или кристаллов, иногда образует цемент прорастания и замещения, замещается псевдоморфозами гидроксидов железа. В цементе может присутствовать значительное количество новообразованных кристаллов рутила размером до 0.01 мм (до 15 об. %) и турмалина до 0.1 мм (до 1 об. %).

**Кварцитовидные песчаники** – среднекристаллические массивные породы, состоящие на 95 % из кварца и небольшого количества серицита, мусковита; в качестве акцессорных минералов встречаются турмалин, рутил, циркон, альмандин, сфен, эпидот. Содержание углеродистого вещества 1–3 %. Породы образованы при интенсивном окварцевании песчаников, при этом произошла регенерация обломков кварца, слюдистое вещество цемента вытеснилось на периферию с образованием порового цемента. Акцессорные минералы встречаются в виде кристаллов и окатанных зерен. Для турмалина характерно зональное распределение окраски и регенерация первично окатанных обломков. Железистые карбонаты образуют пойкилитовые метакристаллы размером до 0.7 мм и замещаются псевдоморфозами гидроксидов железа.

**Алевролиты** – темно-серые до черных породы, тонкозернистой структуры, массивной, сланцеватой, плейчатой, пористой текстуры. С поверхности лимонитизированы за счет окисления железистых карбонатов и пирита и осветлены в процессе выветривания углеродистого вещества. Количество углеродистого вещества высокое – 5–10 %. Основная ткань пород сложена тонкозернистым кварцем с примесью серицита, а также парагонита (до 15 %), тонкоиглочатого рутила (до 30 %), турмалина (до 7 %). Кварц может быть перекристаллизован до размера зерен 0.05 мм, при этом образуются линзы, просечки и прожилки, ориентированные согласно текстурному рисунку породы. Карбонат в алевролитах присутствует в виде ромбических метакристаллов с «изрезанными» краями, а также округлых или овальных выделений размером до 2 мм, иногда в виде мелких зерен или масс, ориентированных по сланцеватости и плейчатости. В карбонатах содержится углеродистое вещество и тени первичной текстуры породы, которая не нарушается вращением индивида. В качестве акцессорного минерала присутствует новообразованный флоренсит, образующий зо-

нальные кристаллы с треугольным и многоугольным сечением, чаще бесцветные, иногда с оранжевыми пятнами в параллельных николях. По границам пирамид роста расположены поры.

**Углеродисто-глинистые сланцы** встречаются значительно реже, чем алевролиты. Это темно-серые до черных породы тонкозернистой структуры, сланцеватой, неяснополосчатой, очковой текстуры. Содержание углеродистого вещества в породе достигает 10 %. Основная ткань сложена иллитом-2M1, а также парагонитом (до 80 %) с примесью кварца, рутила и турмалина. В породе наблюдаются редкие обломки кварца, иногда расположенные в виде отдельных линз и прослоев. Изредка встречаются линзы мусковита размером до 0.1 мм. В сланцах встречаются овальные или округлые метакристаллы карбоната с включениями углеродистого вещества, повторяющими и не нарушающими текстурный рисунок породы. Флоренсит встречается в виде хорошо ограненных кристаллов.

По результатам термогравиметрического анализа (дериватограф Q-1500D, аналитик П. В. Хворов) углеродистое вещество пород рудопроявления Красное неоднородно по составу. В ряде проб начало эффекта выгорания органического вещества приходится на 550–560 °С, максимум – на 680 °С, и также наблюдается плечо около 750–780 °С, что указывает на наличие двух структурных разновидностей графитоидов. Начало эффекта около 550 °С указывает на метаморфизм углеродистого вещества в условиях мусковит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации [Термический..., 1974]. По температурным эффектам можно предполагать наличие битумоидов типа антраксолита и шунгита. Количество углеродистого вещества в алевролитах по результатам пересчета кривой потери веса может достигать 6 мас. %. В отдельных пробах отмечены более низкие температуры выгорания органического вещества с максимумом эффекта при температурах 530–590 °С, началом при 490 °С и окончанием при 670 °С. Начало эффекта при 490 °С свидетельствует о низкоградном метаморфизме пород на стадии аспидных сланцев. Подобные температуры выгорания органики наблюдались в породах Продольного участка [Паленова и др., 2011б]. Расщепленный характер эффекта говорит о присутствии в породе двух разновидностей графитоидов. Косвенным доказательством метаморфизма зеленосланцевой фации является присутствие упорядоченной структурной разновидности иллита-2M1, в ряде образцов – парагонита-1M, что свидетельствует о достаточно высоких температурах и длительности их формирования.

Для пород рудопроявления Красное характерно высокое содержание турмалина, как обломочного происхождения (преимущественно в песчаниках), так и новообразованного (тонкоигльчатый турмалин в алевролитах, каймы регенерации вокруг обломочного), а также рутила. По данным [Проект..., 2010ф] в районе наблюдается изометричная аномалия бора, которую связывают с близлежащими (около 40–50 км) гранитными интрузивами, наличие турмалина в метаморфизованных породах объясняется процессами кислого метасоматоза, однако образование турмалина возможно и в процессах регионального метаморфизма. Метасоматическое происхождение имеют кристаллы железистого карбоната, отвечающие по составу доломиту и брейнериту, и метакристаллы пирита, обрастающие каймой волокнистого кварца. Результаты гидротермальной деятельности проявлены в виде жил и прожилков кварцевого, кварц-карбонатного, кварц-мусковитового, кварц-полевошпатового состава.

Таким образом, вмещающие породы рудопроявления Красное, представленные углеродсодержащими кварцевыми и кварцитовидными песчаниками, кварцевыми и серицит-кварцевыми алевролитами, в меньшей степени углеродисто-глинисты-

ми сланцами, метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации. При этом степень изменения углеродистого вещества различна, что, вероятно, связано с зональностью метаморфизма в пределах рудопроявления. Породы подвержены карбонатному и, возможно, кислотному метасоматозу, процессам динамометаморфизма и связанной с ним гидротермальной деятельности. В пределах Кропоткинского рудного узла расположены месторождения Копыловское и Кавказ, которые приурочены к углеродистым толщам более молодой догадлинской свиты. Они также метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации, однако отличаются сравнительно большим распространением в разрезе углеродисто-глинистых сланцев и меньшим содержанием углеродистого вещества (в среднем 1–3 %) [Паленова, 2011а].

*Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Е. В. Белогуб за поддержку и ООО «Красный» за предоставленные материалы.*

### Литература

Докембрий Патомского нагорья / А. И. Иванов, В. И. Лившиц, О. В. Первалов и др. М.: Недра, 1995. 352 с.

Мартыненко В. Г., Верховин А. В., Суслов Н. А. Отчет о результатах детальных поисковых работ на рудное золото в пределах Артемовского рудного узла за 1981–83 гг. Фонды Бодайбинской ГРЭ. Иркутск, 1983ф.

Паленова Е. Е., Белогуб Е. В., Новоселов К. А., Котляров В. А. Вмещающие породы золоторудного месторождения Копыловское (Бодайбинский рудный район) // Металлогения древних и современных океанов–2011. Миасс: ИМин УрО РАН, 2011а. С. 169–173.

Паленова Е. Е., Белогуб Е. В., Новоселов К. А. Метаморфизм рудовмещающих толщ золоторудных месторождений Копыловское, Кавказ и Продольное (Бодайбинский рудный район) // Мат. второй Всерос. научн.-практ. конф. «Минерагения северо-восточной Азии». Улан-Удэ, 2011б. С. 123–124.

Проект на производство поисково-оценочных работ на рудное золото на участке «Красный» в 2011–2014 гг. ООО «Копыловский». Фонды ООО «Копыловский». Иркутск–Бодайбо, 2010ф.

Термический анализ минералов и горных пород / В. П. Иванова, Б. К. Касатов, Т. Н. Крассавина, Е. Л. Розина. Л.: Недра, 1974. 399 с.

**А. А. Котов**

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии РАН, г. Москва  
kotovaleksey@gmail.com*

### Структурные особенности формирования Вернинского месторождения, Бодайбинский золоторудный район

В условиях современной экономической ситуации и конъюнктуры происходит переосмысление приоритетов в освоении Ленского золоторудного района с ориентацией на комплексное изучение золоторудных коренных месторождений и вовлечение современных методов поиска и разведки новых золоторудных объектов.