

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГУ (проект 3.38.286.2015) с использованием оборудования ресурсного центра «Геомодель». Авторы благодарны М. В. Чарыковой за консультации и К. А. Новоселову за предоставленные образцы.

Литература

Белогуб Е.В. Гипергенез сульфидных месторождений Южного Урала / Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009ф.

Блинов И. А., Белогуб Е. В., Новоселов К. А. Гипергенные самородные металлы, интерметаллиды, сульфиды и селениды в бурых железняках Юбилейного медноколчеданного месторождения, Южный Урал // Металлогения древних и современных океанов–2016. От минералогенеза к месторождениям. Миасс: ИМин УрО РАН, 2016. С. 106–109 (настоящий сборник).

Блинов И. А. Самородные металлы, селениды, галогениды и ассоциирующие минералы из бурых железняков Амурского и Верхне-Аршинского месторождений (Южный Урал) // Литосфера. 2015. № 1. С. 65–74.

Кривовичев В. Г., Чарыкова М. В., Яковенко О. С., Денмайер В. Термодинамика арсенатов, селенитов и сульфатов в зоне окисления сульфидных руд. IV. Диаграммы Eh–pH для систем Me–Se–H₂O (Me=Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Pb) при 25 °C // Записки РМО. 2010. Т. 139. № 4. С. 1–15.

Масленников В. В., Аюпова Н. Р., Масленникова С. П., Третьяков Г. А., Мелекесцева И. Ю., Сафина Н. П., Белогуб Е. В., Ларж Р. Р., Данюшевский Л. В., Целуйко А. С., Гладков А. Г., Крайнев Ю. Д. Токсичные элементы в колчеданообразующих системах. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. 339 с.

Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение / Прокин В. А., Буслаев Ф. П., Исмагилов М. И. и др. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 242 с.

Новоселов К. А., Белогуб Е. В., Садыков С. А. Золотоносная зона гипергенеза Юбилейного месторождения (Ю. Урал) // Металлогения древних и современных океанов–2005. Формирование месторождений на разновозрастных океанических окраинах. Миасс: УрО РАН, 2005. Т. I. С. 198–203.

Татарко Н. И. и др. Залежи бурых железняков Юбилейного месторождения. Отчет о предварительной разведке с подсчетом запасов на 01.12.1996. 1996, фонды ЮВГРЭ.

Belogub E. V., Novoselov K. A., Yakovleva V. A., Spiro B. Supergene sulphides and related minerals in the supergene profiles of VHMS deposits from the South Urals // Ore Geology Reviews. 2008. Vol. 33. Is. 3–4. P. 239–254.

Olin A., Nolang B., Osadchii E. G., Ohman L.-O., Rosen E. Chemical thermodynamics of selenium. Amsterdam: Elsevier, 2005. 851 p.

М. В. Заботина

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс
mary_7-88@mail.ru*

Минералогия и условия образования Ганеевского месторождения золота (Учалинский рудный район, Южный Урал) (научный руководитель Е. В. Белогуб)

Основные золоторудные месторождения на Южном Урале сосредоточены в зоне Главного Уральского разлома, Магнитогорской и Восточно-Уральской мегазонах. Они имеют различную формационную принадлежность, а часть из них можно отнести к орогенным. Учалинский золоторудный район Башкирии принадлежит к

Магнитогорской структурной зоне. Здесь наряду с колчеданным и родственным ему золото-сульфидным оруденением, локализованным преимущественно в карамалыташской вулканогенно-осадочной толще среднего девона ($D_2zv\ kr$), также развиты золото-кварцевые проявления в тектонических зонах [Серавкин и др., 2001; Знаменский и др., 2014]. Последние приурочены к метасоматитам березит-лиственитовой формации при отсутствии кислых магматических интрузий в непосредственной близости к ним. Источник золота на таких объектах является предметом дискуссии.

В настоящее время существует две основные гипотезы происхождения золота в орогенных месторождениях: 1) золото и сопутствующие металлы извлекаются гидротермальными растворами из окружающих пород [Dube, Gosselin, 2007] и 2) источником золота является магматический флюид, отделяющийся от кристаллизующегося очага [Williams-Jones, Heinrich, 2005]. Существует мнение, что для образования месторождений с промышленными содержаниями золота необходимы его «предконцентрации», которые могут быть связаны с колчеданоносными вулканогенно-осадочными толщами. При воздействии магматического источника вещества и гидротермальной переработке сульфидсодержащих толщ золото переходит в раствор и переотлагается, что приводит к формированию месторождений при коллизии. Такая модель рассматривается для зеленокаменных поясов (месторождения Канады, Австралии, Зимбабве и др.) [Goldfarb et al., 2001].

В Западно-Буйдинской рудной зоне (Учалинский район) распространены месторождения золоторудной ливственитовой формации (Ганеевское, Октябрьское, Старо-Тимофеевское и др.), которые залегают в зоне тектонического сочленения поляковской ($S_1\ pl$), карамалыташской ($D_2\ zv\ kr$) и улутауской ($D_2zv - D_3f\ ul$) вулканогенно-осадочных толщ [Серавкин и др., 2001]. Целью настоящей работы стало установление последовательности и условий минералообразования Ганеевского месторождения.

Месторождение находится в северной части Магнитогорской мегазоны Южного Урала в 9 км ЮВ от г. Учалы. В 2010–2012 гг. оно отрабатывалось открытым способом ЗАО НПФ «Башкирская золотодобывающая компания». Месторождение локализовано в зоне регионального субмеридионального крутопадающего Карагайлинского разлома в полосе метасоматитов березит-лиственитовой формации. Его структурная позиция определяется сдвиговым дуплексом растяжения [Знаменский и др., 2014]. Вмещающими породами на месторождении являются метабазалты и участками карбонатизированные кварц-хлоритовые сланцы, образованные по вулканогенно-обломочным породам с маломощными тектоническими линзами оталькованных серпентинитов. С. Е. Знаменским и др. [2014] в пределах месторождения описана тектоническая пластина габбро и дайки субщелочных габброидов.

Рудная зона представлена пиритсодержащими серицит-кварц-карбонат-альбитовыми (березиты) и фуксит-кварц-карбонатными (листвениты) метасоматитами и кварцевыми жилами. Породы сильно деформированы и характеризуются широко развитыми структурами будинажа. Особо следует отметить отсутствие гранитоидов в строении месторождения. Месторождение перекрыто элювиально-делювиальными отложениями мощностью до 20 м.

Золото в рудной зоне распределено неравномерно. Рудные тела линзовидной и жиллообразной формы мощностью 1.5–2.0 м (в раздувах 3–6.5 м) и протяженностью 50–225 м выделяются по результатам опробования. Золотоносными породами являются апогипербазитовые ливствениты ($Au\ 1-10\ г/т$), альбитсодержащие березиты

по вулканогенно-обломочным породам основного состава (Au 8–18 г/т) и кварцевые жилы (Au 1–3 г/т).

Метасоматические изменения связаны со значительным привнесом углекислоты, натрия и калия (при лиственитизации), перераспределением магния между ультрабазитами и породами основного состава, выносом и переотложением кремнезема в виде кварцевых жил в зонах растяжения [Заботина и др., 2014]. Поведение основных элементов при метасоматозе отразилось в минеральном составе золотоносных метасоматитов. В составе лиственитов это проявляется в наличии фуксита и альбита наряду с кварцем, магнезиальными и железистыми карбонатами, что подтверждает предположение об образовании лиственитов по ультраосновным породам. В минеральном составе березитоподобных метасоматитов альбит преобладает над кварцем и карбонатами (что нетипично для березитов, сформированных по гранитоидам [Жариков и др., 1998]) и присутствует слюда (серицит, реже, парагонит). Минеральный и химический состав метасоматитов, в том числе низкие содержания кремнезема, указывают на то, что они образовались по базальтоидам.

Руды на Ганеевском месторождении вкрапленные малосульфидные. Основные рудные минералы – пирит и продукты его окисления. Среди второстепенных и редких встречаются халькопирит, галенит, пирротин, сфалерит, блеклые руды, самородное золото. Характерно широкое распространение рутила, магнетита, гематита. Листвениты и кварцевые жилы содержат минералы никеля. Типоморфный минерал березитов – халькопирит; его присутствие согласуется с повышенными содержаниями меди в породах. В кварцевой жиле проявлена специфическая ассоциация: галенит, халькопирит, теннантит, айкинит, минералы Ni (миллерит, полидимит), теллуриды Ag и Au (гессит, петцит) и самородное золото. Такой набор минералов свойственен поздним ассоциациям. Руды окислены: среди вторичных минералов обычны гетит, халькозин, ковеллин. Нерудные минералы представлены кварцем, альбитом, карбонатами (магнезит и Fe-доломит) и слюдой (фуксит в лиственитах, серицит в березитах).

Минералы благородных металлов на Ганеевском месторождении установлены в лиственитах, березитах, кварцевых жилах и карбонат-кварц-хлоритовых метасоматитах по вулканогенно-обломочным породам в рудной зоне и представлены самородным золотом и теллуридами серебра и золота. Золото преимущественно мелкое, приурочено к пириту и гетиту в лиственитах и березитах и связано с галенитом, айкинитом, гесситом и петцитом в кварцевых жилах. Золото высокопробное, вариации пробности незначительны, есть тенденция снижения пробности золота в парагенезисе с сульфидами полиметаллов и теллуридами серебра. Гессит и петцит образуют сростки и включения в галените и айкините, часто содержат включения золота.

Полученные *PT*-параметры минералообразования и состав флюидов соответствуют области, характерной для орогенных месторождений. Формирование золотоносных метасоматитов происходило под воздействием углекислотно-хлоридно-натриевых растворов при температуре 205–385 °С и давлении 0.6–1.3 кбар, значения которых ниже, чем на крупных месторождениях, локализованных в Восточно-Уральской зоне в пределах «Главной гранитной оси Урала» [Сазонов и др., 1999; Бортников, 2006]. Узкий интервал значений $\delta^{18}\text{O}$ (+12.0...+12.7 ‰) в кварце из лиственитов, березитов и золотоносных кварцевых жил, изотопный состав кислорода в альбите (+10.1 ‰ $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$) из березитов и изотопный состав кислорода равновесного флюида (+6.69...+6.59 ‰ $\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$), рассчитанный по [по Clayton et al., 1972], соответствует единому магматическому источнику. Однако из-за значительного

перекрытия значений изотопного состава кислорода в магматогенных и метаморфогенных флюидах [Sheppard, 1986; Hoefs, 2009] источник может быть не только магматический.

Таким образом, Ганеевское месторождение золота, локализованное в тектонической структуре регионального масштаба в Магнитогорской зоне, относится к типичным для Южного Урала представителям орогенного класса месторождений. Вмещающие его толщи представлены метаморфизованными в зеленосланцевой фации вулканогенно-осадочными породами с включениями синвулканических габброидов (?) и телами серпентинитов. В строении месторождения гранитоидные породы отсутствуют. Околорудные изменения связаны с процессами углекислотного натриевого метасоматоза и проявлены в альбитизации, окварцевании, серицитизации и карбонатизации. Изменениям подверглись гипербазиты и вулканогенно-осадочные породы основного состава. Продуктивными на золото являются метасоматически измененные породы и кварцевые жилы. В минеральном составе руд преобладает пирит, второстепенный халькопирит, присутствуют галенит, сфалерит, полидимит, миллерит, встречаются айкинит, теллуриды серебра (гессит), серебра и золота (петцит). Золото преимущественно мелкое, высокопробное, наблюдается снижение пробыности в парагенезисе с сульфидами полиметаллов и теллуридами серебра в кварцевых жилах. Термобарогеохимические исследования, данные изотопного состава кислорода в кварце и альбите указывают на формирование золотоносных метасоматитов под воздействием углекислотно-хлоридно-натриевых растворов при температуре 205–385 °С и давлении 0.6–1.3 кбар и вовлечение в процесс рудообразования вмещающих пород.

Работы поддержаны проектом Президиума УрО РАН (№ 15-11-5-23).

Литература

- Бортников Н. С.* Геохимия и происхождение рудообразующих флюидов в гидротермально-магматических системах в тектонически активных зонах // Геология рудных месторождений. 2006. Т. 48. № 1. С. 3–28.
- Заботина М. В., Белозуб Е. В., Новоселов К. А., Паленова Е. Е., Мартешева А. В., Блинов И. А.* Минералогия руд и особенности вмещающих пород Ганеевского месторождения золоторудной листовитовой формации (Учалинский район, Республика Башкортостан) // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. № 3 (46). С. 16–28.
- Знаменский С. Е., Мичурин С. В., Веливецкая Т. А., Знаменская Н. М.* Структурные условия формирования и возможные источники рудного вещества Ганеевского месторождения золота (Южный Урал) // Литосфера. 2014. № 6. С. 118–131.
- Жариков В. А., Русинов В. Л., Маракушев А. А. и др.* Метасоматизм и метасоматические породы Москва: Научный мир, 1998. 490 с.
- Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Коротеев В. А., Поленов Ю. А.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УГГГА, 1999. 622 с.
- Серавкин И. Б., Знаменский С. Е., Косарев А. М.* Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.
- Clayton R. N., O'Neil J. R., Mayeda T.* Oxygen isotope exchange between quartz and water // Journal of Geophysical Research. 1972. Vol. 77. P. 3057–3067.
- Dube B., Gosselin P.* Greenstone-hosted quartz-carbonate vein deposits // in: Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication. 2007. No. 5. P. 49–73.

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

Hoefs J. Stable isotope geochemistry. Berlin, Springer, 2009. 285 p.

Sheppard S. M. F. Characterization and isotopic variations in natural waters // in: *Stable isotopes in high temperature geological processes*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 1986. 16. P. 165–183.

Williams-Jones A. E., Heinrich C. A. Vapor transport of metals and the formation of magmatic-hydrothermal ore deposits // *Economic Geology*. 2005. Vol. 100. Is. 7. P. 1287–1312.

А. В. Сначев

Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа

SAVant@rambler.ru

Состав и возможные коренные источники золота россыпи Кучанова (Южный Урал)

Россыпь Кучанова расположена в долине р. Укшук Левый (левый приток р. Белая) в месте слияния его с р. Укшук Правый, в 10 км к северо-востоку от г. Белорецк. Речные водотоки дренируют крупную площадь, сложенную метаосадочными породами курташской (R_3jl) и мазаринской свит (R_3mz), а также магматическими породами мазаринского интрузивного комплекса (vR_3vm , $1\gamma R_3b$).

Курташская свита (R_3jl) имеет трехчленное строение [Козлов, 1982]. В составе нижней подсвиты преобладают кварциты с хорошо выраженной плитчатой отдельностью, меньше распространены слюдястые кварциты и слюдисто-кварцевые сланцы. Средняя подсвита отличается более разнообразным набором пород, главными из которых являются мусковит-кварцевые и мусковит-хлорит-кварцевые сланцы с тонкой ритмичной слоистостью отложений. Отложения верхней подсвиты представлены сланцами кварц-хлорит-слюдистого состава с маломощными прослоями кварцитов и кварцито-песчаников. Возраст свиты принят условно, ее общая мощность составляет 1400–2700 м.

Мазаринская свита (R_3mz) сложена зеленоватыми слюдисто-хлорит-кварцевыми сланцами, сочетающимися с грубообломочными гравийно-конгломератовыми породами с многократно повторяющимся ритмичным чередованием слоев гравелитов, мелкогалечных гравийных и валунных конгломератов с постепенными переходами. Породы мазаринской свиты залегают на подстилающих отложениях с глубоким размывом и угловым несогласием, их максимальная мощность достигает 880 м [Козлов, 1982].

В 1860–1870 гг. россыпь интенсивно разрабатывалась старателями шурфами. Сведения о добытом в то время золоте не сохранились [Казаков, Салихов, 2006]. В 1948 г. ниже этого участка по долине р. Укшук пройдено восемь линий шурфов глубиной 2–9 м. В восьми шурфах обнаружены знаки золота [Конюхов, 1948ф]. По данным геолого-съёмочных и поисковых работ [Ротару, Ротару, 1984ф] бассейна р. Укшук приурочен к северной части Верхнебельской впадины, выполненной неоген-верхнеолигоценными отложениями. При промывке старых отвалов в шлихах встречались знаки золота, содержания достигали 0.460 г/м^3 [Радченко, 1991ф].