

Исследования поддержаны интеграционным проектом УрО–СО РАН (№ 12-С-5-1010). Авторы благодарят за помощь О. Л. Бусловскую и К. Р. Ковалева.

Литература

Бартев А. С., Боброва Н. В., Ковалев К. Р., Мельгунов С. В. Стратиформное свинцово-цинковое месторождение Солчур Тувинского прогиба // Геология и геофизика. 1990. № 6. С. 88–98.

Геология Тувинской АССР / ред. П. С. Матросов, А. А. Подкаменный, Г. Н. Шапошников. Л.: ВСЕГЕИ, 1990. 121 с.

Зайков В. В., Зайкова Е. В. Минерагеня Тувинского эвапоритового бассейна (Тува) // Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей (VI солевое совещание). Соликамск, 2000. С. 72–74.

Ковалев К. Р., Дистанов Э. Г., Акимцев В. А., Баулина М. В. Месторождения массивных полиметаллических руд разновозрастных континентальных окраин юга Сибири // Металлогения древних и современных океанов–2004. Достижения на рубеже веков. Миасс: ИМин УрО РАН, 2004. Т. 1. С. 225–232.

Пинус Г. В. Нижнекембрийский вулканизм Тувы. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. 119 с.

Парначев В. П., Вылцан И. А., Макаренко Н. А. и др. Девонские рифтогенные формации юга Сибири. Томск: ТГУ, 1996. 239 с.

Рудные формации Тувы / ред. В. А. Кузнецов. Новосибирск: Наука, 1981. 200 с.

Шапошников Г. Н., Гольман Е. Н. Графитоносность Чангусского синклиория // Материалы по геологии Тувинской АССР. Вып. V. Кызыл: Тувинское кн. изд-во, 1981. С. 184–186.

Stoffers P., Worthingto T. J., Schwarz-Schampera U. Submarine volcanoes and high-temperature hydrothermal venting on the Tonga arc, southwest Pacific // Geology. 2006. Vol. 34. № 6. P. 453–456.

Varnavas S. P., Cronan D. S. Submarine hydrothermal activity off Santorini and Milos in the Central Hellenic Volcanic Arc: A synthesis // Chemical Geology. 2005. Vol. 224. P. 40–54.

Б. И. Гонзальский
ИГЕМ РАН, г. Москва
kgri-61@ya.ru

Геологическая модель формирования рудных месторождений Удокан-Чинейского района (Сибирь)

Медные месторождения Удокан-Чинейского района по суммарным запасам являются уникальными и составляют более 50 млн т меди. Они сосредоточены в осадочно-гидротермальных халькозин-борнитовых рудах Удоканского месторождения (25 млн т Cu) и собственно магматических месторождениях Чинейского массива (> 10 млн т Cu). Ресурсы гидротермальных прожилково-вкрапленных преимущественно пирит-халькопиритовых (\pm борнит, халькозин) руд (Правоингамакитское, Сакинское, Ункур, Красное, и др.), залегающих в осадочных породах, составляют более 12 млн т Cu. В последних устанавливаются существенно более высокие концентрации Au, Ag, ЭПГ и других элементов-примесей по сравнению с удоканскими. Месторождения Чинейского массива – Магнитное и Этырко – являются уникальными по запасам ванадия. В габброидах Чинейского массива и альбитизированных песчани-

ках удоканского комплекса наблюдаются месторождения и рудопроявления золота, урана и редкоземельных элементов. Близкий возраст формирования имеет Катугинское редкометалльно-редкоземельное месторождение. Далеко не полный перечень металлов указанных месторождений позволяет рассматривать их в рамках семейства железо-окисдно-золото-медных месторождений.

Месторождения Удокан-Чинейского района связаны с палеопротерозойской эпохой рудообразования, которая проявлена на всех континентах и к которой принадлежат такие гиганты, как Бушвельд, Витватерсранд (ЮАР), Великая Дайка (Намибия), Садбери (Канада) и др. На Канадском щите установлены одновременные проявления ультрабазит-базитового магматизма в интервале 2.5–1.8 млрд лет, а ориентировка радиальных даек указывает на размещение центров плюмового магматизма – разновозрастных магматических очагов.

На основании палеомагнитных исследований и изотопных характеристик предполагается, что в палеопротерозое существовал единый суперконтинент Колумбия [Ernst, 2007], а ультрабазит-базитовые массивы и Cu-Ni месторождения трассируют зоны дефрагментации суперконтинента. Для краевых частей древних кратонов характерно сопряженное накопление многокилометровых толщ вулканогенно-осадочных пород, крупных массивов гранитоидов и ультрабазит-базитовых пород, которые в Удокан-Чинейском районе представлены Кодаро-Удоканским прогибом, массивами гранитоидов кодарского комплекса и расчлененными массивами чинейского комплекса (Чинейским, Майлавским, Луктурским и др.) (рис., см. вкладку, с. 158).

Кодаро-Удоканский прогиб (протяженность около 300 км, ширина 60–70 км) выполнен нижнепротерозойскими карбонатно-терригенными породами удоканского комплекса мощностью 11–14 км, разделенными на три серии (макроритмы): кодарскую, чинейскую и кеменскую [Геологическое..., 2002]. Сульфидные горизонты установлены во всех трех сериях, но доминируют в самой верхней кеменской (талаканская, сакуканская, намингинская свиты), где в сакуканской свите расположен главный медный горизонт Удоканского месторождения. В пределах талаканской свиты локализованы месторождения Ункур и Бурпала. В средней чинейской серии (инырская, читкандинская, александровская, бутунская свиты) находятся Правоингамакитское, Красное и другие месторождения. В нижних свитах кодарской серии известны многочисленные пирротинизированные горизонты с халькопиритом с существенными примесями Ag, Co, Ni.

Каларский, Кеменский и другие массивы гранитоидов (1875 млн лет) принадлежат к Южно-Сибирскому поясу гранитоидов. Их соотношение с габброидами чинейского комплекса не совсем однозначно. По данным возраста цирконов (SHRIMP-II) впервые установлены различия во времени образования высокотитанистых габбро Чинейского массива (1858 ± 17 млн лет) и низкотитанистых габброидов (1811 ± 27 млн лет); по Sm-Nd методу возраст габброидов центральной части массива составляет 1850 ± 90 млн лет [Гонгальский, 2012]. Эти результаты согласуются с данными других исследователей: для пород краевых фаций Чинейского массива по изучению U-Pb системы в цирконах – 1867 ± 3 млн лет [Попов и др., 2009] и Ar/Ar системы в слюдах – 1880 ± 16 млн лет [Поляков и др., 2008].

Ультрабазит-базитовый Чинейский массив в плане имеет форму, близкую к овальной. Максимальная мощность слагающих его габброидов оценивается в 2.5–3.0 км. На юго-западе массив прорван позднепалеозойскими гранитами, а на севере отделяется от Удоканского месторождения Ингамакитским разломом.

На основании интрузивных взаимоотношений между габброидами, различий их состава и текстурно-структурных особенностей выделено четыре группы пород, сформированных в результате четырехкратных внедрений: 1) грубозернистые анортозиты и монцодиориты; 2) высокотитанистые и 3) низкотитанистые габброиды и 4) лампрофиры и флюидно-магматические брекчии. Породы второй и третьей групп характеризуются тонкой и грубой расслоенностью и разноранговой ритмичностью (микроритмы, ритмы, пачки, серии). В нижних частях ритмических единиц преобладают пироксен-титаномагнетиты, в верхних – плагиоклаз-титаномагнетиты (чиниты), которые относятся к ранне- и позднемагматическим рудам соответственно.

Промышленные концентрации сульфидов установлены в эндо- и экзоконтактных зонах Чинейского массива (месторождения Рудное, Верхнечинейское, Сквозное и Контактное). Сульфиды выявлены и в центральной части интрузива в виде прожилково-вкрапленных зон в высокотитанистых габброидах (титаномагнетитовые месторождения Этырко и Магнитное), а также в западной части массива в виде субсогласных с ритмическими единицами зон пирит-халькопиритовых вкрапленных руд с тонким самородным золотом. Во всех типах руд устанавливаются повышенные концентрации МПП, меняющиеся от эндо- к экзоконтактным рудам [Гонгальский, 2012]. Для генезиса сульфидных руд важное значение имеет выяснение происхождения сплошных халькопиритовых (\pm борнит, миллерит) руд и брекчий, в которых халькопирит является цементом (офсетные дайки). Прослеживаемые на глубину более 500 м вертикальные прожилки с пиритом и халькопиритом могут указывать на возможное поступление рудного сульфидного расплава из более глубинного источника – нижней магматической камеры.

В обрамлении Чинейского массива среди карбонатно-терригенных пород расположены Правоингамакитское и Сакинское месторождения Fe-Au-Ag-Cu руд, относимые к аналогам Удоканского месторождения. Руды указанных месторождений – пирит-халькопиритовые (\pm халькозин, борнит, миллерит). Составы руд, их структурно-текстурные особенности, а также высокие концентрации золота и серебра сопоставимы с экзоконтактными рудами месторождений Чинейского массива. Руды Правоингамакитского месторождения представлены пирит-халькопиритовыми разновидностями, для которых характерны прожилковые и брекчиевые текстуры. Максимальное обогащение никелем кварцевых жильных руд обусловлено высокими концентрациями никелевых минералов – миллерита и пентландита. Именно в этом типе руд установлены высокие концентрации благородных металлов (г/т): 0.1–2.2 Pt; 0.9–6.2 Pd; 0.1–0.4 Au, до 370 Ag. Запасы и ресурсы меди и серебра Правоингамакитского месторождения составляют соответственно 478 тыс. т Cu и 12.97 тыс. т Ag по категории С₂, 608 тыс. т Cu, 16.5 Ag по Р₁ [Геологическое ..., 2002].

На Удоканском месторождении основной горизонт медистых песчаников приурочен к верхней подсвите сакуканской свиты (PR₁). В его пределах выделяются крупные линзовидные и пластовые тела халькозин-борнитового (67.5 %), пирит-халькопиритового (6.5 %) и малахит-брошантитового (26.0 %) состава (Архангельская и др., 2004). Кулисообразное расположение линз сульфидов с кварцем, а также секущие прожилки халькозин-борнитовых руд на участках Западном, Озерном и Наминга свидетельствуют об их отложении из гидротермальных растворов или существенном перераспределении меди после отложения осадков. Кварц-сульфидные прожилки окаймляются метасоматическим магнетитом, который по морфологии отличается от магнетита осадочных слоев. В них устанавливаются повышенные концентрации золота – до 0.3 г/т, в то время как в безрудных песчаниках его концентрации составляют менее 0.01 г/т [Гонгальский, 2012].

Дискуссия об образовании крупнейших из рассмотренных объектов – Удоканского и Чинейских месторождений – продолжается уже на протяжении нескольких десятилетий [Архангельская и др., 2004]. Одним из главных является вопрос об источнике главного металла в рудах – меди, а также серебра и золота, которыми обогащены руды всех месторождений Удокан-Чинейского района [Гонгальский, 1993]. Многократные внедрения магм, из которых кристаллизовались породы расслоенных массивов чинейского комплекса, и их фракционирование приводило к формированию остаточных флюидонасыщенных расплавов и гидротермальных систем. Закономерное распределение в пространстве месторождений в осадочных и магматических породах позволяет рассматривать их в рамках единой Удокан-Чинейской рудно-магматической системы. Ее вертикальный размах по геофизическим данным составляет не менее 4.5–5 км [Архангельская и др., 2004]. В ней последовательный ряд месторождений и рудопроявлений от магматического генезиса (вкрапленные и сплошные сульфидные руды в центральных и эндоконтактных частях расслоенных ультрабазит-базитовых массивов) сменяется гидротермально-осадочными месторождениями в осадочных породах в обрамлении габброидных массивов и далее месторождениями в осадочных породах.

Литература

- Архангельская В. В., Быков Ю. В., Володин Р. Н. и др. Удоканское медное и Катугинское редкометальное месторождения Читинской области России. Чита, 2004. 520 с.
- Геологическое строение и полезные ископаемые Читинского участка БАМ. Чита, 2002. 63 с.
- Гонгальский Б. И. Палеопротерозойская металлогения Удокан-Чинейского рудного района (Северное Забайкалье). Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. 2012. 43 с.
- Гонгальский Б. И. О происхождении медных руд в осадочных и магматических (Чинейский массив) горных породах // Недра Востока. Чита, 1993. № 2. С. 2–4.
- Поляков Г. В., Изох А. Э., Кривенко А. П. Платиноносные ультрамафит-мафитовые формации подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 12. С. 1227–1241.
- Попов Н. В., Котов А. Б., Постников А.А. и др. Возраст и тектоническое положение Чинейского расслоенного массива (Алданский щит) // ДАН. 2009. Т. 242. № 4. С. 517–521.
- Ernst R. E. Large igneous provinces in Canada through time and their metallogenic potential // W. D. Goodfellow (ed.) Mineral Deposits Division, Special Publication. 2007. № 5. P. 929–937.

А. И. Брусницын¹, Е. Ф. Летникова², И. Г. Жуков^{3,4}

¹ – Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
brusspb@yandex.ru

² – Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

³ – Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс

⁴ – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе

Геохимия марганцевоносных отложений Южного Урала

Введение. На Южном Урале среди палеовулканогенных комплексов девонского возраста широко развиты небольшие по запасам месторождения марганцевых пород. На основании геологических и петрографических данных большинство иссле-