

*Автор благодарит В. В. Масленникова, Н. Р. Аюпову и С. П. Масленникову за консультации и всестороннюю помощь в ходе исследований. Работа поддержана проектом Президиума РАН № 18-5-5-48.*

### **Литература**

- Аюпова Н. Р., Масленников В. В.* Гальмиролититы Узельгинского колчеданосного поля (Южный Урал). Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. 199 с.
- Жабин А. Г., Шарфман В. С., Самсонова Н. С.* Реконструкция обстановки девонского вулканогенно-осадочного сульфидоотложения // Геология рудных месторождений. 1974. Т. 13. № 2. С. 60–75.
- Зайков В. В., Масленников В. В., Зайкова Е. В., Херрингтон Р.* Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 315 с.
- Косарев А. М., Серавкин И. Б., Холоднов В. В.* Геодинамические и петролого-геохимические аспекты зональности магнитогорской колчеданосной мегазоны на Южном Урале // Литосфера. 2014. № 2. С. 3–25.
- Масленников В. В.* Литогенез и колчеданообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384 с.
- Масленников В. В., Зайков В. В.* Метод рудно-фациального анализа в геологии колчеданных месторождений. Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 224 с.
- Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение / Прокин В. А., Булаев Ф. П., Исмагилов М. И. и др.* Свердловск: УрО РАН, 1988. 241 с.
- Целуйко А. С., Масленников В. В., Аюпова Н. Р., Масленникова С. П.* Минеральные и текстурно-структурные особенности рудных фаций Юбилейного медно-колчеданного месторождения (Южный Урал) // Известия вузов. Геология и разведка. 2017. № 4. С. 50–56.

***Т. В. Серавина***

*Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, г. Москва  
tanyaseravina@gmail.com*

### **Положение колчеданно-полиметаллических месторождений Сибири в вулканогенном разрезе (на примере Рудноалтайской, Салаирской, Кызыл-Таштыгской и Приаргунской минерагенических зон)**

Генезис месторождений является важнейшим вопросом при прогнозных исследованиях: от него зависит применение того или иного комплекса предпосылок и признаков, а также направление поисковых работ. Поисковые критерии и признаки колчеданно-полиметаллических месторождений вытекают из геологических обстановок их нахождения. Рудные объекты в своем размещении подчиняются формационному, стратиграфическому, литолого-фациальному и структурному контролю. Кроме того, они сопровождаются околорудными метасоматитами, геохимическими и геофизическими аномалиями [Кузнецов и др., 2014].

Важнейшим фактором образования крупных запасов колчеданных руд является связь с контрастными или последовательно дифференцированными вулканогенными

формациями, близость источника рудного вещества, наличие структур, благоприятствовавших накоплению и быстрому захоронению крупных рудных тел, а также большая продолжительность процессов рудообразования на фоне палеовулканического режима [Дергачев, 2010; Кузнецов и др., 2014]. Основой для прогнозирования, поисков и геолого-минералогического картирования колчеданно-полиметаллических месторождений являются прогнозно-поисковые модели. Эти модели отражают геологическое строение, а также геофизические и геохимические характеристики конкретного месторождения. В результате работ по созданию моделей месторождений золота, меди, свинца и цинка, еще в начале 90-х гг. прошлого века сотрудниками ЦНИГРИ были представлены модели некоторых колчеданно-полиметаллических месторождений на бумажных носителях.

Продолжая эти работы, с применением современных методов и технологий цифровой картографии удалось разработать принципиально новый подход к созданию моделей, основанный на литолого-фациальном анализе рудного и окорудного пространства. Для оптимизации поисковых и поисково-оценочных работ, особенно на ранних стадиях, когда геологическое пространство вскрывается, изучается и оценивается по единичным пересечениям, формируются параметрические модели. Их особенностью является количественная (параметрическая) оценка признаков, критериев и систем соподчиненных элементов, характеризующих геологическое пространство месторождения применительно к различным его частям. Каждая из зон пространства имеет количественные оценки следующих признаков и критериев или отдельных их элементов: мощность рудоносных, подрудных и надрудных частей рудовмещающего разреза, а также отдельных слагающих их горизонтов и разновидностей пород; соотношение литологических разностей пород; размеры рудоносных структур [Серавина, Инякин, 2017]. Прогнозно-поисковые модели были эффективно применены в перспективных регионах РФ по развитию минерально-сырьевой базы полиметаллических руд: Рудноалтайской, Салаирской, Кызыл-Таштыгской и Приаргунской минерагенических зонах. В пределах этих зон выявлены полиметаллические и колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенных ассоциациях (VHMS) и осадочных толщах (SEDEX) [Кузнецов, 2016]. Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудноалтайской, Салаирской, Кызыл-Таштыгской и Приаргунской минерагенических зон образованы синхронно с вулканизмом.

Рудноалтайская минерагеническая зона включает Зыряновский, Лениногорский, Змеиногорский, Рубцовский, Золотушинский и Прииртышский рудные районы, которые приурочены к вулканогенно-осадочным породам. По составу, возрасту и соотношению вулканогенной и осадочной составляющих эти породы разделяются на две формации, относящиеся к калиево-натриевой серии и соответствующие двум циклам вулканизма: нижнюю (эмс-эйфель-ранний живет) – последовательно дифференцированную базальтсодержащую андезит-дацит-риолитовую известково-кремнисто-терригенную и верхнюю (поздний живет-фран) – контрастную базальт-риолитовую кремнисто-терригенную.

Оруденение полиметаллических и колчеданно-полиметаллических месторождений Салаирской минерагенической зоны (Пуштулимский, Салаирский, Еловско-Которовский и Огнево-Романовский рудные районы) связано с двумя геологическими формациями натриевого ряда – нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой и верхней – контрастной базальт-риолитовой. Отложения данных формаций соответствуют двум циклам вулканической активности в регионе, также как и в Рудноалтайской минерагенической зоне [Серавина и др., 2017].

Рудовмещающие нижнекембрийские (рифейские) вулканические породы Кызыл-Таштыгской минерагенической зоны относятся к контрастной базальт-риолитовой формации [Дистанов, 1977; Кузнецов и др., 2017а].

Приаргунская минерагеническая зона подразделяется на две подзоны: собственно Приаргунскую и Ундино-Газимурскую с разной металлогенической специализацией. Венд-кембрийские депрессии сложены карбонатно-терригенными отложениями, к которым приурочены месторождения Приаргунского типа. Они наследуются вулканотектоническими депрессиями и вулканическими впадинами, выполненными рудовмещающими вулканогенно-терригенными отложениями, в которых локализируются месторождения нойон-тологийского типа. Согласно модели колчеданно-полиметаллических месторождений нойон-тологийского типа рудовмещающей является средне-позднеюрская последовательно дифференцированная калиево-натриевая (натриевая) вулканогенно-кремнисто-терригенная геологическая формация.

Анализ обстановок локализации разноранговых объектов Рудноалтайской, Салаирской, Кызыл-Таштыгской и Приаргунской минерагенических зон показывает, что рудные поля приурочены к вулканотектоническим депрессиям. Их внутренняя структура осложнена небольшими экстрезивными и лавовыми куполами; потоками, сопряженными с ними мелкими некомпенсированными впадинами, заполненными промежуточными удаленными, нередко кремнистыми, фациями, отвечающими месторождениям. Соотношение в ее составе кремнисто-терригенных и вулканогенных отложений определяется, с одной стороны, близостью вулканических аппаратов (субвулканических пород – относящихся к жерловым фациям вулканизма), а с другой – характером и интенсивностью вулканической активности в пределах рудных полей и месторождений. Впадины, вмещающие месторождения, занимают надкупольное, склоновое либо надвулканическое положение, в том числе на бортах рифогенных построек. Различаются стратифицированные рудные тела, локализованные в промежуточных и удаленных фациях вулканизма и тела, приуроченные к экстрезивным и субвулканическим телам жерловых фаций. Положение рудных тел в разрезе контролируется тонким чередованием вулканогенных и осадочных пород. Здесь они занимают определенное стратиграфическое положение, локализуясь среди первично кремнистых фаций. Такое положение оруденения прослеживается на многие сотни метров как по падению, так и по простиранию рудных зон. Таким образом, основные рудные тела месторождений располагаются компактно, захватывая стратиграфический интервал от 50 до 150 м, редко 200 м.

Колчеданно-полиметаллические объекты Рудноалтайской, Салаирской, Кызыл-Таштыгской и Приаргунской минерагенических зон представлены золото- и серебросодержащими колчеданно-(барит)-полиметаллическими, медно-свинцово-цинковыми, медно-цинково-колчеданными, медно-колчеданными, серноколчеданными и кварц-карбонат-сульфидными сплошными, вкрапленными, прожилковыми и прожилково-гнездово-вкрапленными рудами. Главными рудными минералами являются пирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, халькопирит, буланжерит, джемсонит, теннантит, тетраэдрит; второстепенными – сульфосоли свинца и серебра, марказит, халькопирит, бурнонит; нерудными – кварц, хлорит, доломит, барит, тальк и серицит.

Околорудные измененные породы в различных количествах присутствуют на всех месторождениях и представлены метасоматитами рудоносных зон гипогенного выщелачивания (кварц-серицит-хлоритовыми) и осадения (хлоритовыми, серицит-хлоритовыми). И те, и другие метасоматиты являются продуктами кислотного выще-

лачивания и осадения, относящимися к кварц-серицитовой формации. Наиболее четко они проявлены по алевролитам и туфам кислого состава. Интенсивность проявления и морфология околорудноизмененных пород зависит от положения месторождений по отношению к рудоподводящему каналу. На вмещающие, околорудноизмененные породы и руды большинства колчеданно-полиметаллических месторождений накладываются продукты поствулканического, динамотермального и контактового метаморфизма с близкими по составу минеральными комплексами, которые меняют облик рудных полей и месторождений. Контактные изменения образуют довольно мощный ореол роговиков и ороговикованных пород мусковит-роговиковой и пироксен-роговиковой фаций. Наиболее интенсивно метаморфизованные зоны отвечают амфибол-роговиковой фации контактового метаморфизма, остальные – мусковит-роговиковой. Перекристаллизация первичных рудных концентраций с образованием агрегатов с преобладанием гранобластовых структур происходила в течение стадии перекристаллизации. В дальнейшем происходила частичная или полная мобилизация рудного вещества с его последующим переотложением [Кузнецов и др., 2017б].

Из краткого обзора колчеданно-полиметаллических месторождений Рудно-алтайской, Салаирской, Кызыл-Таштыгской и Приаргунской минерагенических зон видно, что общими чертами являются следующие:

- процесс рудообразования тесно связан со становлением вулканогенных формаций различного возраста;
- месторождения расположены в локальных палеодепрессиях, приуроченных к экстрезивным куполам либо их склонам, в некоторых случаях депрессии расположены на склонах рифогенных построек;
- рудовмещающие породы относятся к первично кремнистым фациям;
- преобладающая линзовидная и пластообразная форма рудных тел;
- главные минеральные типы руд: колчеданно-полиметаллические, колчеданно-свинцово-цинковые, медно-колчеданные, барит-полиметаллические, часто с золотом;
- промышленные рудные залежи сформировались синхронно с вулканизмом, механизм формирования месторождений может быть различным, как показано для колчеданных провинций в работах И. В. Гаськова, А. Л. Дергачева, В. В. Зайкова, В. В. Масленникова и др.

## Литература

*Дергачев А. Л.* Эволюция вулканогенного колчеданообразования в истории Земли // Дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2010. 262 с.

*Дистанов Э. Г.* Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 350 с.

*Кузнецов В. В.* Геолого-генетические основы прогноза и поисков полиметаллических месторождений Сибири // Мат. науч.-практ. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов – состояние и перспективы». М.: ЦНИГРИ, 2016. С. 39–40.

*Кузнецов В. В., Кудрявцева Н. Г., Галямов А. Л., Кузнецова С. В., Серавина Т. В.* Геолого-генетические основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа // Отечественная геология. 2014. № 2. С. 30–38.

*Кузнецов В. В., Кузнецова Т. П., Серавина Т. В.* Научно-методические основы прогноза и поисков полиметаллических месторождений Алатае-Саянской минерагенической провинции // Мат. VII науч.-практ. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки место-

рождений благородных и цветных металлов – состояние и перспективы». М.: ЦНИГРИ, 2017а. С. 34–35.

*Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Кудрявцева Н. Г., Кузнецова С. В.* Рудно-формационные типы полиметаллических месторождений российской части Рудного Алтая, обстановки их локализации, условия и механизм рудообразования // Мат. междунар. науч.-практ. конф. «Минерагения Казахстана». Алматы: Институт геологических наук, 2017б. С. 77–81.

*Серавина Т. В., Инякин А. В.* Прогнозно-поисковые модели полиметаллических месторождений Сибири / Мат. V междунар. конф. молодых ученых и специалистов пам. ак. А. П. Карпинского. СПб: ВСЕГЕИ, 2017. С. 303–305.

*Серавина Т. В., Инякин А. В., Кузнецов В. В., Мурзин О. В., Зяятдинов М. Р., Конкина А. А., Кудрявцева Н. Г.* Особенности и условия накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия (Салаирский кряж) // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 22–30.

**А. А. Компанченко**

*Геологический институт КНЦ РАН, г. Анапаты  
komp-alena@yandex.ru*

**Cr-Sc-V минерализация в колчеданных рудах протерозойских супракрустальных комплексов Кольского региона**  
(научный руководитель д.г.-м.н. А. В. Волошин)

Объектом настоящего исследования стало колчеданное проявление Брагино, расположенное в осевой части восточного блока Южно-Печенгской структурной зоны, которая является частью нижнепротерозойской рифтогенной структуры Печенга-Имандра-Варзуга (ПИВ). Ряд проявлений колчеданных руд установлен в зоне контакта Хибинского щелочного массива в вулканогенно-осадочных (супракрустальных) комплексах Имандра-Варзугской структурной зоны. Объекты приурочены к одной стратиграфической позиции, имеют сходное время образования и сложены метаморфизованными пирротиновыми рудами [Балашов, 1996; Ахмедов и др., 2004]. В колчеданных рудах участка Брагино Cr-Sc-V минерализация представлена как оксидами, так и силикатами (табл.). Преобладающее развитие получила ванадиевая минерализация.

Т а б л и ц а

**Минеральные формы Cr-Sc-V минерализации в колчеданных рудах Кольского региона**

Название минерала	Формула	Брагино, Южная Печенга	Прихи- бинье*
1	2	3	4
Оксиды			
<b>Карелианит</b>	$V_2O_3$		+
Рутил	$TiO_2$	+	+
Ильменит	$FeTiO_3$	+	+
<b>Кзылкумит</b>	$Ti_2VO_5(OH)$	+	
<b>Шрейерит</b>	$V_2Ti_3O_9$	+	