

**О ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОМ ТИПЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ МЕДИ  
УЛАНДРЫК И АКСАЙ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

**Калинина А.М., Сейров Ф.Е.**

Научный руководитель доцент Ананьев Ю.С.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Вопрос о правильном обосновании геолого-промышленного типа рудопроявлений меди Аксай и Уландрык остаётся открытым. Многие исследователи относят эти объекты к медно-порфировым месторождениям (Селин П.Ф., 1990; Крупчатников В.И., 1993) [3, 4]. В статье рассматривается возможность уточнения данных о метасоматической зональности рудопроявлений в материалах космических съёмки, а также правильности отнесения этих объектов по результатам дешифрирования к данному геолого-промышленному типу на основании их сравнения с эталонным медно-порфировым Актогайским рудным полем.

Изучение закономерностей геологического строения Актогайского рудного поля и Аксай-Уландрыкской площади проводилось на базе фондовых и опубликованных материалов.

Для выявления и картирования метасоматической зональности порфировых месторождений использованы мультиспектральные космические снимки ASTER. Космические снимки извлекались из архива, перепроецировались в прямоугольную проекцию и подвергались радиометрической калибровке. Непосредственно для выявления гидротермалитов использовались метод ложных цветов, главных компонент и спектральных индексов. Дополнительно, для выявления слабопроявленных метасоматитов на Уландрыкском и Аксайском проявлении использовалось преобразование ложных цветов палитры RGB в IHS [5, 8]. Проведенные исследования показали следующее.

Медно-порфировые месторождения представляют собой центральные части гидротермально-метасоматических систем, являющиеся источником прожилково-вкрапленных руд таких полезных ископаемых, как медь, молибден, также могут содержать золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут в виде примесных элементов. Центральным элементом медно-порфировой системы является многофазный интрузивный шток, как правило, известково-щелочного ряда. Фаз обычно несколько, до 5–7. Ранние фазы наиболее богаты ценным компонентом, поздние фазы часто безрудные. Каждая фаза сопровождается своим набором прожилков. От ранних – биотитовых, до кварцевых и более поздних кварц-пиритовых с серицитовыми оторочками. Формирование таких месторождений происходит в субдукционных обстановках с пологим погружением океанической плиты. Они приурочены к крупным разломам, параллельным субдукции и секущим их трансформным разломам. Обстановка сжатия и наличие перекрывающих пород, способных к упруго-пластичной деформации, не даёт магматическим камерам вскрываться и рассеивать рудное вещество по большим площадям [7]. Метасоматическая зональность представлена двумя рядами – горизонтальным и вертикальным. По оси рудной зоны: калиевые метасоматиты – переходные аргиллизиты – кварц-серицитовые филлизиты – пиррофиллитовые вторичные кварциты – алунитовые вторичные кварциты – монокварциты. Обрамление рудовмещающих метасоматитов также снизу-вверх: актинолит-магнетитовые гидротермалиты на подрудном уровне, эпидотовые пропилиты на рудном уровне, хлоритовые пропилиты на надрудном уровнях. Мощность изменений до первых километров [6, 7].

Актогайское медно-порфировое месторождение расположено в северо-восточном сегменте герцинского Прибалхашско-Илийского андезитовидного интрузивно-вулканического пояса. В Актогайское рудное поле входят месторождения Актогай, Айдарлы и Кызылкия. Границами поля служат экзоконтакты Колдарского интрузивного массива с отложениями керегетасской свиты (С<sub>2-3</sub>) андезит-дацит-молассовой формации, представляющей собой рудовмещающую вулканогенную часть комплекса. Вскрытая эрозионными процессами часть массива располагается в ядре Колдарской горст-антиклинали, крылья которой обзазованы вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Сам Колдарский массив имеет форму лакколита, в составе которого выделяют три фазы: первая – габбро-диориты, габбро-диабазы, диориты, гранодиориты; вторая – граниты биотитовые; третья – граниты порфировидные, гранит-порфиры. Строение участка во многом обусловлено расположением зоны разрывных нарушений, главными разломами являются – Главный Колдарский и Южный Колдарский разломы северо-восточного направления и секущий их в юго-восточном направлении Актогайский разлом. Рудоносный штокверк месторождения Актогай расположен среди метасоматически измененных гранитоидов первой фазы и прослеживается в восточной части Центрально-Актогайского ксенолита терригенно-вулканогенных пород керегетасской свиты. Для месторождений рудного поля описана классическая концентрическая зональность рудоносных метасоматитов. На месторождениях пропилиты получили максимальное распространение во фронтальной зоне, в промежуточной зоне проявлены биотитовые и кварц-калишпатовые, кварц-серицитовые метасоматиты, во внутренней – штокверковое прокварцевание и монокварциты. Метасоматиты накладываются на все известные на месторождении породы, за исключением турмалинизированных брекчий и пострудных даек долеритов. [1].

Дешифрирование мультиспектральных снимков ASTER по площади Актогайского рудного поля позволило в центральных частях месторождений Актогай и Айдарлы выделить кварцевые ядра, вдоль Актогайского разлома прослежены области филлитовых изменений, а также по периферии выделены пропилитовые метасоматиты. В целом метасоматический ореол Актогайского месторождения овальной формы с размерами 5 на 3 км, а месторождения Айдарлы – 3 на 2 км. В целом, выявленная по результатам дешифрирования метасоматическая зональность полностью соответствует результатам наземных картировочных работ, а использованная методика картирования рудоносных метасоматитов по данным космических снимков ASTER может применяться для выявления подобных объектов.

Аксайская и Уландрыкская площади расположены в северной части Аксайской вулканотектонической структуры Горного Алтая. Эта структура определяется как палеодепрессия кальдерного типа. В пределах участков наиболее древние (кембрийские и силурийские) отложения представлены в основном песчаниками, алевролитами, кварц-серицит-хлоритовыми сланцами, известняками. Центральная часть Аксайской вулканотектонической структуры прорвана Аксайским и Уландрыкским массивами Аксайского трахиандезит-дацит-риолитового вулканоплутонического комплекса раннего девона, являющимися выступами кровли крупного гранитоидного плутона северо-западного простирания [3]. Выходы плутона в пределах участков относятся к субвулканической фации аксайского вулканоплутонического комплекса и фиксируют положение эруптивных центров. К первой субвулканической фазе относятся – Чаганбургазинский массив (сложен низкощелочными лейкогранит-порфирами), ко второй фазе – Аксайский, Уландрыкский и др. массивы. Породам свойственен лейкократовый состав – кварц, калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз. В период образования комплекса в пределах территории был режим активной континентальной окраины андийского типа. При этом, непосредственно комплекс формировался в континентально-рифтогенной надсубдукционной обстановке [2, 3, 4]. Рудовмещающими являются тектонические и эруптивные брекчи, гидротермально-метасоматические и экзогенно измененные риолиты и субщелочные лейкограниты Аксайского комплекса. Ведущим типом изменений является окварцевание и серицитизация, а также гематитизация (кварц-гематитовые руды). В целом, наблюдается тесная связь между медно-редкометальным оруденением и ожелезнением. Рудные тела линзовидной и сложной морфологии мощностью до 18 м тяготеют к осевой части зоны и представлены пирит-серицит-кварцевыми гидротермалитами и метасоматизированными брекчиями с прожилково-гнездово-вкрапленным распределением рудных минералов и густо пронизанными жилками сливного гематита. Такие руды относятся к окисленным. Халькопирит, вероятно, являлся основным первичным минералом меди, практически повсеместно в приповерхностных условиях замещается полностью или частично вторичными минералами меди (малахит, тенорит, халькозин, азурит). Минерализация сконцентрирована в северо-восточных эндо- и экзоконтактах массива и контролируется крупным Уландрыкско-Аксайским разломом северо-западной ориентировки [3, 4].

В результате дешифрирования спектрального снимка ASTER была выявлена тектоническая зона неоднородного внутреннего строения протяженностью более 6 км при видимой мощности не более 400 м, приуроченная к Уландрыкско-Аксайскому разлому, вдоль которого фиксируются локальные области развития кварц-серицитовых метасоматитов. Внутри зоны выделяются кулисообразные кварцевые жилы и зоны окварцевания. Вблизи рудной зоны проявлены отдельные участки окварцевания, серицитизации и лимонитизации.

Сравнивая два объекта на основе дешифрирования спектральных снимков ASTER, можно сделать вывод об их принадлежности к различным геолого-промышленным и морфологическим типам оруденения. Так, на Актогае присутствуют все характерные признаки медно-порфирового типа оруденения. При этом, геодинамическая обстановка формирования месторождений близка – континентальная субдукционная надрифтогенная, но в случае Уландрыкского и Аксайского проявлений отсутствуют перекрывающие толщи, способные выполнить роль «флюидоупора», в то время как для Актогайского месторождения это могли быть флишеидные толщи субстрата вулканоплутонического пояса. Уландрыкское и Аксайское проявления существенно отличаются от медно-порфировых объектов по составу продуктивных формаций, а также характерным наличием гематита в значительных количествах и редкоземельной минерализации. На рудопроявлениях отсутствует явно проявленная метасоматическая зональность, а также ореолы биотитизации и калишпатизации. От месторождений IOCG (Iron Oxide Copper Gold) типа главным отличием также является отсутствие мощной зоны метасоматических изменений (на подобных месторождениях – до 100 км<sup>2</sup>).

#### Литература

1. Беспавев Х. А., Париков Ю. С. Условия образования месторождений меди, свинца, цинка и железа Казахстана // Алматы: «Гылым» – 1999.
2. Гусев А. И. Магмо-рудно-метасоматические системы Юстыдского прогиба Алтая. – 2020.
3. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Горно-Алтайская. М-45-XXIII, XXIX (Кош-Агач). Объяснительная записка / Пономарев А.Л., Крупчатников В.И., Русанов Г.Г. и др – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. – 293 с.
4. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Горно-Алтайская. М-45-XXIV. Объяснительная записка / Попова О.М., Кривчиков Е.А., Пономарев А.П., и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. – 255 с.
5. Поцелуев А. А. и др. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поиска МПИ (на примере Рудного Алтая) //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2006. – Т. 5. – С. 53-57.
6. Сакин С. Б., Когай М. И., Пак Д. Ю. Эталонная модель медно-порфировой системы //Символ науки. – 2016. – №. 3-3. – С. 15-18.
7. Звездов В.С. Модели меднопорфировых рудно-магматических систем и месторождений для прогноза, поисков и оценки: дис. на соискание ученой степени д-ра геолого-минералогических наук. В 2 т./ В.С. Звездов – М., 2022 – Т.1 – 294с.
8. Kalinowski A., Oliver S. ASTER Mineral Index Processing Manual Compiled by Remote Sensing Applications Geoscience //Australia, Center of Geographic Sciences. – 2004.