

*И. А. Бакшеев¹, Ю. Н. Николаев¹, В. Ю. Прокофьев², Л. И. Марущенко¹,
Е. В. Назорная¹, А. Ф. Читалин³, Ю. Н. Сидорина¹, И. А. Калько¹*

¹ – Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

г. Москва

iab_68@mail.ru

*² – Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва*

³ – Региональная горнорудная компания, г. Москва

Золото-молибден-медно-порфирово-эпитермальная система Баимской рудной зоны, Западная Чукотка

Баимская Au-Mo-Cu зона, расположенная в ~200 км к югу от г. Билибино в Западной Чукотке, включает пять медно-порфировых рудных полей (с севера на юг): Юрях (ЮРП), Песчанка (общие запасы меди ~6 млн т), Находка (НРП) (~3 млн т), Омчак и Бургахчан, которые были открыты в конце 60-х–начале 70-х гг. прошлого века, разведывались и изучались с 1972 до начала 1990-х гг. [Мигачев и др., 1995; Kaminski, 1989]. В 2009 г. поисковые и разведочные работы возобновились, и вместе с ними появилась возможность продолжения научных исследований в этом районе. В настоящей статье кратко изложены результаты работ, проведенных нами на месторождениях и проявлениях Баимской зоны в течение последних четырех лет.

Баимская зона является частью Олойской металлогенической зоны, в которой Au-Mo-Cu-порфиновые системы формировались в обстановке континентальной островной дуги. Наиболее древними породами в пределах зоны являются гипербазиты раннетриасового алучинского комплекса, которые были выведены на поверхность в результате эрозии стратифицированных вулканогенных и терригенных отложений поздней юры. Последние прорываются интрузивными телами различного состава и возраста. Наиболее древними из них являются небольшие штоки (0.1–0.5 км²) и мелкие дайки габброидов позднеюрского баимского комплекса. Затем внедрились крупные тела порфировидных диоритов, которые ранее относили к весеннинскому комплексу с возрастом поздняя юра–ранний мел. Проведенное нами U-Pb датирование циркона из этих пород на НРП показало, что крупнопорфировые диориты ранней фазы имеют возраст 143.5 ± 1.1 млн лет, а мелкопорфировые поздней фазы – 141.8 ± 1.1 млн лет, что отвечает раннему мелу. U-Pb возраст циркона из кварцевых диорит-порфиритов даек, прорывающих интрузив порфировидных диоритов, составляет 141.2 ± 1.6 млн лет, что идентично возрасту мелкопорфировых диоритов поздней фазы.

Au-Mo-Cu порфиговое оруденение традиционно связывают с раннемеловым егдыкгычским магматическим комплексом, который представлен тремя интрузивными фазами: монцодиоритами, сиенитами и кварцевыми монцодиорит-порфирами. Монцодиориты наиболее распространены в центральной части зоны (месторождение Песчанка), сиениты — в северной части (ЮРП). Породы третьей фазы обнаружены как в центральной, так и южной (НРП) частях Баимской зоны. Со штоками и крупными дайками третьей фазы сопряжено оруденение. Согласно [Moll-Stalcup, 1998], U-Pb возраст циркона монцодиоритов первой фазы 142 млн лет. U-Pb возраст циркона кварцевых монцодиорит-порфиров егдыкгычского комплекса, внедрившихся в интрузив порфировидных диоритов на НРП, варьирует от 139.3 ± 0.5 до

140.3 ± 0.5 млн лет [Котова и др., 2011]. Таким образом, возраст порфиридных диоритов, близкий к породам егдыкгычского комплекса, позволяет предположить, что первые также относятся к егдыкгычскому комплексу. Ранее полагали [Шавкунов, 1973], что в пределах НРП также развиты и породы позднемелового омчакского комплекса. Однако U-Pb датирование циркона свидетельствует, что их возраст раннемеловой (140.6 ± 0.5 до 138.3 ± 0.5 млн лет) [Котова и др., 2011]. Гранодиориты омчакского комплекса выходят на поверхность в нескольких километрах к югу от НРП, но надежных датировок этих пород нет, поэтому их позднемеловой возраст остается под вопросом.

Верхнеюрские отложения и раннемеловые магматические интрузивные породы перекрыты терригенными образованиями айнакургенской свиты (K₁). Самыми молодыми в пределах зоны (за исключением четвертичного аллювия) являются дайки позднемеловых базальтов и андезитов.

На объектах Баимской зоны выделяется четыре типа метасоматических пород: 1) биотит-кварц-калишпатовые метасоматиты (*БККМ*), 2) пропилиты, 3) кварц-серицитовые метасоматиты (*КСМ*), 4) аргиллизиты. Кроме того, на глубоких горизонтах месторождений Песчанка и Находка установлены зоны кварц-калишпатовых пород.

БККМ образуют внутреннюю зону метасоматического ореола месторождений и преобладают на месторождении Песчанка и проявлениях ЮРП. Возраст этих метасоматитов на месторождении Песчанка и проявлении Куст, входящем в рудное поле Песчанка, по данным Rb-Sr датирования составляет 135.9 ± 6.1 и 139.9 ± 0.5 млн лет соответственно. В отличие от биотита магматических пород, в *БККМ* развит низкожелезистый и низкотитанистый флогопит, который ассоциирует с халькопиритом и борнитом. Из-за высокой фугитивности сульфидной серы, Fe предпочтительно входит в состав сульфидов, а не силикатов.

Пропилиты установлены на всех объектах Баимской зоны. Они слагают внешнюю зону метасоматического ореола, замещая интрузивные, вулканические и вулканогенно-осадочные породы. Метасоматиты сложены эпидотом, магнизогорнблендитом, актинолитом, турмалином, клинохлором, калиевым полевым шпатом, альбитом, кварцем, кальцитом. На месторождении Песчанка установлена зональность по составу клинохлора: от внутренней части ореола пропилитизации к внешней в хлорите снижается содержание ^{IV}Al. Основной тип изоморфного замещения в хлорите Fe²⁺ → Mg. В турмалине, относящемся к окси-дравиту или реже к шерлу, основной тип изоморфных замещений – Fe³⁺ → Al, что является индикаторным для пропилитов порфиридных систем [Baksheev et al., 2012].

Распространенность *КСМ* увеличивается от ЮРП к НРП, что связано с уменьшением эрозионного среза рудных полей. В пределах ЮРП *КСМ* встречаются крайне редко. На месторождении Песчанка они образуют зоны внутри *БККМ*, а в НРП слагают основной объем метасоматитов. По наличию турмалина, карбонатов и рудных минералов выделяется три типа *КСМ*: 1) альбит-кварц-серицитовые породы с хлоритом и Mo-Cu оруденением, 2) кварц-серицитовые породы с турмалином, доломитом, сидеритом, магнезитом, 3) альбит-кварц-серицитовые породы, содержащие марганцовистые серицит, доломит и кальцит.

Серицит *КСМ* первого и второго типов относится к мусковиту и фенгиту. На месторождении Песчанка был установлен только мусковит, а в НРП – мусковит и фенгит; содержание MnO в них не превышает 0.1 мас. %. В *КСМ* третьего типа обнаружен только мусковит, обогащенный MnO (0.2–0.3 мас. %). Хлорит метасоматитов первого типа по химическому составу относится к клинохлору и шамозиту. В дополнение к изоморфному замещению Fe²⁺ → Mg, в хлоритах *КСМ* установлены замеще-

ния ${}^{\text{IV}}\text{Si} + {}^{\text{VI}}\text{Mg} \rightarrow {}^{\text{IV}}\text{Al} + {}^{\text{VI}}\text{Al} + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Mg}$, которые отличают их от хлоритов пропицитов. Турмалин в *KCM* второго типа относится к окси-дравиту или дравиту с низким содержанием Са (первые сотые доли а.ф.е.), что объясняется его тесной ассоциацией с доломитом. В отличие от турмалина пропицитов, здесь ведущим изоморфным замещением является $\text{Al} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{OH}$. Карбонаты *KCM* второго типа характеризуются низкой концентрацией Mn: так, в доломите она достигает только 0.03 а.ф.е. В доломите из метасоматитов третьего типа содержание Mn варьирует от 0.05 до 0.10 а.ф.е.

Аргиллизиты спорадически встречаются в РПН, крайне редки на месторождении Песчанка и отсутствуют в ЮРП. В НРП аргиллизиты образуют зоны мощностью 2–3 м, которые наследуют зоны интенсивного кварц-серицитового метасоматоза. На поверхности метасоматиты превращены в глинистую массу с фосфатами и сульфатами Al. Изучение керна буровых скважин показало, что аргиллизиты сложены иллитом, диккитом, редкими низкожелезистым клинохлором, цеолитами, кварцем, турмалином, флюоритом, а также реликтовыми альбитом и серицитом. Из новообразованных рудных минералов в аргиллизитах был выявлен лишь пирит.

Mo-Cu-порфировое оруденение приурочено к *BKKM* и *KCM* первого типа и представлено вкрапленностью и штокверками кварцевых жил и прожилков с борнитом, халькопиритом, молибденитом, пиритом и редкими беститанистым магнетитом и высокопробным самородным золотом (>900). Среднее содержание Cu и Mo в рудах месторождений Песчанка и Находка – 0.53 % и 140 г/т и 0.34 % и 54 г/т соответственно. Борнит образует кристаллы и их агрегаты, местами с решетчатыми структурами распада халькопирита. Халькопирит замещает борнит. Молибденит представлен тонкими прожилками и небольшими скоплениями тонких чешуек. По данным ICP-MS анализа минерал содержит 21–2673 г/т Re. Модельный Re/Os возраст молибденита месторождения Песчанка и НРП составляет 142.6 ± 6.9 и 143.3 ± 3.0 млн лет соответственно, что в пределах погрешности близко к возрасту интрузивных пород егдыгычского комплекса. В виде мелких вростков в борните установлены селенитый галенит и клаусталит, которые возможно маркируют завершение порфировой стадии или кристаллизовались уже на субэпитептермальной или эпитептермальной стадии.

Субэпитептермальное Cu-Pb-Zn оруденение пространственно связано с *KCM* второго типа и представлено сульфид-карбонат-кварцевыми жилами и прожилками. Главными рудными минералами являются галенит и сфалерит при подчиненных халькопирите и теннантите-тетраэдрите и редких энаргите, минералах Se и Te (гессит, самородный теллур, курилит), низкопробном самородном золоте. Блеклые руды эволюционируют от высокожелезистого теннантита (с избыточной медью при замещении энаргита) до высокоцинкистого тетраэдрита.

Эпитептермальное оруденение представлено только IS (intermediate sulfidation) типом и в промышленном масштабе, при среднем содержании 2.9 г/т Au, 56 г/т Ag, 0.9 % Pb + Zn и 0.15 % Cu, установлено только на южном фланге НРП. Руды сложены высокомышьяковистым пиритом (до 10 мас. % As), сфалеритом, галенитом, халькопиритом, блеклыми рудам (от цинкистого теннантита до серебросодержащего (4 мас. % Ag) цинкистого тетраэдрита), самородным золотом, электрумом и гесситом; редкие минералы – шютцит, пирсеит, акантит. Низкопробное самородное золото (756–857) и электрум (657–743) образуют вростки и трещины в пирите, галените, блеклых рудах и тесные сростания с гесситом.

На рудном поле Омчак, наряду с молибден-медно-порфировой минерализацией, выявлена серебряная минерализация, типичная для эпитептермального оруденения

LS (low sulfidation) типа: науманнит, селенистый пирсеит (до 4 мас. % Se), акантит и редко встречающийся альгодонит.

Таким образом, на месторождениях и проявлениях Баимской зоны развиты несколько типов оруденения с благородными металлами: молибден-медно-пофировое с золотом, субэпитермальное с золотом, эпитеермальное IS типа с золотом и серебром и эпитеермальное LS типа с серебром.

В кварце жил и прожилков выявлены три типа первичных флюидных включений: 1) включения хлоридных рассолов, содержащие газовый пузырек, водный раствор, один или несколько изотропных кристаллов, пластинчатый гематит красного цвета и непрозрачный рудный минерал (халькопирит или магнетит) ($T_{\text{гом}} = 580\text{--}300$ °C, соленость 55.0–37.0 мас. % NaCl-экв.); 2) существенно газовые включения с небольшой каймой водного раствора ($T_{\text{гом}} = 540\text{--}395$ °C, соленость 10.7–2.7 мас. % NaCl-экв.) и 3) двухфазовые флюидные включения водно-солевых растворов ($T_{\text{гом}} = 420\text{--}255$ °C, соленость 9.3–0.4 мас. % NaCl-экв.).

Изотопный состав свинца полевых шпатов из магматических пород варьирует в широких пределах: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 18.30\text{--}18.87$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 15.50\text{--}15.55$ и $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 37.81\text{--}38.40$. Наиболее высокие значения $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ и $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ установлены в плагиоклазе позднеюрских габброидов на проявлении Топь из ЮРП. Полевые шпаты из пород егдыкгычского комплекса и порфириовидных диоритов характеризуются менее радиогенным изотопным составом свинца: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 18.30\text{--}18.57$ и $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 37.81\text{--}38.07$. Изотопный состав свинца сульфидных минералов составляет: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 18.26\text{--}18.49$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 15.41\text{--}15.57$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 37.53\text{--}38.20$. Сульфиды проявления Топь, как и полевые шпаты вмещающих пород, имеют наиболее радиогенный состав свинца по сравнению с составом остальных изученных сульфидов: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 18.45\text{--}18.49$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - 38.04\text{--}38.20$. В целом, изотопные составы свинца сульфидов и полевых шпатов из вмещающих магматических пород близки, что свидетельствует о едином источнике свинца, как для магматической, так и для рудной стадии. Обогащенность сульфидов рудопроявления Топь радиогенным свинцом также может объясняться перераспределением сульфидов при частичной ремобилизации вещества вмещающих габброидов.

Изотопный состав серы эпитеермальных сульфидов варьирует от –6.4 до +4.8 ‰, порфириовых – от –5.2 до –3.8 ‰. Все значения за исключением одного находятся в пределах 0 ± 5 ‰, что типично для магматического источника серы [Ohmoto, Goldhaber, 1997]. Интервалы значений $\delta^{34}\text{S}$ перекрываются, предполагая вклад общего магматического компонента в рудообразование.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проекты № 11-05-00571а, 12-05-31067а, 14-05-31198а) и ООО ГДК Баимская.

Литература

Котова М. С., Нагорная Е. В., Аносова М. О. и др. Датирование метасоматического процесса и рудоносных гранитоидов медно-порфириовых месторождений Находкинского рудного поля (Западная Чукотка) // Мат-лы V Рос. конф. по изотоп. геохронол. М.: ИГЕМ РАН, 2012. С. 181–184.

Мигачев И. Ф., Гирфанов М. М., Шишаков В. Б. Медно-порфириовое месторождение Песчанка // Руды и металлы. 1995. № 3. С. 48–58.

Шавкунов Б. Н. Использование геофизических и геохимических данных для оконтуривания рудных полей в пределах Баимского золотоносного узла // Геохимические методы поисков

месторождений золота по вторичным ореолам рассеяния. Чита: Зап. Забайкал. фил. географ. об-ва СССР, 1973. Вып. 88.

Baksheev I. A., Prokof'ev V. Yu., Zarskiy G. P., et al. Tourmaline as a prospecting guide for the porphyry-style deposits // *European Journal of Mineralogy*. 2012. Vol. 24. P. 957–979.

Kaminski V. G. A geologic exploration model for porphyry copper deposits of the Baimka zone // *International Geological Review*. 1989. Vol. 31. P. 1240–1250.

Moll-Stalcup E.J. Geochemistry and U-Pb geochronology of arc related magmatic rocks, northeastern Russia // *Abstracts with programs GSA*. 1995. Vol. 27. № 5. P. 65.

Ohmoto H, Goldhaber M. B. Sulfur and carbon isotopes // In: Barnes H.L. (Ed.) *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 3rd ed., New York: John Wiley and Sons, 1997. P. 517–612.