

Структурные условия эпитермального Au-Ag рудообразования в тыловой зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса

Глухов А.Н.

Structural conditions for the formation of epithermal Au-Ag mineralization at the rear zone of Okhotsk-Chukotka volcanic belt

Glukhov A.N.

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан;

e-mail: gluhov76@list.ru

В тылу ОЧВП, на удалении 200 км от его оси, расположено эпитермальное Au-Ag месторождение Печальное, ассоциирующее с вулканитами контрастной трахириолит-базальтовой ассоциации. Ему присущи особенности морфологии и состава рудных тел, которые отличны от других Au-Ag объектов пояса, и отражают специфические структурные условия его формирования.

Эпитермальные Au-Ag месторождения являются продуктами деятельности высокотемпературных гидротермальных систем (ГТС, [9]), которые формируются в областях континентального вулканизма. Соответственно, закономерности развития ГТС, установленные в областях современной вулканической деятельности, могут быть использованы для понимания генезиса эпитермального оруденения и оценки его потенциала. Нами изучено эпитермальное Au-Ag месторождение Печальное, расположенное в 290 км к северу от г. Магадан, в пределах Оротуканской магматической зоны (ОМЗ), которая представляет собой рифтогенную структуру [2], развитую в тылу Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) и удалена от осевой части пояса более чем на 200 км. ОМЗ образована Верхне-Оротуканским лейкогранитным массивом (U-Pb возраст 84 млн лет, [3]) и бимодальной вулканоплутонической ассоциацией, ранее выделенной в печальнинский вулканический комплекс [2, 3]. Породы комплекса слагают Майскую и Коллективнинскую вулканоструктуры, имеющие диаметр 2-4 км и представляющие собою экструживно-купольные поднятия [3]. Общая площадь ареала порядка 100 км²; суммарная площадь выходов рассматриваемых вулканитов 30 км²; объем эффузивов около 15 км³, в том числе кислого состава – порядка 9 км³. В составе вулканического комплекса выделяются четыре фазы:

I – дайки субщелочных базальтов, коагматичные им базальтовые покровы;

II – дайки и мелкие тела массивных риолитов и гранит-порфиров;

III – флюидалные трахириолиты и комендиты, слагающие мелкие тела, штоки и дайки, и коагматичные экстружии и покровы;

IV – дайки щелочных гранит-порфиров.

Разрез образований покровной фации комплекса имеет двучленное строение с оливиновыми базальтами в нижней и трахириолитами и комендитами в верхней частях; в основании залегает пачка полимиктовых конгломератов и гравелитов [4]. Общая мощность разреза 150-300 м. Субщелочным базальтам присущи повышенные глиноземистость и щелочность; трахириолиты, комендиты и щелочные граниты характеризуются повышенными концентрациями SiO₂, Na₂O, K₂O, Fe₂O₃, летучих компонентов, пониженными – Al₂O₃ и CaO. Геохимические особенности кислых вулканитов печальнинского вулканического комплекса определяются высокими концентрациями Zr, Y, Rb, Nb, Sn, P3Э, низкими – Ba и Sr; им присуща ярко выраженная Eu-аномалия и высокое отношение La/Yb (8-10). Геологическое строение и состав печальнинского вулканического комплекса позволяют отнести его к типичным рифтогенным образованиям, характерным для тыловых зон активных континентальных окраин [11]. Помимо ОМЗ, в пределах ОЧВП комендиты известны лишь в его Восточно-Чукотском сегменте [8].

На месторождении Печальное рудные тела представлены адуляр-кварцевыми жилами, залегающими среди юрских песчаников и алевролитов. Последние перекрываются конгломератами и базальтами печальнинской свиты, и вместе с ними прорваны экструзией трахириолитов. Рудное поле характеризуется аномально высокой насыщенностью прожилково-жилковыми образованиями, доля которых на отдельных его участках достигает 10-15 %. Геологоразведочными работами выявлено 45 рудных тел; все они располагаются вблизи экструзии у основания горизонта базальтов; наиболее богатые из них приурочены непосредственно к контакту вулканитов и юрских осадочных пород. Экструзивные трахириолиты здесь осветлены, при этом жилы и прожилки в них не проникают. Мощности жил 0.1-1 м, их морфология простая, плитообразная. Жилы характеризуются незначительной протяженностью и вертикальным размахом (менее 200 м); при этом вертикальная протяженность собственно рудных тел не превышает 50 м. Непосредственно на контакте конгломератов и пород цоколя бурением выявлено согласное субгоризонтального залегания рудное тело мощностью 0.2-2 м. Оцененные прогнозные ресурсы месторождения категории P_1 составляют 1 т золота и 50 т серебра при средних содержаниях 2-6 г/т и 50-400 г/т, соответственно. Руды содержат повышенные концентрации As (>2 %), Pb (0.01-0.03 %), Sb (0.01-0.03 %) и Co (до 0.03 %) и характеризуются большим разнообразием текстур, среди которых наиболее распространены колломорфно-полосчатые и каркасно-пластинчатые. Среди рудных минералов преобладают пирит и арсенопирит, широко распространены также галенит и халькопирит; продуктивная минерализация представлена самородным золотом, блеклыми рудами и сульфоселенидами.

Месторождение Печальное по геологическому строению существенно отличается от других эпитермальных Au-Ag объектов ОЧВП и не имеет аналогов в целом на Северо-Востоке Азии. Главными его особенностями являются:

- 1) связь с вулканической ассоциацией контрастного трахириолит-базальтового состава;
- 2) локализация в терригенной толще мезозойд близ контакта с вулканитами, в которые оруденение не проникает;
- 3) исключительно высокая насыщенность рудного поля жилами и прожилками при ограниченном развитии собственно продуктивной минерализации и общем непромышленном характере объекта.

Изучение действующих ГТС Камчатки позволило И.Д. Петренко [7] выделить три их основных структурных типа: Узонский (приуроченный к кальдерам), Банно-Карымчинский (к купольным структурам) и Мутновский (без явной связи с морфоструктурами). Наивысшими температурами и наиболее широким спектром гидротерм различного состава при ярко выраженной зональности и высоких концентрациях металлов, включая золото, в термальных водах, характеризуется Узонская ГТС [5]. Все промышленные эпитермальные Au-Ag месторождения сформированы системами такого типа. Ключевым структурным фактором для их формирования является наличие кальдеры. Оно обеспечивает ГТС, с одной стороны, необходимым количеством тепловой энергии, поступающей при быстром внедрении на верхнекоровые уровни глубинных базальтовых магм [6], а с другой – стабильным питанием метеорными водами, которые составляют более 90 % объема растворов, участвующих в формировании ГТС. Воды и нелитифицированные осадки озер, зачастую заполняющие кальдеры, играют роль эффективного флюидоупора, наличие которых приводит к формированию и длительному существованию так называемой «зоны пародоминирования» [10], где в результате сочетания процессов смешения вод различного состава и температуры и их дегазации происходит образование эпитермальных руд. Примером является Асачинское месторождение, где доказано существование надрудного кратерного озера в мааровой воронке [1]. Флюидоупоры

другого типа, такие как площадные зоны аргиллизированных пород, возможны, но намного менее эффективны. В случае отсутствия кальдеры, ГТС должна разгружаться за пределами вулканической постройки, либо на ее периферии, как это и происходит в системах Банно-Карымчинского и Мутновского типов; рудная составляющая терм при этом рассеивается на большой площади, а концентрации металлов в возникающих зонах минерализации разубоживаются вплоть до величин, близких к геохимическому фону. Высокая эффективность флюидоупора приводит к значительной вертикальной и латеральной протяженности зоны пародоминирования, что, в свою очередь, позволяет сформироваться единичным, но мощным и протяженным рудным телам со значительным вертикальным размахом. Примерами являются Au-Ag месторождения Купол и Крипл-Крик. Низкая эффективность флюидоупора напротив, приводит к образованию множества мелких непротяженных жил и прожилков с непромышленным оруденением.

Майскую экструзивно-купольную рудоконтролирующую структуру, которая вмещает Au-Ag месторождение Печальное, можно параллелизовать с ГТС Банно-Карымчинского типа. Для нее характерны преобладание экструзивных фаций вулканитов и малые мощности эффузивных покровов, которые играют роль флюидоупоров. Как следствие, зона пародоминирования распространилась на значительную площадь, соответствующую площади эффузивов, что привело к образованию многочисленных жил и прожилков. Однако низкая эффективность флюидоупора не позволила ей функционировать так долго и с такими температурными градиентами, которые были достаточны для формирования промышленного месторождения.

Следует отдельно остановиться на причинах отсутствия кальдер в пределах ареала вулканитов печальнинского комплекса. Для кальдерообразования необходимо выполнение следующих условий:

- 1) подъем магмы с глубоких уровней к поверхности;
- 2) наличие прогиба фундамента, заполненного мощной толщей осадочно-вулканогенных отложений, создающей слабопроницаемый чехол, способствующий накоплению магмы на относительно небольшой глубине;
- 3) существование зон проницаемости в фундаменте и чехле [6].

Рассматриваемые вулканиты локализованы непосредственно среди триасово-юрских терригенных комплексов, слагающих в данном сегменте ОЧВП его основание. Значительная удаленность от зоны фронтальной части вулканического пояса и, как следствие, большая глубина залегания здесь зоны субдукции препятствовали поступлению больших объемов магмы. В результате, кальдерообразования не происходило.

Список литературы

1. Боровиков А.А., Лапухов А.С., Борисенко А.С., Сереткин Ю.В. Физико-химические условия формирования эпitherмального Асачинского Au-Ag месторождения (Южная Камчатка) // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 8. С. 897-909.
2. Глухов А.Н. Магматические ассоциации и металлогения Хурчан-Оротуканской рифтогенной структуры (Северо-Восток России) // Руды и металлы. 2009. № 5. С. 12-17.
3. Егоров В.Н., Жигалов С.В., Волков А.В., Сидоров А.А. О редкометалльном оруденении в трахириолитах и комендитах Хурчан-Оротуканской металлогенической зоны // Доклады Академии наук. 2005. Т. 405. № 2. С. 237-242.
4. Кузнецов В.М., Жигалов С.В., Ведерникова Т.А., Штикерман В.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-56 – Сеймчан. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. 426 с.
5. Леонов В.Л. Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм / Отв. ред. В.И. Белоусов. М.: Наука, 1989. 104 с.

6. *Леонов В.Л., Гриб Е.Н.* Структурные позиции четвертичных кальдер Камчатки / Отв. ред. В.И. Белоусов. Владивосток: Дальнаука, 2004. 189 с.
7. *Петренко И.Д.* Золото-серебряная формация Камчатки. СПб: Издательство ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
8. *Полин В.Ф., Молл-Столкан Э.Дж.* Петролого-геохимические критерии тектонических условий формирования Чукотского звена Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18. № 4. С. 29-47.
9. *Рычагов С.Н., Главатских С.Ф., Сандимирова Е.И., Белоусов В.И.* Рудные минералы в структуре гидротермально-метасоматических систем: состав, распределение, условия формирования // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма. Материалы Международного полевого Курило-Камчатского семинара. 19 июля – 6 августа 2005 г. Петропавловск-Камчатский: «ОТТИСК», 2005. 460 с.
10. *Шарапов В.Н.* Влияние структурно-динамических условий разгрузки гидротермальных вулканических систем и рудообразование в их недрах // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. № 3. С. 396-402.
11. *Ярмолюк В.В., Коваленко В.И.* Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. М.: Наука, 1991. 263 с.