

5. Hedenquist J.W. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: far southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines [Text] / J.W. Hedenquist, A. Arribas, T.J. Reynolds // *Economic Geology*. – 1998. – V.93. – P. 373 – 404. DOI: 10.2113/gsecongeo.93.4.373.
6. Hedenquist J.W. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration [Text] / J.W. Hedenquist, E. Izawa, A. Arribas, N.C. White // *Resource Geology*. – 1996. – V.1. – P. 9 – 13.
7. Mishin, L.F. New age data on the magmatic rocks from the western sector of the Okhotsk - Chukotka volcanogenic belt [Text] / L.F. Mishin, V. V. Akinin, E.L. Mishin // *Russian Journal of Pacific Geology*. – 2008. – V.2. – P. 385–396.
8. Sillitoe R.H. Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits, in: *Volcanic, Geothermal, and Ore-Forming Fluids* [Text] / R.H. Sillitoe, J.W. Hedenquist // *Society of Economic Geologists*. – 2003. – P. 315 – 343. DOI: 10.5382/sp.10.16
9. Sillitoe R. H. Intrusion-Related Vein Gold Deposits: Types, Tectono-Magmatic Settings and Difficulties of Distinction from Orogenic Gold Deposits [Text] / R.H. Sillitoe, J.F.H. Thompson // *Resource Geology*. – 1998. – V. 48. – P. 237 – 250. DOI: 10.1111/j.1751-3928.1998.tb00021.x
10. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. – Владивосток: Даль- наука, 2006. – Кн. 1. – С. 1–572. – Кн. 2. – С. 573–981.
11. Мишин Л.Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Россия) (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // *Тихоокеанская геология*. – 2011. – Т. 30. – № 4. – С. 32–48.
12. Официальный сайт компании «Polymetal International PLC» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.polymetalinternational.com/ru/assets/where-we-operate/svetloye/#Reserves>.

## СТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КИСЛОТНО-СУЛЬФАТНОГО ТИПА СРЕДНЕУЛЬИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Лесняк Д.В., Левочская Д.В., Ананьев Ю.С.

Научный руководитель - профессор А.К. Мазуров

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

Среди эпитеpmальных месторождений золота выделяют два основных типа [1, 2] – высоко-сульфатные (high sulfidation, HS) и низко-сульфатные (low sulfidation, LS). Дополнительно в некоторых рудных районах проявляются промежуточные [3] или переходные месторождения (intermediate sulfidation, IS). Большинство эпитеpmальных золоторудных месторождений локализованы преимущественно в Тихоокеанском, Средиземноморско-Гималайском и Монголо-Охотском подвижных поясах [2, 4, 5]. В России эти месторождения распространены в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. В настоящей работе изучаются эпитеpmальные месторождения Среднеульинского рудного района (Уенминский рудный узел). В его пределах разведано и разрабатывается рудное поле Светлое кислотно-сульфатного типа, а также известно значительное количество рудопроявлений золота других минеральных типов. Задачей данного исследования является выявление критериев и признаков эпитеpmального золотого оруденения кислотно-сульфатного (высоко-сульфатного) типа для расширения минерально-сырьевой базы действующего предприятия в пределах Среднеульинского рудного района. В основу работы положены материалы дешифрирования современных спектрально-космических снимков [6], а также отчеты предшественников по результатам съемочных и тематических работ. Дешифрирование спектрально-космических снимков Aster и Landsat проводилось с целью уточнения геологического строения, выявления ореолов развития метасоматически измененных пород, выявления структурных особенностей территории.

В результате выполненных исследований были получены следующие основные выводы. В пределах рудного района выявлены вулканотектонические структуры, секущие тела изверженных горных пород и разрывные нарушения. Установлено, что положение Уенминского золоторудного узла полностью контролируется Секчинской вулканотектонической депрессией, а рудное поле Светлое и проявления золота на изученной площади приурочены к остаткам палеовулканических построек. В пределах рудного узла закартированы разрывные нарушения северо-восточного, северо-западного, субмеридионального и субширотного простирания, которые в целом унаследуют основные направления разрывных нарушений Среднеульинского рудного района. По общей значимости разрывные нарушения разделены на «главные» и «прочие». Среди главных структур выделяются два «кольцевых» разлома, расположенные в центральной части площади. Также в границах рудного узла зафиксированы остатки палеовулканических построек, тела секущих изверженных горных пород, а также площадные метасоматиты. Рудное поле Светлое контролируется остатками двух палеовулканических построек центрального типа с кальдерами проседания. Положение самих палеовулканических построек определяется узлом сопряжения Дюльбакинского разлома северо-восточного простирания с разрывными нарушениями северо-западного простирания. Метасоматический ореол, который подчеркивает рудное поле имеет значительную площадь – более 30 км<sup>2</sup>. Основными структурными элементами рудного поля являются две палеовулканические постройки, разрывные нарушения преимущественно северо-восточные (параллельные осевой части Охотско-Чукотского вулканического пояса) и северо-западные. В пределах рудного поля выделены и закартированы ореолы метасоматически измененных горных пород различного состава. Месторождения тяготеют к краевым частям кальдер проседания вулканических аппаратов, узлам сопряжения коровых разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного простирания, и размещаются на площадях с проявленными монокварцевыми, кварц-алунитовыми и кварц-гидрослюдистыми вторичными кварцитами.

### СЕКЦИЯ 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ

В результате проведенных исследований выявлены закономерности проявления рудных узлов, полей и месторождений в материалах дешифрирования спектрональных космических снимков. На основании этих закономерностей сформулированы структурные критерии и признаки золотого эпитермального оруденения кислотно-сульфатного типа, которые согласуются с подобными зарубежными месторождениями [7].

#### Литература

1. Sillitoe R.H., Hedenquist J.W. Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits // *Volcanic, Geothermal, and Ore-Forming Fluids*. Society of Economic Geologists, 2003. – Vol. 10. – P. 315–343.
2. White N.C.N.C. et al. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration // *Published in SEG Newsletter*. – 1995. – Vol. 1. – № 23. – P. 9–13.
3. Yilmaz H. et al. Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposits in Tertiary subaerial volcanic rocks, Sahinli/Tespah Dere (Lapseki/Western Turkey) // *Ore Geology Reviews*. Elsevier, 2010. – Vol. 37. – № 3–4. – P. 236–258.
4. Cooke D.R. et al. Geochemistry of Porphyry Deposits // *Treatise on Geochemistry: Second Edition*. 2nd ed. Elsevier Ltd., 2013. – Vol. 13. – № November. – P. 357–381.
5. Sillitoe R.H., Sillitoe R.H., Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems // *Economic Geology*. 2010. – Vol. 105. – № 1. – P. 3–41.
6. Ананьев Ю.С., Житков В.Г., Поцелуев А.А. Прогнозно-поисковая модель эпитермальных Au-Ag месторождений кислотно-сульфатного типа по данным дешифрирования современных космических снимков (на примере рудного поля Светлое, Хабаровский край) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 2019. – Vol. 330. – № 5. – P. 84–92.
7. Hedenquist J.W., Arribas A., Reynolds T.J. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: far southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines // *Economic Geology*. 1998. Vol. 93, № 4. P. 373–404.

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КИСЛОТНО-СУЛЬФАТНОГО ТИПА СРЕДНЕУЛЬИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА НА ОСНОВЕ ПЛОЩАДНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лесняк Д.В., Левочская Д.В., Гаврилов Р.Ю.

Научный руководитель - профессор А.К. Мазуров

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

Одним из направлений работ золотодобывающих компаний мира является поиск месторождений золота во вторичных кварцитах – эпитермальных золоторудных месторождений высоко-сульфидного типа или high sulfidation (HS) [1, 2]. На Востоке России велись и ведутся поиски объектов HS, в результате которых были обнаружены, например, месторождения Озерновское, Мелетойваймского рудного узла (Камчатка), Светлое (Хабаровский край) [3].

Разрабатываемое в настоящее время месторождение Светлое расположено в пределах Уенминского рудного узла Среднеульинского рудного района Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). Ввиду необходимости восполнения минерально-сырьевой базы недропользователя, изучение месторождения и получение новых данных об особенностях его строения имеют не только научное, но и практическое значение. В связи с этим проведены работы по выявлению критериев и признаков эпитермального золотого оруденения кислотно-сульфатного типа в пределах рудного района. В основу работы положены архивные геохимические данные, а также отчеты предшественников по результатам съемочных и тематических работ. Обработка архивных литохимических съемок по вторичным ореолам рассеяния проведена с целью выявления закономерностей проявления рудных полей и месторождений в аномальных геохимических полях.

В ходе исследовательских работ были рассчитаны фоновые и минимально-аномальные содержания элементов, проведена обработка геохимических данных методами многомерной статистики (ранговая корреляция, факторный и кластерный анализы), построены схемы распределения элементов и комплексных показателей, проведена интерпретация полученных данных.

Выполненные исследования отчетливо демонстрируют, что рудные поля во вторичном геохимическом поле выделяются концентрически-зональным ореолом комплекса элементов: во фронтальной зоне проявлена ассоциация V-Zn, а в тыловой зоне – ассоциации Au-Ag-Pb и Au-Mo. Прямым признаком эпитермального кислотно-сульфатного оруденения ранга рудного поля является наличие аномальных концентраций золота и серебра во вторичных ореолах рассеяния. Также элементами-спутниками оруденения, на основании имеющейся аналитической базы, следует считать Sb, As, Bi, Cu. Месторождения во вторичном геохимическом поле выделяются концентрически-зональным ореолом комплекса элементов: во фронтальной зоне проявлена ассоциация Co-Cr-Mn-V-Zn-P; в тыловой зоне – ассоциации Au-Ag, Ag-Pb-Sb, As-Mo-Ba. Прямым признаком золотого оруденения ранга месторождения являются аномальные концентрации Au и Ag во вторичных ореолах рассеяния, а так же их элементы-спутники Sb, Bi, Te, Se, As, Mo, Cu.

В первичном геохимическом поле месторождения и рудные зоны выделяются аномальными концентрациями Au, Ag, Sb, Se, а также периодически – Te, Bi, Mo. Низким уровнем накопления характеризуются Al, K, Na, P и Zn. На эталонном участке установлена геохимическая зональность, выражающаяся в смене ассоциаций элементов (от ядерной зоны к фронтальной): Au-Ag-Se-Sb → V-As-P-Fe-Mo-Pb-Sr-Sb-Cu → K-Na-Al-Co-Zn-Ba → Cr-Ni-Mn. Приведенная геохимическая зональность может послужить основой выявления слепого оруденения.