УДК 553.08

# МИНЕРАЛОГИЯ ШЛИХОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПЛОЩАДИ МАХАДА-КАЛИЕНЧИ (ЭКСТРЕМАДУРА, ИСПАНИЯ)

## К.А. Новоселов<sup>1</sup>, И.В. Васильев<sup>2</sup>, Е.В. Черемазова<sup>3</sup>, П.В. Хворов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт минералогии УрО РАН, г. Muacc, const@ilmeny.ac.ru <sup>2</sup>Mineral Exploration Network (Finland) Ltd., Кардифф <sup>3</sup>Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

# MINERALOGY OF HEAVY CONCENTRATES FROM THE MAJADA-CALIENTE AREA (EXTREMADURA, SPAIN)

# K.A. Novoselov<sup>1</sup>, I.V. Vasilyev<sup>2</sup>, E.V. Cheremazova<sup>3</sup>, P.V. Khvorov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Mineralogy UB RAS, Miass, const@ilmeny.ac.ru <sup>2</sup>Mineral Exploration Network (Finland) Ltd., Cardiff <sup>3</sup>National Mineral Resources University (Mining University), St.-Petersburg

Анализ шлиховых концентратов площади Махада-Калиенчи (Экстремадура, Испания) показал преобладание в них циркона, окислов железа, широкое развитие анатаза, а также присутствие турмалина, касситерита, шеелита, киновари, золота. В комплексе с другими данными можно предположить наличие здесь золотой и олово-вольфрамовой минерализации.

Илл. 4. Библ. 10.

Ключевые слова: минералы, шлихи, Махада-Калиенчи, золото

The heavy concentrates from the Majada-Caliente area (Extremadura, Spain) contain major zircon and iron oxides, abundant anatase, and rare tourmaline, cassiterite, sheelite, cinnabar, and native gold. Taking into account other data, we can suggest the presence of gold and Sn-W mineralization in this area.

Figures 4. References 10.

Key words: minerals, heavy concentrates, Majada-Caliente, gold

#### Введение

В предлагаемой работе изложены результаты анализа шлиховых концентратов из рыхлых отложений площади Махада-Калиенчи, которая расположена в провинции Касерас, Испания. Площадь в настоящий момент изучается компанией Mineral Exploration Network (Finland) Ltd., и данное исследование является частью поискового проекта.

Отбор шлиховых проб осуществлялся с приплотиковой части рыхлых отложений, глубина отбора проб обычно не превышала 1 м. Подготовка концентратов осуществлялась по стандартной методике: отмывка в лотке, доводка расклассифицированного материала в бромоформе, электромагнитная сепарация. Шлихи просматривались под стереомикроскопом. Для диагностики шеелита была использована ультрафиолетовая лампа Spectroline MiniMax. Из шлихового концентрата готовился полированный препарат для микроскопического анализа. Для заверки диагностики, определения химического состава минералов, изучения морфологии золота использован электронномикроскопический анализ (РЭММА-202М, аналитик В.А. Котляров, VEGA3 TESCAN, аналитик И.А. Блинов)

## О геологии объекта

Площадь Махада-Калиенчи расположена в Центрально-Иберийской зоне (ЦИЗ), которая является внутренней и наиболее стабильной частью Пиренейского массива и представляет собой югозападное продолжение Европейского пояса варисцид. Неопротерозойский сланцево-граувакковый комплекс является крупнейшим доменом ЦИЗ и характеризуется мощной (до 11 км) толщей метаосадочных пород, состоящей в основном из пелитовых и псаммитовых отложений (Villaseca et al., 2014; Chicharro et al., 2014). В ходе варисцийского тектоногенеза формировались различные формы складчатости, зоны рассланцевания и разрывных нарушений.

Важной чертой ЦИЗ является обилие гранитных батолитов, которые внедрялись в основном во время поздней стадии деформации. Гранитоиды в этой области образуют один из крупнейших батолитовых массивов в мире. Граниты являются преимущественно высокоглиноземистыми (Villaseca et al., 2008).

В геологическом строении площади принимают участие метаосадочные породы неопротерозойского возраста, перекрытые рыхлыми отложениями. Породы метаморфизованы в зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Западнее участка они прорваны интрузивными породами гранитного массива Зорита (Zorita); восточнее – гранитного массива Логросан (Logrosán) (рис. 1). Возможно, интрузивные породы принадлежат единому крупному батолиту (Central Extremadura batholith). Граниты массива Логросан датированы 308 млн лет (U-Pb) (Chicharro et al., 2014). Вблизи интрузивов отмечаются контактовые изменения метаосадочных пород (Chicharro et al., 2015).

Рельеф участка увалистый выположенный. Ручьи разделены грядовыми возвышенностями с превышением вершин над долинами около 20 м (рис. 2). В значительной мере склоны холмов перекрыты рыхлыми отложениями, их мощность обычно не превышает 0.5 м. Они представлены глинистыми продуктами коры выветривания и суглинками. Часто встречаются коренные выходы пород, образующие куэстовый рельеф.

На рассматриваемом участке преобладают мелкозернистые песчаники тёмно-серого цвета; подчинённое значение имеют более тонкозернистые разности пород, вплоть до глинистых сланцев. Сланцеватость пород в общем выдержана и имеет азимут простирания 45–75° с крутым падением на 3–СЗ. Породы не обнаруживают отчётливых признаков контактового метаморфизма, региональный метаморфизм слабый. Заражённость пород жильным кварцем характерна для всей площади участка, очень много кварцевых обломков на поверхности и в речных отложениях. Вмещающие породы часто содержат прожилки или гнездовидные обособления кварца, которые можно считать фоновыми. Жильно-прожилковые зоны встречаются значительно реже. В таких зонах наблюдается тесная перемежаемость вмещающих сланцев и жильного материала, количество жил на погонный метр может достигать 10 штук. Мощность индивидуальных жильных тел обычно варьирует от 10 см до 0.5 м; мощность зон – до нескольких метров. Преобладающая ориентировка жил, наблюдаемых в обнажениях, субсогласна директивности сланцеватости (см. рис. 2). Реже наблюдаются участки с хаотически ориентированными прожилками. Жильный кварц мелко- тонкозернистый, белого и светло-серого цвета. Для него типичны текстуры выщелачивания в виде разнообразных каверн, которые выполнены охристым коричневым материалом. Сульфидной минерализации не отмечается.

## Минералогия шлихов

Минералогический состав шлихов в целом по площади довольно однообразен и включает в себя циркон, монацит, анатаз, турмалин, шеелит, касситерит, киноварь, золото, гидрооксиды железа, малахит, реликты пирита.

Циркон, за редкими исключениями, является главным минералом в шлиховых концентратах. Минерал представлен бесцветными или слабоокрашенными кристаллами или зёрнами со сглаженными границами. Обычно люминесцирует в золотисто-жёлтых тонах. В отражённом свете иногда видна отчётливая зональность, отмечаются тонкие включения сульфидов.

Анатаз широко распространён в концентратах, образует характерные бипирамидальные кристаллы – бесцветные, синие, желтоватые. Как правило, не содержит включений других минералов. Примесей в химическом составе на уровне чувствительности электронного микроскопа не зафиксировано.

Шеелит в знаковых количествах встречается постоянно. Диагностируется легко благодаря типичной для него люминесценции. Химический состав не обнаруживает примесей. Минеральные включения в шеелите обычно не наблюдаются.

Касситерит также является широко распространённым минералом шлихов. Зёрна касситерита обычно слабо удлинённые или субизометричные без кристаллических ограничений. Внутренние рефлексы от коричневых до бесцветных, отчётливой оптической зональности не наблюдается. Характерной чертой являются тонкие включения ко-



*Рис. 1.* Геологическая карта района (Mapa Metalogenético de Extremadura, 2007, с упрощениями). Рамкой отмечена изученная площадь.

1– коллювиальные, аллювиальные отложения (Q); 2 – третичные глины, аргиллиты, известняки (Kz); 3 – чёрные глинистые сланцы, кварциты, арениты (S); 4 – глинистые сланцы, кварциты, с прослоями аренитов (O<sub>2-3</sub>); 5 – глинистые сланцы и кварциты, конгломераты (O<sub>1</sub>); 6 – конгломераты, глинистые сланцы и арениты (O<sub>1</sub>); 7 – конгломераты, арениты, глинистые сланцы (Cm); 8 – глинистые сланцы и граувакки (PR); 9 – гранитные массивы; 10 – дайки диабазов; 11 – кварцевые жилы; 12 – ореол ороговикования; 13 – рудопроявления.

Fig. 1. Geological map of the area (simplified after Mapa Metalogenético de Extremadura, 2007). Rectangle, studied area.

1 - colluvium and alluvium (Q); 2 - Tertiary clays, argillites, limestones (Kz); 3 - black shales, quartzites, arenites (S); 4 - shales, quartzites with arenite interlayers ( $O_{2-3}$ ); 5 - shales and quartzites, conglomerates ( $O_1$ ); 6 - conglomerates, shales and arenites ( $O_1$ ); 7 - conglomerates, arenites, shales (Cm); 8 - shales and graywackes (PR); 9 - granite plutons; 10 - diabase dikes; 11 - quartz veins; 12 - hornfels halo; 13 - ore occurrences.

лумбит-танталита и оксидов титана. В химическом составе касситерита обнаружены примеси тантала и титана.

Турмалин в небольших количествах встречается во всех концентратах, где представлен тёмно-зелеными осколками кристаллов. В составе минерала фиксируются Ca, Mg, Na, Ti, Fe, Al, Si.

Киноварь присутствует практически во всех шлиховых концентратах, хотя и в знаковых количествах. В концентратах легко диагностируется благодаря рубиново-красному цвету; в полированных брикетах наблюдаются ярко-красные внутренние рефлексы. Образует округлые зёрна без кристаллических ограничений. В химическом составе примесей не выявлено.

Золото встречается в большинстве шлиховых концентратов. Среднее количество знаков на шлих в изученной выборке составляет 6 штук; в отдельных пробах может быть встречено несколько десятков золотин (до 60). Размер самородков достигает 2 мм, преобладающее значение имеет класс – 0.5 мм. Наряду с преобладающим жёлтым золо-

## МИНЕРАЛОГИЯ № 4 2015



*Рис.* 2. Рельеф участка Махада-Калиенчи и наблюдаемая в естественных обнажениях кварцево-жильная минерализация.

Fig. 2. Relief of the Majada-Caliente area and quartz veins in the rocks.



*Рис. 3.* Форма золота из шлиховых концентратов.

А – самородное золото (а) и золото с примесью ртути (b); Б, Е – срастания золота с жильным материалом (кварц и кварцевослюдистый агрегат); Д – сферическое золото.

*Fig. 3.* Shape of gold from heavy concentrates.

A – native gold (a) and Hgbearing gold (b); E, E – intergrowths of gold with quartz and quartz-sericite aggregates;  $\Pi$  – gold spherule. том участками наблюдаются частицы белого золота, характеризующегося существенной примесью серебра, а также пористой структурой. Частицы жёлтого золота преимущественно неокатанные, сложной формы (рис. 3). Отмечены срастания золота и кварца. Состав жёлтого золота характеризуется небольшой примесью серебра (до 8 мас. %). Практически во всех жёлтых золотинах наблюдается кайма обогащения. В единичных случаях в золоте отмечалась примесь ртути.

#### Обсуждение и выводы

Анализ шлиховых концентратов позволяет выделить олово, вольфрам и золото в качестве металлов, определяющих специализацию площади.

## Олово и вольфрам

Олово и вольфрам являются важными компонентами для металлогении ЦИЗ. В Испании известно около 200 Sn-W объектов, которые локализованы вблизи главных тектонических зон в гранитах или в окружающих метаморфических породах (Murciego et al., 1997). Генетическая связь между гранитами и минерализацией является установленной.

С метаморфическим ореолом, сопровождающим гранитные интрузии Зорита и Логросан, связано множество кварц-апатитовых жил (рудник Ла-Костоназа), кварц-касситеритовые и кварцшеелитовые жилы и штокверки (рудники Сан-Кристобаль и Эль-Серанию) (см. рис. 1). Участок Махада-Калиенчи находится за пределами ореола ороговикования, и никаких свидетельств контактовых изменений в окружающих песчаниках не было выявлено. Тем не менее, в 80-х годах прошлого века здесь было получено одно пересечение с содержаниями вольфрама 2000 ppm.

Постоянное присутствие в шлиховых концентратах касситерита и шеелита позволяет рассматривать участок как перспективный на редкие металлы. Касситерит по набору включений и химических примесей подобен описанному на месторождении Логросан (Chicharro et al., 2015), что позволяет предполагать их генетическое родство. Образование последнего, по данным анализа флюидных включений (Chicharro et al., 2015а), происходило из смешанного флюида (метаморфический + постмагматический).

#### Золото

ЦИЗ вмещает множество месторождений и проявлений золота, которые разрабытывались ещё римлянами. Минерализация различается по типу, литологии вмещающих пород, возрасту (Murphy, Roberts, 1997).

Форма самородного золота из изученных шлиховых концентратов свидетельствует о его незначительном переносе. Практически повсеместно наблюдаемая высокопробная кайма является типоморфной для золота в зоне гипергенеза.

Частицы белого золота характеризуются специфическим составом и строением. Губчатое, пористое строение таких частиц напоминает так называемое «горчичное золото», которое образуется при разложении в зоне гипергенеза первичных золотосодержащих минералов (обычно теллуридов) (Мурзин, Малюгин, 1987). В нашем случае наблюдается невыдержанность состава частиц: основная масса высокосеребристого золота замещается высокопробным золотом (рис. 4). Таким образом, можно предположить, что белое золото является продуктом разложения золото-серебряного минерала. Частицы такого состава в рыхлых отложениях должны быть очень неустойчивыми (как механически, так и химически), и их присутствие в шлихах свидетельствует об отсутствии значительного переноса.

Интересной особенностью золота в шлихах являются частицы в форме почти идеальных шариков, размер которых может превышать 100 мкм (см. рис. 3Д). Очевидно, что простое механическое окатывание не может привести к такой форме. Можно предположить, что в данном случае имела место демеркуризация природной амальгамы. В составе шариков золота ртуть не выявлена (на уровне чувствительности СЭМ), но золото с примесью ртути на площади встречено (см. рис. 3А). Кроме того, постоянной составляющей шлихов является киноварь, основным продуктом гипергенного преобразования которой является самородная ртуть.

Площадь Махада-Калиенчи расположена в пределах литохимических аномалий мышьяка, свинца, цинка (Cheremazova et al., 2015). Мышьяковая аномалия 2.4 × 1.5 км вытянута в субмеридиональном направлении. Свинцово-цинковая аномалия смещена относительно мышьяковой к востоку. Свинец характеризуется низкой миграционной способностью в экзогенных условиях. Поэтому ореол должен находиться непосредственно над выходами минерализованных пород. Следует отметить, что в единичных случаях в шлихах отмечались частицы церуссита и антимоната свинца (биндгеймита?).



*Рис. 4.* ВSE-изображение частицы белого золота (общий вид и увеличенный фрагмент):

 е – высокосеребристая основная масса, f и h – высокопробное золото.

*Fig. 4.* BSE image of white gold particle and its enlarged fragment:

e – matrix with high Ag contents, f and h – gold with low Ag contents.

Таким образом, анализ шлихов в комплексе с другими данными позволяет сделать обоснованное предположение о наличии на площади Махада-Калиенчи золотой и олово-вольфрамовой минерализации. О соотношении этих типов минерализации между собой, а также с мышьяковой и полиметаллической минерализацией на данном этапе сказать трудно.

Работа выполнена при финансовой поддержке компании Mineral Exploration Network (Finland) Ltd., а также программы Президиума УрО РАН (проект 15-11-5-23). Авторы признательны И.А. Блинову и В.А. Котлярову за выполненные аналитические работы.

#### Литература

*Мурзин В.В., Малюгин А.А.* Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР. 1987. 96 с.

Cheremazova E., Skublov S., Novoselov K., Mikhailov A., Galankina O., Alexeev V. Primary Au prospecting results in the Logrosán area (Central Iberian Zone, Spain) // Journal of Iberian Geology. 2015. 41(2). P. 223–232.

*Chicharro E., Villaseca C., Valverde-Vaquero P., Belousova E., López-García J.* Zircon U-Pb and Hf isotopic constraints on the genesis of a post-kinematic S-type Variscan tin granite: the Logrosán cupola (Central Iberian Zone) // Journal of Iberian Geology. 2014. 40(3). P. 451–470.

Chicharro E., Martin-Crespo T., Gomez-Ortiz D., Lopez-Garcia J., Oyarzun R., Villaseca C. Geology and gravity modeling of the Logrosán Sn-(W) ore deposits (Central Iberian Zone, Spain) // Ore geology rewiews. 2015a. 65. P. 294–307.

*Chicharro E., Lopez-Garcia J., Boiron M., Villaseca C.* Implication of metamorphic fluids on cassiterite precipitation in the Logrosán Sn-(W) ore deposit (Central Iberian Zone, Spain) // Mineral resources in a sustainable world. Proceedings of 13th Biennial SGA meeting, Vol. 2. Nancy: 2015. P. 433–436.

Mapa Metalogenético de Extremadura (escala 1:250000). Instituto geológico y minero de España. Madrid. 2007.

*Murphy P.J., Roberts S.* Evolution of a metamorphic fluid and its role in lode gold mineralisation in the Central Iberian Zone // Mineralium Deposita. 1997. 32(5). P. 459–474.

Murciego A., Garcia Sanchez A., Dusausoy Y., Martin Pozas J.M., Ruck R. Geochemistry and EPR of Cassiterites from the Iberian Hercynian Massif // Mineralogical Magazine. 1997. 61. P. 357–365.

Villaseca C., Pérez-Soba C., Merino E., Orejana D., Lopez-Garcia J.A., Billstrom K. Contrasting crustal sources for peraluminous granites of the segmented Montes de Toledo Batholith (Iberian Variscan Belt) // Journal of Geosciences. 2008. 53. P. 263–280.

Vindel E., Chicharro E., Villaseca C., Lopez-Garcia J.A., Sanchez V. Hydrothermal phosphate veintype ores from the southern Central Iberian Zone, Spain: Evidence their relationship to granites and neoproterozoik metasedimentary rocks // Ore geology rewiews. 2014. 62. P. 143–155.

Поступила в редакцию 20 ноября 2015 г.