УДК 553.411.071

**Е. В. ЧЕРЕМАЗОВА (Горный ун-т), К. А. НОВОСЕЛОВ (ИМ УрО РАН),
Ю. Л. СВЕТЛОВА (Горный ун-т)**

Минералого-геохимические особенности Au-Sb оруденения на участке Агихонкийо (Эстремадура, Испания)

Обсуждаются результаты литогеохимической съемки, минералого-петрографических исследований и шлихового опробования на участке Au-Sb рудопроявления Агихонкийо, расположенного в Центрально-Иберийской зоне (Испания). Геохимическое опробование рыхлых отложений выявило контрастные аномалии по сурьме и мышьяку, что позволило оценить масштаб минерализации. В ходе минералогических исследований рудных образцов и зерен шлихового золота обнаружены распространение галенита и сульфоантимонитов свинца (буланжерит, джемсонит) в рудах, а также включение аурoстибита и срастаний субграфического (губчатого) золота с бертьеритом и окислами сульфосолей Sb и Pb, что дает основание предполагать парагенезис, включающий две стадии минералообразования: раннююя кварц-золото-антимонит-бертьеритовую и позднюю кварц-сульфосольную с аурoстибитом.

Ключевые слова: *Au-Sb минерализация, Центрально-Иберийская зона, сульфоантимониты свинца, геохимическое опробование, шлиховое золото.*

**E. V. CHEREMAZOVA (Mining University), K. A. NOVOSELOV (IM UB RAS),
YU. L. SVETLOVA (Mining University)**

Mineralogical and geochemical characteristics of Au-Sb mineralization on Aguijoncillo site (Extremadura, Spain)

The present paper reveals the results of geochemical survey, mineralogical and petrographic research and heavy mineral concentrate sampling within the area of Aguijoncillo occurrence located in the Central Iberian Zone (Spain). The soil sampling permitted to identify contrastive anomalies in antimony and arsenic distribution, which allowed the assessment of mineralization scale. Mineralogical study of the ore samples and native gold from heavy concentrates approved the extensive presence of galena and Pb sulphoantimonites (boulangerite, jemsonite) in ores as well as inclusion of aurostibite and intergrowths of subgraphic (spongy) gold with berthierite and oxides of Sb and Pb sulphosalts. Thus the results assume the complex paragenesis that includes two hydrothermal mineralization stages: early quartz-gold-antimonite-berthierite and late quartz-sulphosalt with aurostibite.

Keywords: *Au-Sb mineralization, Central Iberian Zone, lead sulphoantimonites, geochemical survey, gold from heavy concentrates.*

Введение. Центрально-Иберийская зона (ЦИЗ) Испании и Португалии представляет исключительный интерес с точки зрения оценки рудного потенциала отдельных участков по целому ряду элементов, включая золото. Испанский регион Эстремадура, расположенный на территории ЦИЗ, в прошлом был продуктивной золоторудной провинцией, где золото добывалось со времен Римской империи. Однако с середины XX в. значение горнодобывающего сектора в экономике региона неуклонно падает. Попытки Геологической службы Испании в 80-х годах обнаружить новые запасы золота потерпели неудачу [9].

Геологоразведочной компанией Mineral Exploration Network Ltd. с апреля 2015 по март 2016 г. проведены полевые работы с целью поисков месторождений Au в регионе Эстремадура. В настоящей статье обсуждаются результаты литогеохимической съемки, минералогических исследований и шлихового опробования в пределах лицензионного участка Мария, который включает Au-Sb рудопроявление Агихонкийо, где в начале XX в. местные старатели добывали золото и сурьму.

Геологическая характеристика района работ. Лицензионный участок расположен в Центрально-Иберийской зоне, в осевой части Иберийского герцинского складчатого пояса (рис. 1). Рудопроявление Агихонкийо можно включить в условно выделенный рудный пояс, вытянутый вдоль хребта Вильуэркас, а также несколько месторождений и рудопроявлений Pb-Zn – Сан Роке и Cu – Фаворита (рис. 2, *а*).

Вмещающие породы представлены неопротерозойскими метаосадками мощного (8–11 км) Сланцево-Граувакковогo Комплекса (СГК) – монотонным чередованием граувакк и сланцев (мощностью от нескольких до нескольких десятков сантиметров) с прослоями песчаников и конгломератов. Вмещающие породы претерпели изменения в ходе герцинского регионального метаморфизма зеленосланцевой фации [12].

В районе исследования породы СГК имеют субмеридиональное простирание. Последствия главного этапа деформации герцинского орогенеза D1 [9, 11] представлены обширной субвертикальной складчатостью с север-северо-западным

© Е. В. Черемазова, К. А. Новоселов, Ю. Л. Светлова, 2016

Рис. 1. Схема структурного районирования Иберийского массива, по К. Вилласека [13], и расположение в нем лицензионной площади

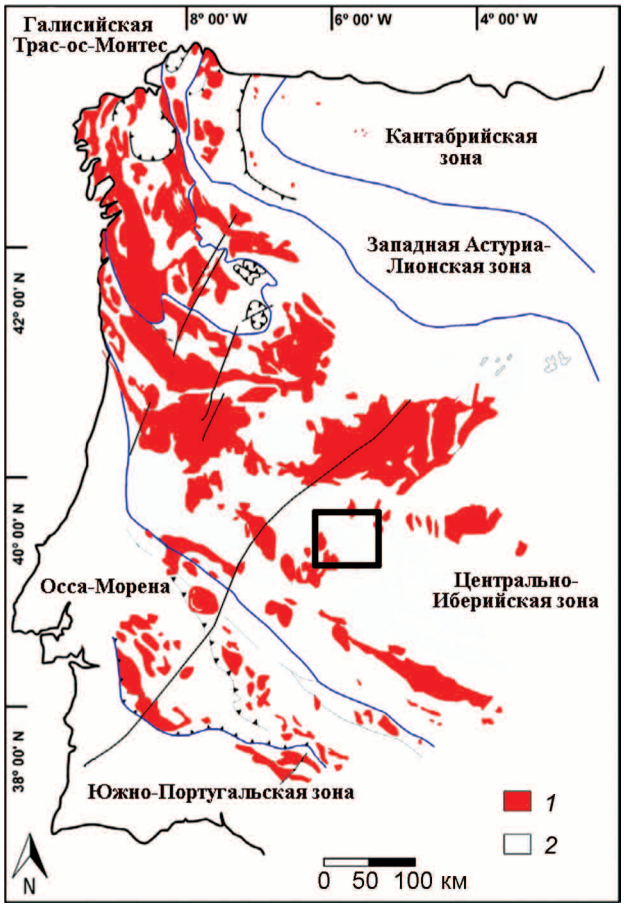
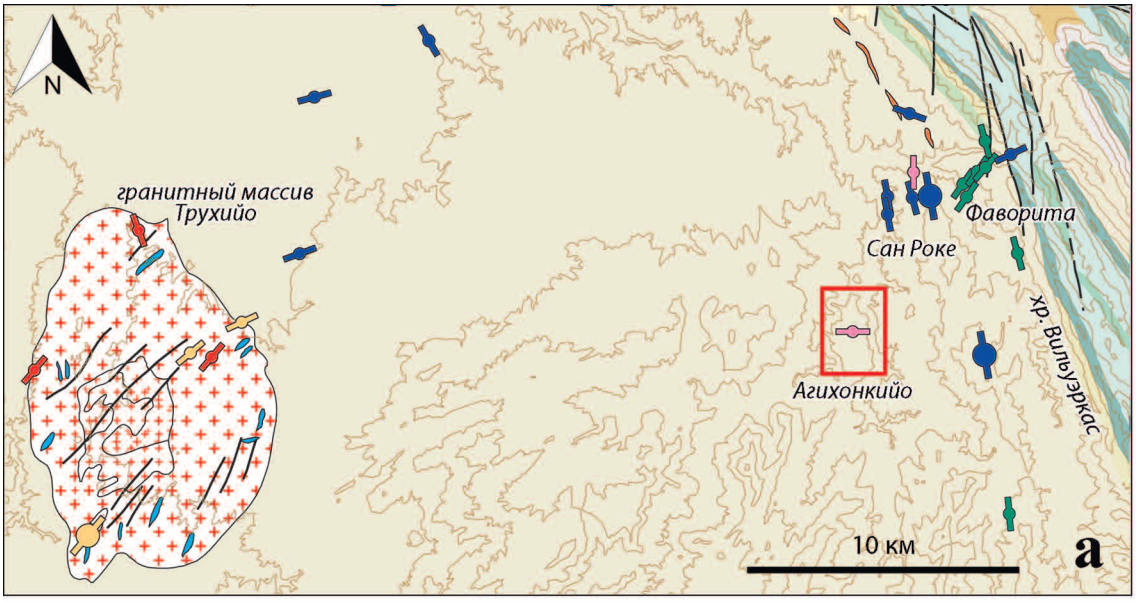
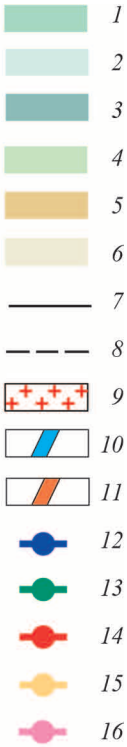


Рис. 2. Геологическое строение исследованного участка Агихонкийо (красный прямоугольник)

а – геологическая схема района исследования и местоположение рудопроявлений Агихонкийо, Сан-Роке и Фаворита [5]: *1–3* – ордовик, силур (*1* – черные сланцы, кварциты, песчаники, *2, 3* – сланцы и кварциты с прослоями *2* – песчаников и *3* – конгломератов); *4–6* – неопротерозой, кембрий (*4* – аркозы, песчаники, сланцы и доломиты, *5* – конгломераты, песчаники, алевролиты, *6* – сланцы и граувакки); *7, 8* – разломы (*7* – установленные, *8* – предполагаемые); *9* – двуслюдяные граниты; *10* – аплитовые дайки; *11* – кварцевые дайки и жилы; *12–16* – гидротермальная минерализация (*12* – Pb, Zn, Ag, *13* – Cu, *14* – Sn, W, *15* – P, *16* – Sb); ***б*** – коренные выходы пород СГК, образующие куэсты, на рудопроявлении Агихонкийо; ***в*** – пересечение двух жильных систем кварца в борту р. Берзокана на расстоянии 1 км к западу от рудопроявления Агихонкийо





простиранием и ярко выраженной сланцеватостью, параллельной осевой плоскости складок. Рельеф участка увалистый и выположенный, часто встречаются коренные выходы пород, образующие куэсты (рис. 2, *б*).

Ближайший выход магматических пород – гранитный интрузив Трухийо – расположен в 20 км к западу от места исследования. Массив Трухийо представляет собой позднегерцинский гранитный купол с возрастом 326 млн лет [6]. Петрографический состав гранитов – от крупнозернистых двуслюдяных (основная часть интрузива) до порфировидных монцогранитов с мегакристаллами калиевого полевого шпата в периферийных зонах, где также обнажаются многочисленные мелко- и среднезернистые аплитовые дайки [6].

По данным Геологической службы Испании [7], Au-Sb оруденение Агихонкийо приурочено к системе кварцевых прожилков мощностью от 5 до 15 см, заполняющих мелкие субвертикальные трещины субширотного простирания, секущие сланцеватость вмещающих сланцев. В настоящий момент бывшая выработка перекрыта почвами и с поверхности представлена обильной россыпью отвалов около 50 м в поперечнике. Среди обломков преобладают тонкозернистые рассланцованные метаграувакки, а также обломки жильного кварца, в том числе и с антимонитовой минерализацией.

В непосредственно окружающих отвалы выходах рассланцованных песчаников выявлены лишь единичные кварцевые жилки без видимой минерализации с азимутом простирания 5° и субвертикальным падением. Однако западнее, на расстоянии 1 км от выработки, в борту р. Берзокана в коренном залегании выявлена мощная жильно-прожилковая кварцевая зона (не менее 100 м), где наблюдались две хорошо выдержанные по падению системы жил (рис. 2, *в*). Преобладает субмеридиональная система, согласная рассланцовке пород, где мощность жил достигает 70 см. Кроме того, отчетливо проявлена субширотная система. Для обеих жильных систем характерны частая вкрапленность (0,5–2 мм) и гнезда (0,5–1,5 см) арсенопирита, распределенные неравномерно.

Рудное поле Сан-Роке локализовано в 5 км на ССВ от проявления Агихонкийо и включает шесть рудных тел различной мощности с однотипной Pb-Zn минерализацией: кварцевые жилы со сфалеритом и реже галенитом в рассланцованных песчаниках СГК. Общий размер рудной зоны достигает 1600 м в длину и 400 м в ширину. Среди вторичных минералов присутствуют марказит, пирит, халькопирит, пирротин и буланжерит. Медный рудник Фаворита включает три кварцевые жилы каждая мощностью 1–1,5 и протяженностью 500 м. Основные рудные минералы представлены халькопиритом и пиритом. Всем типам минерализации сопутствуют окварцевание и мусковитизация. На проявлении Фаворита околорудные изменения также включают апатитизацию, карбонатизацию и серицитизацию [8].

Методика исследования. Полевые работы на участке Агихонкийо (апрель 2015 – март 2016 г.):

– литогеохимическое опробование рыхлых отложений по сети 100/10 м (8731 проба). Пробы массой 200–300 г отбирались из почвенного горизонта Б;

– шлиховое опробование аллювиальных отложений и шурфов глубиной 1 м (52 пробы). Пробы исходным объемом 20 л обеспечили выход шлиха в 10–15 г;

– отбор образцов из коренных выходов пород и отвалов старой выработки Агихонкийо (15 образцов).

Все литогеохимические пробы проанализированы непосредственно в поле портативным рентгенофлуоресцентным анализатором Innov-X Delta в соответствии с методикой EPA 6200 для металлов в почвах. Анализ проводился на стандартное количество элементов (Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Pb, Zn, As, Mo, Sr, Rb, Zr, W, Ni, Sn, Sb). По исходным данным построены геохимические карты в программе MapInfo.

Шлиховое опробование подтвердило наличие золотой минерализации и возможное выявления генетических связей самородного золота с другими химическими элементами и минералами. Для всех шлиховых проб проведен экспрессный качественный минералогический анализ непосредственно в поле и подсчитано количество зерен золота. Для более детального минералого-геохимического анализа отобраны 32 шлиховые пробы. Концентраты были расклассифицированы на фракции –0,5, +0,5...1, +1 мм, подвергнуты магнитной сепарации с помощью магнита Сочнева и дочищены в бромоформе.

Минералогический анализ коренных образцов, а также химический состав золота были проведены с помощью электронного микроскопа JEOL JSM-6510LA в лаборатории ИГГД РАН (аналитик О. Л. Галанкина). Для пяти образцов выполнен анализ на золото методом ААС в лаборатории ВСЕГЕИ.

Минеральный состав руд Агихонкийо. Для детальных минералогических исследований отобрано 15 образцов, в том числе из отвалов старой выработки Агихонкийо, коренных выходов кварцевых жил и из вмещающих пород. Результаты исследования минерализованных обломков из отвалов выработки позволили выделить три различных типа сурьмяных руд.

Первый тип – самый распространенный, представлен преимущественно мелкозернистым (0,1–0,3 мм) антимонитом, образующим массивный агрегат в жильном кварце мощностью до 3–4 см, вытянутый согласно простиранию жил (рис. 3, *а*). Очень часто антимонит и сурьмяные охры образуют вкрапленность, гнезда и просечки в кварце размером не более 0,5 см. Для массивного агрегата характерна аллотриоморфнозернистая структура, для вкрапленников в кварце идиоморфнозернистая (рис. 3, *б*).

Для второго типа руд характерен антимонит в срастании с бертьеритом, заполняющий пустоты и каверны в массивном кварце (рис. 3, *в*). Антимонитовые охры также повсеместно встречаются в виде просечек и пятен в кварце.

Третий тип – вкрапленность сульфоантимонитов свинца непосредственно отдельно в кварце или в срастании с марказитом. Часто встречаются марказит с примесью сурьмы до 8 % с мелкими вкраплениями буланжерита, развивающимися по трещинам в зернах (рис. 3, *д*), а также сложные срастания марказита, оксидов сурьмы и галенита (рис. 3, *г*). В двух образцах обнаружены спутанно-игольчатые и войлокоподобные вростки джемсонита в кварцевой матрице (рис. 3, *е*). Гидротермальные

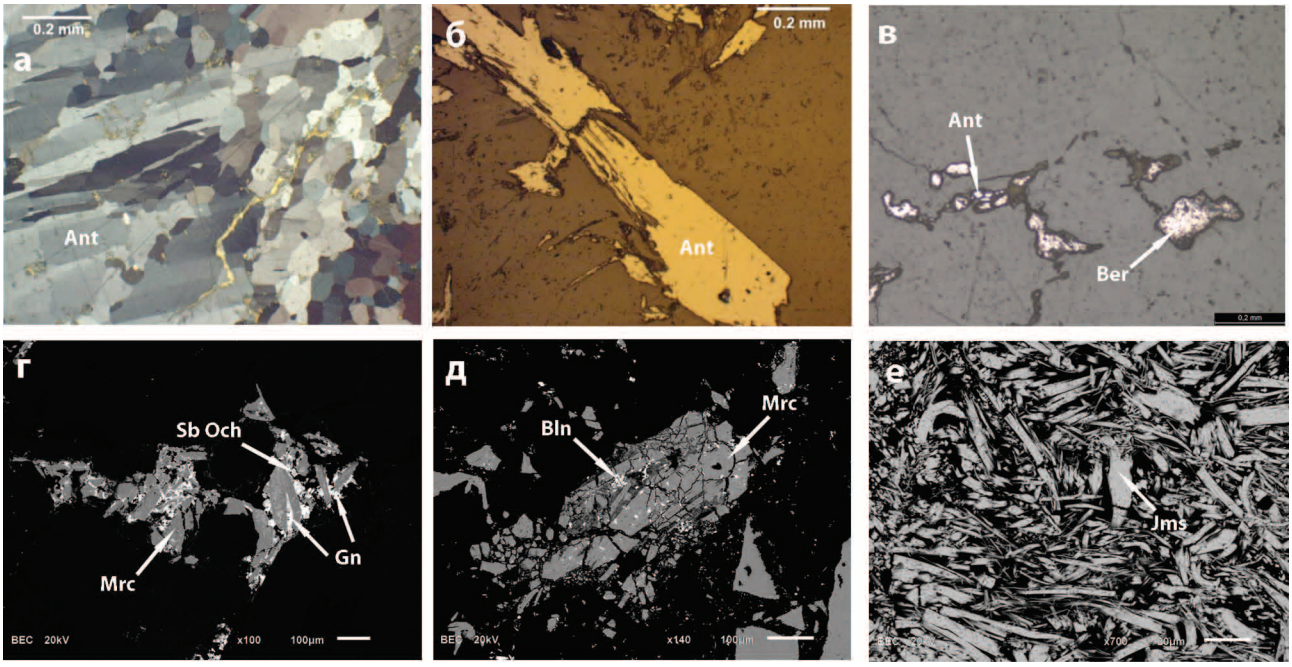


Рис. 3. Оптические (*а, б*) и BSE (*в–е*) изображения рудных минералов из рудопроявления Агихонкийо

а – массивный агрегат мелкозернистого антимонита; ***б*** – идиоморфные зерна антимонита в кварцевой матрице; ***в*** – антимонит в срастании с бертьеритом, заполняющий пустоты и каверны в массивном кварце; ***г*** – сурьмянистый марказит с мелкими вкраплениями буланжерита в кварцевой матрице; ***д*** – срастание марказита, сурьмяных оксидов и галенита в кварцевой матрице; ***е*** – джемсонит в кварцевой матрице

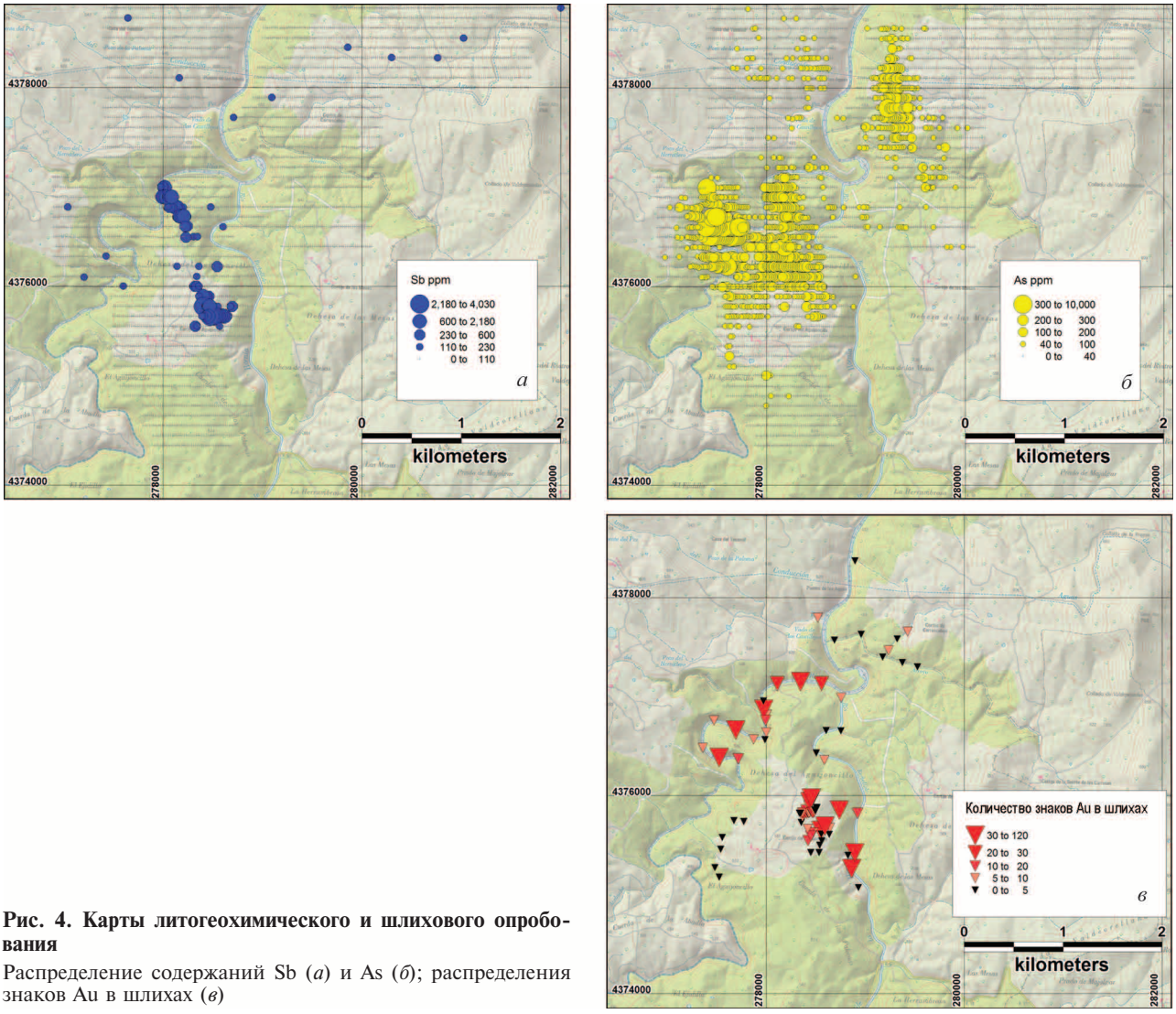


Рис. 4. Карты литогеохимического и шлихового опробования

Распределение содержаний Sb (*а*) и As (*б*); распределения знаков Au в шлихах (*в*)

изменения вмещающих сланцев очень слабые и преимущественно связаны с окварцеванием.

Результаты ААС выявили повышенные содержания золота лишь в двух образцах (7,75 и 1,42 ppm), причем для первого образца характерно наибольшее количество свинцовых минералов в руде по сравнению со всеми остальными. К сожалению, обнаружить видимое золото в руде под микроскопом и в ходе микрозондового анализа не удалось. Во время исследований, проведенных на участке Геологической службой Испании в 80-х годах, анализ ICP-AES минерализованных образцов показал максимальное содержание Sb 9,4 %, Au 4,8 и Ag 4 ppm [7].

Результаты литогеохимической съемки. Выявлены контрастные аномалии по сурьме и мышьяку с высокой степенью достоверности вследствие высокой густоты опробования. Сурьмяная аномалия тянется на 1,7 км в ССЗ направлении от проявления Агихонкийо (рис. 4, *а*) субсогласно простиранию складчатости вмещающих пород. Аренопирит явно более широко распространен на площади, и для пространственного распределения повышенного содержания мышьяка характерны два направления (рис. 4, *б*). Восточная часть мышьяковой аномалии полностью коррелирует с аномалией сурьмы, а западной части свойственно простирание СЗ-ЮВ. Наиболее высокие концентрации мышьяка (до 10 000 ppm) выявлены в месте обнаружения мощной жильно-прожилковой зоны с арсенопиритовой вкрапленностью, описанной выше, откуда аномалия тянется, постепенно затухая к юго-востоку, и пересекает сурьмяную аномалию в месте ее разрыва. Можно предположить, что западная часть мышьяковой аномалии отражает продолжение субширотной системы жил на восток, меняя направление вследствие изменения ландшафта.

Распределение свинца в почвах оказалось крайне неравномерным и не выявило контрастных аномалий в районе выработки.

Результаты шлихового опробования. В шлиховых концентратах преобладают циркон, анатаз, турмалин, оксидно-железистые фазы, шеелит, а также единичные знаки киновари. В среднем в шлихах от 10 до 30 зерен золота, в 7 пробах количество знаков золота от 50 до 120 (рис. 4, *в*). Большинство зерен самородного золота найдено в тонкой фракции до 0,5 мм, однако присутствуют и среднекрупные частицы размером 1–1,2 мм (5 %). Большинство крупных зерен находится в срастании с кварцем, мусковитом, серицитом и окислами сурьмы с различными примесями, в то время как мелкое золото в основном представлено свободными частицами.

По морфологии преобладают слабоокатанные комковидные зерна, а также кристаллоподобные выделения и их сростки. Часто встречаются слабоуплощенные зерна с завальцованными краями, хорошо окатанное и чешуйчатое золото. По химическому составу для большинства зерен характерно неоднородное содержание золота и серебра. Зоны обогащения серебром (более 20 %), как правило, небольшие, напоминают просечки и не выявляют определенной зональности (рис. 5, *а*). Золото на данном участке можно охарактеризовать как среднепробное с содержанием серебра от 5 до 15 %, также встречается и электрум (3 % зерен от общего количества) однородного состава, содержание Ag не превышает 25 %. Высокопробные каймы почти полностью отсутствуют, лишь в нескольких зернах электрума наблюдаются тонкие прерывистые зоны выщелачивания, что свидетельствует об очень незначительном переносе (рис. 5, *б*). При изучении химического состава в золоте были найдены также очень небольшие включения галенита и арсенопирита (рис. 5, *в*, *г*).

Для 7 % свободных частиц характерно губчатое строение (рис. 5, *д*), которое также почти всегда наблюдается в сростках с другими минералами (кроме кварца). Основу такой структуры составляет своеобразное ячеистое золото, в его ячейках располагается мелкозернистый бертьерит или окислы сульфоантимонитов свинца (рис. 5, *е*, *ж*). Губчатые агрегаты часто образуют прерывистые оторочки различной (0,05–0,3 мм) ширины около монолитного золота или сростки с ним. Образование губчатого или ячеистого золота может быть связано с коррозией самородного золота предшествовавшей генерации поздними гидротермальными растворами, содержащими сурьму, а также с гипогенным распадом ауростибита на золото + антимонит [4]. Окислы сурьмы могут развиваться и в зоне окисления по антимониту, находящемуся в субграфическом срастании с золотом, однако в одном из зерен было обнаружено включение ауростибита (рис. 5, *з*). В сумме эти факторы свидетельствуют о существовании на определенном этапе гидротермального процесса физико-химических условий, отвечающих возможностям кристаллизации ауростибита, для образования которого благоприятны слабокислые, нейтральные и щелочные растворы (pH 5–10) и восстановительная малосернистая обстановка. Ауростибит устойчив только при температурах выше 150 °С. В природе отложение ауростибита чаще всего реализуется за счет реакционного взаимодействия сурьмянистых малосернистых растворов с ранее отложившимся золотом [1].

Обсуждение результатов и выводы. При постановке работ на данном участке изначально предполагался наиболее простой кварц-антимонит-золотой парагенезис руд. Однако распространение галенита и сульфоантимонитов свинца (буланжерит, джемсонит), а также обнаружение включения ауростибита и срастаний субграфического (губчатого) золота с бертьеритом и окислами сульфосолей Sb и Pb дают основание предполагать более сложный парагенезис, включающий две различающиеся по физико-химическим условиям образования и составу минеральные ассоциации (раннюю кварц-золото-антимонитовую-бертьеритовую и позднюю кварц-сульфосольную с ауростибитом), пространственно связанные с рудопроявлениями группы Сан-Роке. Отдельно во времени имела место широко распространенная гидротермальная стадия отложения арсенопирита (скорее всего наиболее ранняя).

Подобная картина установлена для месторождения Мари Роса, расположенного также в Центрально-Иберийской зоне (в провинции Эстремадура), где минерализацию характеризуют три гидротермальные стадии: H1 – арсенопирит-пиритовая (кварцевые жилы, субсогласные со сланцеватостью); H2 – антимонит-золотая (наиболее значимые с коммерческой точки зрения жилы, секущие H1); H3 – пирит-пирротин-сфалерит-халькопирит-

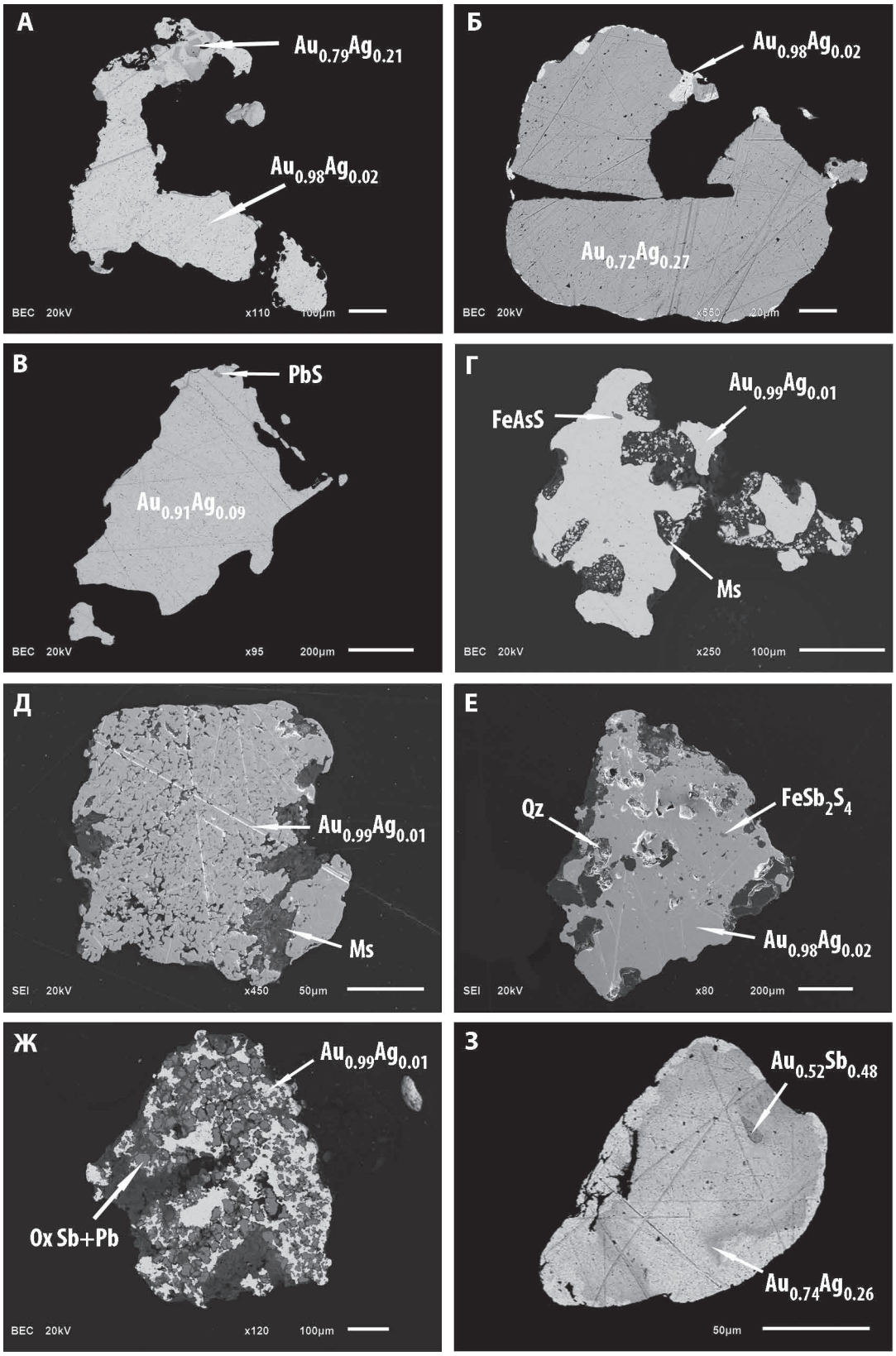


Рис. 5. BSE изображения зерен Au

а – частица Au с неоднородным содержанием; ***б*** – частица электрума с тонкой прерывистой высокопробной оторочкой; ***в*** – включение галенита в высокопробном золоте; ***г*** – включение арсенопирита в высокопробном золоте в срастании с мусковитом; ***д*** – губчатый агрегат Au в срастании с мусковитом; ***е*** – Au в срастании с кварцем и ячеистыми зонами, заполненными бертьеритом; ***ж*** – губчатый агрегат Au с окислами сульфоантимонитов свинца, заполняющих ячейки; ***з*** – каплевидное включение ауростибита в неоднородном низкопробном золоте

тетраэдрит-буланжерит-антимонитовая (рассеянные сульфиды в обоих жильных системах), а околорудные изменения вмещающих пород СГК проявлены в незначительной степени в виде хлоритизации, карбонатизации и серицитизации [10]. По мнению Л. Ортега [10], Мари Роса имеет метаморфогенный (арсенопиритовые жилы Н1) и метеорно-гидротермальный (стадии Н2, Н3) генезис, при этом не исключается и роль магматических растворов (кислый гранитный интрузив Альбукерке выходит на поверхность в 8 км от месторождения), возможно, привнесших сурьму и серу.

В мире существует ряд подобных Au-Sb месторождений (Карма в Боливии, Вест Гор в Канаде, Терек в Киргизии, Сентачан, Сарылах и др. в Якутии, Бужад в Марокко и др.), где в составе руд, кроме ранних золотоносных минеральных ассоциаций (золото-сульфидно-кварцевой и кварц-антимонит-бертьеритовой), проявлена поздняя ассоциация сурьмяных сульфосолей Pb, Cu, Bi, Ag [3]. Для руд этих месторождений характерно Au разной пробности (900–1000 и 890–750 ‰), отвечающее двум стадиям минералообразования, а корреляция между Au и Sb иногда почти отсутствует, и золотоносность линейно зависит от количества сурьмяных сульфосолей Cu, Pb в их составе [2].

По мнению А. А. Оболенского и др. [3], в подобных месторождениях первичная кварц-золото-(бертьерит)-антимонитовая ассоциация на большинстве месторождений формировалась при участии низкоконцентрированных (NaCl 10,2–0,4 мас.%) гидротермальных растворов сложного состава (CO_2, CH_4 и N_2) при температурах 389–129 °С, концентрациях солей (NaCl 8–2 мас.%) и давлениях (1,0–0,3 кбар), что соответствует результатам изучения флюидных включений, полученным Л. Ортега в ходе исследования минерализации Н2 на Мари Роса. Для этих рудообразующих растворов в обоих случаях предполагалось метаморфогенное происхождение, что согласуется с выводами П. Дж. Мерфи [9], сделанными при комплексном изучении и попытке классификации всех золоторудных месторождений Центрально-Иберийской зоны.

Появление среди антимонит-бертьеритовых руд Au-Sb месторождений минеральных парагенезисов, в состав которых входят аурoстибит, интерметаллиды Au и Sb, самородная сурьма, а также Pb, Cu-сульфосоли, объясняют воздействием на ранее сформированные минеральные ассоциации высокохлоридных концентрированных гидротермальных растворов поздней стадии [11].

Авторы благодарят геологоразведочную компанию Mineral Exploration Network Ltd. за предоставленные материалы. Исследования проведены при частичной финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности № 5.2115.2014/К на 2014–2016 гг.

1. *Гамянин Г.Н.* Условия нахождения и образования аурoстибита / Г.Н. Гамянин, И.Я. Некрасов, Ю.Я. Жданов, А.А. Конюшок, В.М. Суплецов // Записки ВМО. 1984. № 2. – С. 196–205.

2. *Индолев Л.Н.* Золото-антимонитовая рудная формация // Золоторудные формации и геохимия золота Верхояно-Чукотской складчатой области. – М.: Наука, 1975. – С. 154–178.

3. *Оболенский А.А.* Компьютерное термодинамическое моделирование переноса и отложения сурьмы и золота при формировании Au-Sb месторождений / А.А. Оболенский, Л.В. Гущина, А.С. Борисенко, А.А. Боровиков, П.А. Неволько // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 11. – С. 1227–1245.

4. *Парфёнов М.И.* Губчатое и «горчичное» золото в рудах золото-сурьмяного месторождения Туманное (Восточная Чукотка, Россия) // Доклады Федоровской сессии РМО. 2014. – С. 120–122.

5. *Apalategui O.* Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1 : 250 000. Instituto Geológico y Minero de España. Junta de Extremadura, 2007.

6. *Castro A.* Origin of peraluminous granites and granodiorites, Iberian massif, Spain: an experimental test of granite petrogenesis / A. Castro, A.E. Patiño Douce, L.G. Corretgé, J.D. de la Rosa, M. El-Biad, H. El-Hmidi // Contrib. Mineral. Petrol. 1999. Vol. 135. – P. 255–276.

7. *Gil Serrano G.* Mapa Geológico de España a escala 1 : 50 000. Hojas 14–28 Logrosan, 13–28 Madroñera. – Madrid: IGME, 1981.

8. *González F.J.* La mineralización de Cu-P-(Ni-Co) de la Mina La Favorita, Cabañas del Castillo-Berzocana (Cáceres) / F.J. González, A. Boixereu, J. Locutura, P. Gumiel, Rubí J.A. Martín // Macla. 2006. Vol. 6. – P. 241–243.

9. *Myrphy P.J., Roberts S.* Evolution of a metamorphic fluid and its role in lode gold mineralisation in the Central lberian Zone // Mineralium Deposita. 1997. Vol. 32. – P. 459–474.

10. *Ortega L., Oyarzun R., Gallego M.* The Mari Rosa late Hercynian Sb-Au deposit, Western Spain geology and geochemistry of the mineralizing processes // Mineralium Deposita. 1996. Vol. 31. – P. 172–187.

11. *Ribeiro A.* Central-Iberian zone: Introduction // Pre-Mesozoic Geology of Iberia / R.D. Dallmeyer (eds.). Berlín: Springer-Verlag, 1990. Pt. II, Chapt. 1. – P. 143–144.

12. *Talavera C., Montero P., Martínez Poyatos D., Williams I.S.* Ediacaran to Lower Ordovician age for rocks ascribed to the Schist-Graywacke Complex (Iberian Massif, Spain): Evidence from detrital zircon SHRIMP U-Pb geochronology // Gondwana Research. 2012. Vol. 22. – P. 928–942.

13. *Villaseca C.* Contrasting chemical and isotopic signatures from Neoproterozoic metasedimentary rocks in the Central Iberian Zone (Spain) of pre-Variscan Europe: implications for terrane analysis and Early Ordovician magmatic belts / C. Villaseca, E. Merino, R. Oyarzun, D. Orejana, C. Pérez-Soba, E. Chicharro // Precambrian Research. 2014. Vol. 245. – P. 131–145.

1. Gamyanin G.N., Nekrasov I.Y., Zhdanov Y.Y., Konyushok A.A., Suplecov V.M. Conditions of location and education aurostibite. *Zapiski VMO.* 1984. No 2, pp. 196–205. (In Russian).

2. Indolev L.N. Gold-antimonite ore formation. *Gold ore formations and Geochemistry of gold of the Verkhoyansk-Chukotka folded area.* Moscow: Nauka. 1975. P. 154–178. (In Russian).

3. Obolensky A.A., Gushchina L.V., Borisenko A.S., Borovikov A.A., Nevol'ko P.A. Computer thermodynamic modeling of the transport and deposition of Sb and Au during the formation of Au-Sb deposits. *Russian Geology and Geophysics.* 2009. Vol. 50, pp. 950–965. (In Russian).

4. Parfyonov M.I. Spongy and "mustard" gold of the Tumannoe gold-antimony deposit (Eastern Chukotka, Russia). *Reports of the Fedorov session of the pod.* 2014. P. 120–122. (In Russian).

5. Apalategui, O., Eguiluz, L., Florido, P., García Cortés, A., Gumiel, P., Boixereu, E., González, J., Locutura, J., Lopera, E., Tornos, F., Urbano, R., Fernández, C., Bel-lan, A., Martínez, S., Pérez Cerdán, F. *Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1:250,000.* Instituto Geológico y Minero de España. Junta de Extremadura; 2007.

6. Castro, A., Patiño Douce, A.E., Corretgé, L.G., de la Rosa, J.D., El-Biad, M., El-Hmidi, H. 1999: Origin of

peraluminous granites and granodiorites, Iberian massif, Spain: an experimental test of granite petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol., vol. 135.* 255–276.

7. Gil Serrano, G. *Mapa Geológico de España a escala 1:50,000.* Hojas 14–28 Logrosan, 13–28 Madroñera. Madrid: IGME; 1981.

8. González, F.J., Boixereu, A., Locutura, J., Gumiel, P., Martín Rubí, J.A. 2006: La mineralización de Cu-P-(Ni-Co) de la Mina La Favorita, Cabañas del Castillo-Berzocana (Cáceres). *Macla, vol. 6.* 241–243.

9. Myrphy, P.J., Roberts, S. 1997: Evolution of a metamorphic fluid and its role in lode gold mineralisation in the Central lberian Zone. *Mineralium Deposita, vol. 32.* 459–474.

10. Ortega, L., Oyarzun, R., Gallego, M. 1996: The Mari Rosa late Hercynian Sb-Au deposit, Western Spain geology and geochemistry of the mineralizing processes. *Mineralium Deposita*, *vol. 31.* 172–187.

11. Ribeiro, A. 1990: Central-Iberian Zone: Introduction. *In:* Dallmeyer, R.D. (ed.): *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, *Springer-Verlag, Berlin, pt. II, chapt. 1.* 143–144.

12. Talavera, C., Montero, P., Martínez Poyatos, D., Williams, I.S. 2012: Ediacaran to Lower Ordovician age for rocks ascribed to the Schist-Graywacke Complex (Iberian Massif, Spain): Evidence from detrital zircon SHRIMP U-Pb geochronology. *Gondwana Research, vol. 22.* 928–942.

13. Villaseca, C., Merino, E., Oyarzun, R., Orejana, D., Pérez-Soba, C., Chicharro, E. 2014: Contrasting chemical and isotopic signatures from Neoproterozoic metasedimentary rocks in the Central Iberian Zone (Spain) of pre-Variscan Europe: implications for terrane analysis and Early Ordovician magmatic belts. *Precambrian Research, vol. 245.* 131–145

Черемазова Екатерина Валерьевна – аспирант, Горный университет [1]. <kate@kareliangold.com>

Новоселов Константин Александрович – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Институт минералогии УрО РАН. Ильменский заповедник, г. Миасс, Челябинская обл., 456317, Россия. <const@ilmeny.ac.ru>

Светлова Юлия Леонидовна – аспирант, Горный университет [1]. <julia.svetlova7121994@mail.ru>

Cheremazova Ekaterina Valer'evna – Ph.D. Student, Mining University [1]. <kate@kareliangold.com>

Novoselov Konstantin Aleksandrovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Institute of Mineralogy UB RAS. Institute of Mineralogy, Miass, Chelyabinsk region, 456317, Russia. <const@ilmeny.ac.ru>

Svetlova Yuliya Leonidovna – Ph.D. Student, Mining University [1]. <julia.svetlova7121994@mail.ru>

[1] Санкт-Петербургский горный университет (Горный университет). 21-я линия, д. 2, Васильевский остров, Санкт-Петербург, 199106, Россия.
Saint-Petersburg Mining University (Mining University). 2, 21st Line, St. Petersburg, 199106, Russia.