



ВЕРТИКАЛЬНАЯ МИНЕРАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ САН-ФЕРНАНДО. КУБА

Д. ДЕ ЛА НУЭС КОЛОН^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

² Institute of Geology and Paleontology. (IGP). Cuba geological service
Via Blanca and Railroad Line. San Miguel del Padrón, Havana, Cuba

АННОТАЦИЯ

Из колчеданных месторождений в мире добывают 10—15% меди, цинка, свинца, значительное количество серебра, золота, кадмия, селена, олова, висмута и бария. В районе Центральной Кубы расположены колчеданные месторождения меди и цинка, содержащие попутные свинец, золото и серебро. Они локализованы в осадочно-вулканогенных породах свиты Лос-Пасос нижнего мела, которые считаются древнейшими проявлениями магматизма в островной дуге Карибского моря. Эти месторождения включают массивные сульфидные руды и относятся к вулканогенно-осадочным (VMS), распространенным в вулканогенных отложениях в Больших Антильских островах. Месторождение Сан-Фернандо является наиболее важным промышленным объектом. Оно сложено стратиформными залежами массивных, брекчиевых и вкрапленных сульфидных руд и халькопирит-пиритовыми штокверками, локализованными в покровых и туфах риолитов и дацитов. Линзовидные рудные тела залегают на трех уровнях и кулисообразно перекрываются. В предлагаемой статье показана вертикальная и латеральная минералого-геохимическая зональность месторождения Сан-Фернандо. Для ее выявления использованы ICP MS анализы 1075 рядовых геохимических проб, документация керна 65 разведочных скважин и рудной микроскопии 146 аншлифов. Фактические данные получены во время проведения современных (2009—2012 гг.) геологоразведочных работ с авторским участием. Главные рудные тела месторождения имеют чечевицеобразную форму. По рудоносным уровням по рудным шлифам оценена относительная распространенность халькопирита сфалерита, галенита, пирита и пирротина, которая сопоставлена с концентрациями Cu, Zn, Pb, Cd, Au и Ag. Анализ фактических материалов проведен в географо-информационной среде QGIS. Установлено распространение медных и цинково-медных руд на верхнем уровне месторождения и пиритовых руд на нижнем. Установленные геохимические закономерности в целом подтверждаются по распространенности главных рудных минералов халькопирита и сфалерита. Относительно независимое распределение золота и серебра в контурах концентраций Cu и Zn указывает на возможно наложенные процессы концентрации благородных металлов. В пределах наиболее продуктивных северо-восточного и юго-западного флангов месторождения минералого-химический анализ позволил выделить наибольшие концентрации полезных компонентов на двух глубинных уровнях: 60—85 и 125—160 м.

Ключевые слова: колчеданное месторождение Сан-Фернандо (Куба), геологическое строение, оруденение, сульфидные руды

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Де Ла Нуэс Колон Д. Вертикальная минеральная зональность колчеданного месторождения Сан-Фернандо. Куба. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2020;63(1):30—38. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-30-38>

VERTICAL MINERAL ZONALITY OF THE SAN FERNANDO VOLCANOGENIC MASSIVE SULPHIDE DEPOSIT, CUBA

DEYSY DE LA NUEZ COLON^{1,2}

¹ *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

² *Institute of Geology and Paleontology (IGP). Cuba geological service.
Via Blanca and Railroad Line, San Miguel del Padrón, Havana, Cuba*

ABSTRACT

From ten to fifteen percent of the global supply of copper, zinc and lead, as well as a significant amount of silver, gold, cadmium, selenium, tin, bismuth and barium are mined from massive sulphide deposits. Massive sulphide deposits of copper and zinc containing minor lead, gold and silver are located in the region of Central Cuba. These deposits are localised in sedimentary-volcanogenic rocks of the Lower Cretaceous Los Pasos Formation, which are considered the oldest manifestations of magmatism in the island arc of the Caribbean Sea. These deposits include massive sulphide ores and are referred to as volcanogenic massive sulphides (VMS), common among the volcanic deposits of the Greater Antilles. The San Fernando deposit is the most important industrial site featuring stratiform deposits of massive, breccia and disseminated sulphide ores and chalcopyrite-pyrite stockworks localised in the covers and tuffs of rhyolites and dacites. Lenticular ore bodies lie on three levels with an en-echelon overlapping. This article set out to indicate the vertical and lateral mineralogical-geochemical zonality of the San Fernando deposit using 1075 ICP MS analyses of ordinary geochemical samples, a core documentation of 65 exploratory wells and ore microscopy of 146 polished sections. Data for the study was obtained during 2009—2012 exploration work. The main ore bodies of the deposit are lenticular. The relative abundance of chalcopyrite, sphalerite, galena, pyrite, and pyrrhotite was estimated across ore-bearing levels using ore polished sections, which was compared with Cu, Zn, Pb, Cd, Au, and Ag concentrations. An analysis of the data was carried using the QGIS geographic information system. The distribution of copper and zinc-copper ores at the upper level, as well as pyrite ores at the lower level of the deposit, was established. The established geochemical regularities were generally confirmed by the prevalence of the main ore minerals — chalcopyrite and sphalerite. The relatively independent distribution of gold and silver in the Cu and Zn concentration contours indicates possible superimposed processes of noble metal concentration. According to the conducted mineralogical and chemical analysis, the highest concentrations of useful components were determined at two depth levels of 60—85 and 125—160 m within the limits of the most productive north-eastern and south-western flanks of the deposit.

Keywords: San Fernando volcanogenic massive sulphide deposit (Cuba), geological structure, mineralisation, sulphide ores

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: De La Nuez Colon D. Vertical mineral zonality of the San Fernando volcanogenic massive sulphide deposit, Cuba. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2020;63(1):30—38. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-1-30-38>

Месторождение медно-цинковых колчеданных руд Сан-Фернандо ранее считалось гидротермально-метасоматическим [2, 8]. По современным представлениям оно относится к вулканогенно-осадочным месторождениям (VMS) [1, 5]. Такие объекты широко распространены и включают минерализацию меди, цинка, золота и серебра. Они формировались в разнообразных геологиче-

ских эпохах и различаются по типу рудной минерализации, составу вмещающих пород и особенностям вулканизма, с которым связаны [4, 11].

Месторождение расположено в 13 км к северо-западу от города Маникарагуа в Центральной Кубе. Этот объект периодически эксплуатировался различными испанскими, английскими, североамериканскими и кубинскими компаниями с момента

его открытия в 1827 году до окончательного закрытия в 1961 году. Общий объем добычи рудника оценивается от 100 000 до 200 000 тонн руды при среднем содержании 3,4% Cu и 6% Zn, извлеченных из подземного рудника глубиной 123 м [1].

В период 2009—2012 гг. на месторождении проведены геологоразведочные работы с использованием бурения, в результате которых его площадь была расширена. В этой связи актуальным становится выяснение закономерностей локализации богатых руд и рудной вертикальной зональности месторождения. Этому посвящена представленная работа.

Фактический материал и методы исследования

В основу работы положены материалы недавних геологоразведочных работ, проведенных на месторождении Сан-Фернандо, в которых автор принимал непосредственное участие, изучая коренные обнажения и проводя лабораторные исследования. Изучен керн 65 скважин, описано 146 аншлифов и проведен анализ элементного состава руд по 1075 пробам [3]. Анализы выполнены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS). Подготовка проб и большая часть анализов выполнена в Центральной лаборатории Хосе И. дель Коррала на Кубе.

Минералогические и геохимические пробы привязаны по площади и глубине. В каждом аншлифе определено содержание халькопирита, сфалерита, пирита и пирротина. Учтено присутствие более 5% того или иного минерала. По процентному содержанию этих минералов и концентрациям Cu, Zn, Pb, Cd, Au и Ag составлена база данных. Она использована в геоинформационном проекте, созданном в программном комплексе Quantum GIS (QGIS 3.9).

Для построения карт изоконцентраций элементов при интерполяции использован метод обратно взвешенных расстояний OBP (IDW). По нему значения оцениваются посредством усреднения значений по точкам рядом с каждой обрабатываемой ячейкой. Чем ближе точка находится к центру ячейки, тем больше влияния или информационного веса она имеет в процессе усреднения.

Геологическое строение месторождения Сан-Фернандо

Рудоносная зона Сан-Фернандо находится в нижней части свиты Лос-Пасос, которая отнесена к готеривскому ярусу мела. Свита сложена в нижней части туфобрекчиями и лапиллиевыми туфами риолитов, сменяющимися вверх по разрезу

кремнистыми породами, туфами андезитодацитов и риолитадацитов. Верхняя часть свиты Лос-Пасос представлена порфиоровыми риолитами, туфами риолитов и андезитобазальтов, андезитами, риолитовыми лавобрекчиями и базальтовыми покровами. Она с несогласием перекрыта базальтами и андезитами с силлами габбро свиты Матагуа ($K_1—K_2$) [5, 6, 7, 9, 10, 12].

Перекрывающие вулканические покровы Матагуа имеют запад-северо-западное простирание с азимутом 110° и север-северо-восточное падение с углами от 45° до 75° . Рудоносная толща интродуцирована крутопадающими послерудными дайками и субвулканическими телами диоритов. В интрузивных породах оруденения нет.

Рудные тела сопровождаются широкими ореолами метасоматической хлоритизации и пиритизации. Присутствуют локальные зоны кварц-серцитовых с пиритом метасоматитов. Во всей рудовмещающей вулканогенной толще встречаются пластовые тела баритовой минерализации.

По большей части согласные с туфами и риолитами рудные тела залегают полого и нарушены северо-западными и северо-восточными крутопадающими разломами. Их пострудный возраст устанавливается по смещениям линзовидных сульфидных рудных тел с массивной и слоистой текстурой руд, а также резким контактам рудного штокверка и слабо измененных риодацитов [1, 12].

Вещественный состав руд

Линзовидные и штокверковые рудные тела сложены сульфидными рудами с массивными, слоистыми, брекчиевыми, вкрапленными и прожилковыми текстурами. Широко распространены пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, тетраэдрит, теннантит, борнит, марказит и арсенопирит. В виде мелких прожилков и вкраплений отмечаются самородное золото, электрум, аргентит и гессит. Минерализация благородных металлов слагает прожилковую зону (stringer zone).

На месторождении распространены три типа руд: цинково-медные, медные и пиритовые [2, 3, 8]. Преобладают цинково-медные руды, преимущественно встречающиеся в туфах и лавобрекчиях. В них минимальное содержание цинка 0,7%, достигая 41,20%. Вторым компонентом является медь, содержание которой в рудах от 0,5 до 13,50%. В западном направлении густо вкрапленные, пятнистые и прожилковые цинково-медные руды сменяются редко вкраплениями. Структуры руд: порфиоровая, гипидиоморфно-зернистая, аллотриоморфно-зернистая,

коррозионная и замещения. В таких рудах наиболее распространены сфалерит, халькопирит и пирит, редко встречаются галенит, тетраэдрит, арсенипирит, пирротин и борнит. Жильные минералы: кварц, серицит и хлорит.

Медные руды локализованы в порфировых андезиодацитах. Минимальное содержание меди 3%, достигая 14,4%. Характерными минералами являются халькопирит и пирит, реже тетраэдрит и сфалерит. Жильные минералы также представлены кварцем, серицитом и хлоритом. Характерными текстурами являются массивные, густо вкрапленные и пятнистые. Структурны аллотриоморфно-зернистая, коррозионная и цементная.

Пиритовые руды сосредоточены в нижних горизонтах месторождения. Пирит является компонентом руд с содержаниями от 2 до 80%, реже появляются марказит, сфалерит, халькопирит, тетраэдрит и галенит. Содержание Zn <0,5% и Cu 0,5% низкие. Преобладающими текстурами являются вкраплен-

ная и прожилковая. Структуры идиоморфно-зернистые и аллотриоморфно-зернистые.

Пирит представлен различными морфологическими разновидностями в связи с большей или меньшей степенью раскристаллизации. В рудах характерны идиоморфные кристаллы, иногда таблитчатые. В некоторых случаях наблюдается колломорфный пирит-мельниковит в халькопирите. Пирротин и марказит слагают неправильные выделения и ассоциируют с пиритом. Халькопирит слагает аллотриоморфно-зернистую структуру и встречается в виде эмульсионных выделений в сфалерите. Сфалерит (марматит) цементирует пирит, контактирует с тетраэдритом и халькопиритом. Тетраэдрит находится в сростании с халькопиритом и сфалеритом; иногда он включен в последний. Галенит присутствует в виде аллотриоморфных зерен. Ковеллин замещает пирит, сфалерит и борнит. Гессит находится в небольших включениях в халькопирите и пирите.

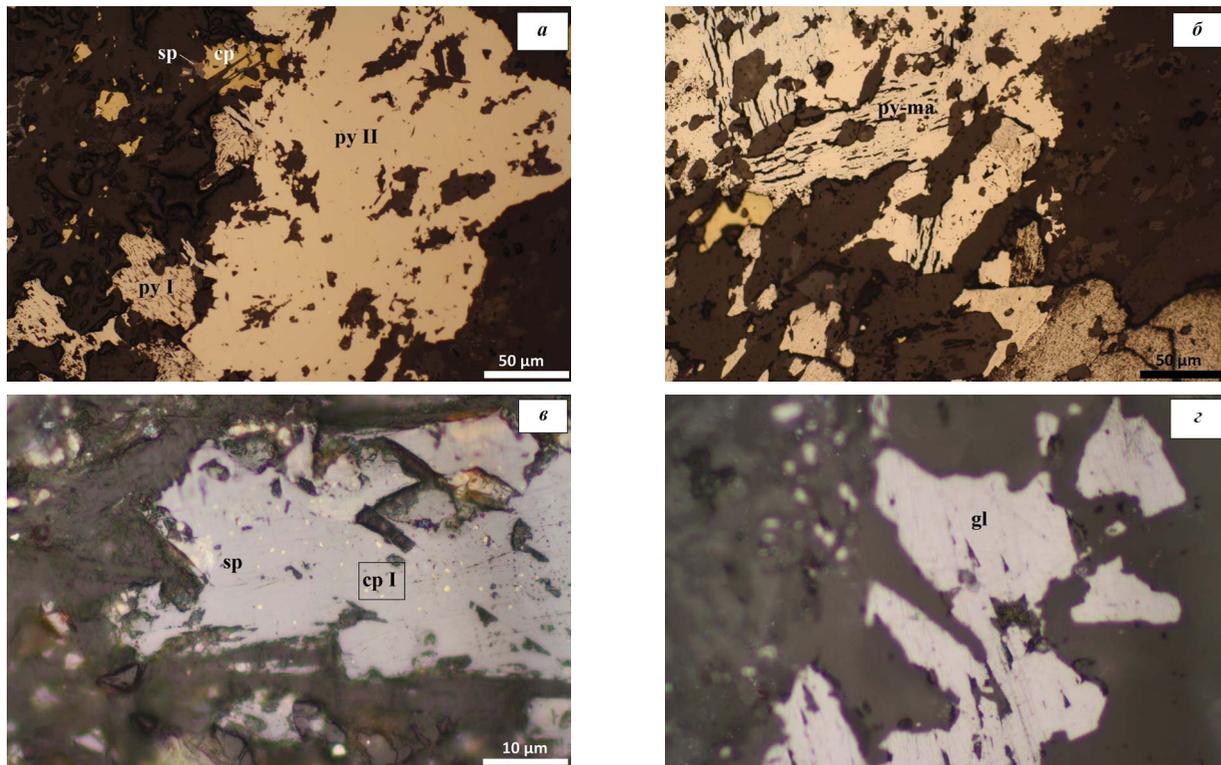


Рис. 1. Типичные структуры и минеральные ассоциации колчеданных руд месторождения Сан-Фернандо. а — разновидности пирита с большей или меньшей степенью кристаллизации; б — таблитчатые и колломорфные выделения пирит-марказита; в — сфалерит с включениями халькопирита; г — аллотриоморфно-зернистая структура галенита; py — пирит; cp — халькопирит; py-ma — пирит-марказит; sp — сфалерит; gl — галенит

Fig. 1. Typical textures and mineral associations of pyrite ores from the San Fernando deposit: а — pyrite varieties with a greater or lesser degree of crystallization; б — tabular and collomorphic secretions of pyrite-marcasite; в — sphalerite with inclusions of chalcopyrite; г — allotriomorphic-grained structure of galena. Abbr.: py: pyrite; cp: chalcopyrite; py-ma: pyrite-marcasite; sp: sphalerite; gl: galena

ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

Золото, электрум и аргентит слагают мелкие включения и микропрожилки в пирите и халькопирите.

Типичные структуры руд и минеральные ассоциации показаны на микрофото (рис. 1).

На месторождении Сан-Фернандо установлены три стадии гидротермального рудообразования и гипергенная минерализация (рис. 2).

Закономерности распределению рудной минерализации

Основные запасы руд месторождения сосредоточены на трех уровнях, на которых расположены линзовидные кулисообразно залегающие залежи. На верхних уровнях преобладают цинково-медные руды, на нижнем — медные (рис. 3).

Для определения позиции минерализованных зон в разрезе составлены колонки по каждой разведочной скважине. По этим данным построен приведенный выше продольный профиль, построенный по простиранию рудных тел, пересекающий месторождение с юго-запада на северо-восток.

Руды Сан-Фернандо соответствуют базальтоидным субмаринным колчеданным месторождениям,

для которых типоморфными являются концентрации, Pb, Zn, Cu, Cd, Ag и Au [2]. В данном случае для анализа использованы аналитические материалы по Cu, Zn, Ag и Au, которые представляют наибольший экономический интерес.

По каждой скважине составлено распределение рудных и попутных компонентов и рудных минералов, определены средние значения по рудоносной зоне. Для выделения рудно-геохимических аномалий учитывались содержания, превышающие концентрации $Cu \geq 0,5\%$; $Zn \geq 0,5\%$; $Ag \geq 1 \text{ ppm}$; $Au \geq 0,5 \text{ ppm}$.

Согласно указанной методике интерполяции по средним значениям построены карты изоконцентраций для каждого элемента (рис. 4).

Основные скопления полезных компонентов сосредоточены на северо-востоке и, в меньшей мере, на юго-западе площади. Видна конформность распределения Cu и отчасти Zn, также частично Zn, Ag Au, и относительно независимое распределение Au и Ag. По серебру и золоту совпадений больше. Возможно, это предопределено наложенными на сульфидные руды процессами благороднометалльной минерализации.

Рудные минералы	Стадии гидротермального этапа			Этап выветривания
	I	II	III	
Пирит	—————	—————	- - - - -	
Марказит		—————		
Тетраэдрит		—————		
Сфалерит			—————	
Галенит			—————	
Халькопирит		—————	—————	
Борнит			—————	
Пирротин		—————		
Арсенопирит		—————		
Элекструм			—————	
Гесит			—————	
Ковеллин				—————
Гетит				—————
Лимонит				—————
Текстуры и структуры руд	Вкрапленная, массивная, прожилковая	Вкрапленная, массивная, прожилковая, пятнистая	Вкрапленная, массивная, прожилковая	Рыхлая, прожилковая, каркасная

1 ————— 2 ————— 3 —————

Рис. 2. Схема последовательности минералообразования месторождения Сан-Фернандо. 1 — главные минералы; 2 — сопутствующие минералы; 3 — редкие минералы

Fig. 2. The sequence of mineral formation of the San Fernando deposit. 1 — main minerals; 2 — related minerals; 3 — rare minerals

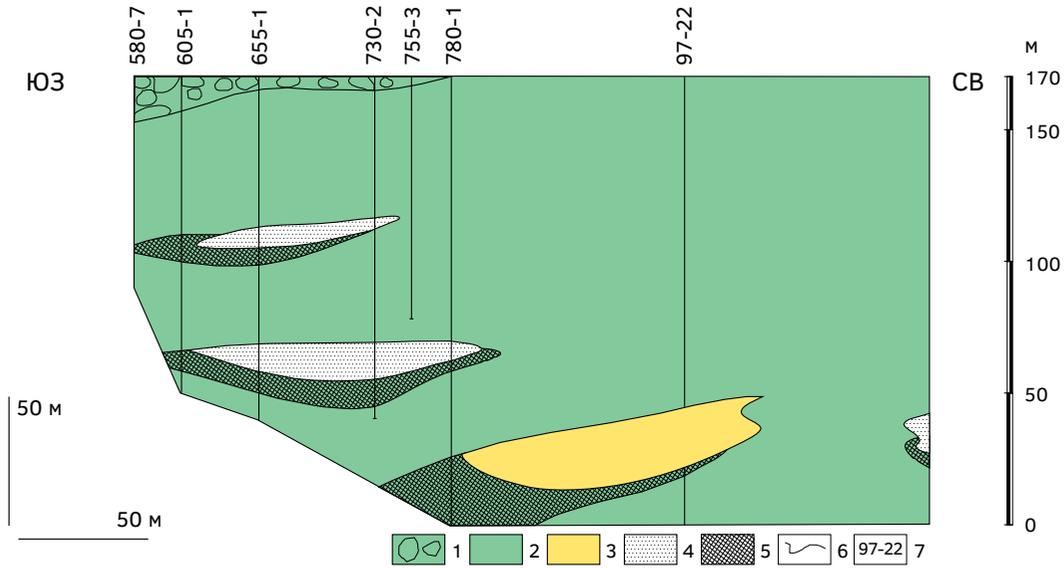


Рис. 3. Продольный разрез месторождения Сан-Фернандо. 1 — железная шляпа; 2 — вулканогенные породы свиты Лос-Пасос; 3 — медные руды; 4 — цинково-медные руды; 5 — пиритовые руды; 6 — контуры рудных тел; 7 — разведочные скважины

Fig. 3. Longitudinal section of the San Fernando deposit. 1 — iron hat; 2 — volcanic rocks of the Los Pasos Formation; 3 — copper ore; 4 — zinc-copper ore; 5 — pyrite ore; 6 — contours of ore bodies; 7 — exploratory wells

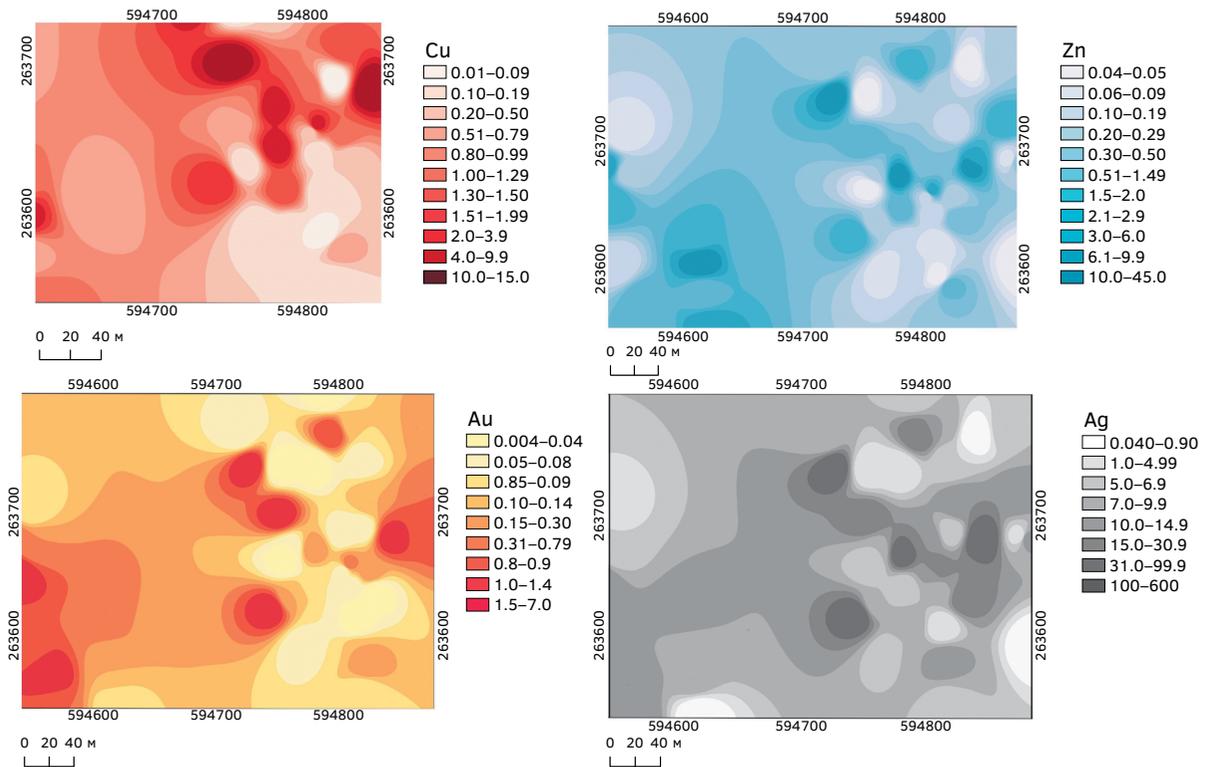


Рис. 4. Карты изоконцентраций Cu, Zn, Au и Ag по средним значениям на весь рудоносный интервал месторождения Сан-Фернандо

Fig. 4. Maps of isoconcentrations of Cu, Zn, Au and Ag according average values for the entire ore-bearing interval of the San Fernando deposit

Установленные геохимические закономерности в целом подтверждаются по распространённости главных рудных минералов халькопирита и сфалерита (рис. 5).

Судя по представленной карте, самые высокие концентрации халькопирита и сфалерита, во-первых, по большей части совмещаются в плане. Во-вторых, они сосредоточены, как и по геохимическим данным, на северо-востоке и юго-западе территории.

Важно отметить, что как по геохимическим данным, так и рудной микроскопии выделились два интервала глубин концентрации руд: 60—85 и 125—160 м.

Выводы

Проведенный анализ вещественного состава колчеданных руд наиболее крупного в Центральной Кубе месторождения Сан-Фернандо, распространённости в пределах рудовмещающей вулканогенной тощи концентраций главных и попутных компонентов и главных рудных сульфидных минералов позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, известные на месторождении медные, цинково-медные и пиритовые типы руд имеют схожие минеральный состав, текстуры и структуры, но отличаются количественными параметрами рудных минералов и элементного состава.

Во-вторых, установлена вертикальная минералого-геохимическая зональность, выражающаяся в преимущественном распространении внизу пиритовых руд, выше медных и вверху цинково-медных.

В-третьих, в пределах рудовмещающей пачки туфов и лавобрекчий риолитов выделено три линзовидные рудные залежи, в основании каждой из которых распространены пиритовые руды.

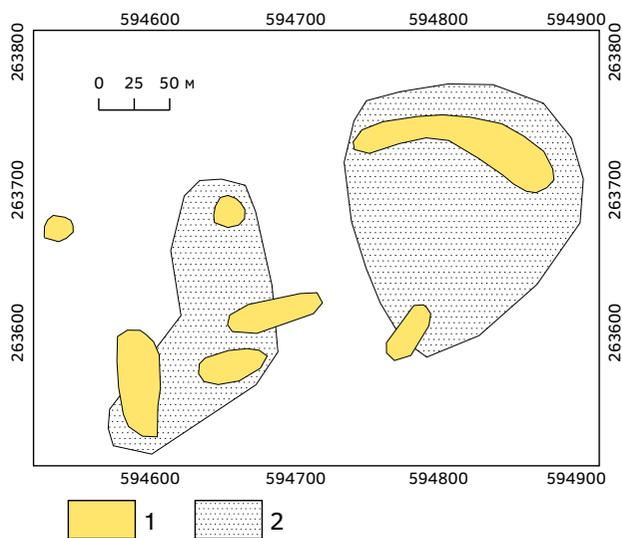


Рис. 5 Схема распределения скоплений халькопирита (1) и сфалерита (2) на месторождении Сан-Фернандо

Fig. 5. Distribution of chalcopyrite accumulations (1) and sphalerite (2) in the San Fernando deposit.

В-четвертых, по составленным в ГИС-среде картам изоконцентраций рудных элементов и соотношению халькопирита и сфалерита в пределах изученной площади размером 3 км² выявлены основные скопления Cu, Zn, Au и Ag, расположенные на ее юго-западе и северо-востоке.

В-пятых, относительно независимое распределение золота и серебра в контурах концентраций Cu и Zn указывает на возможно наложенные процессы концентрации благородных металлов.

В-шестых, установленные места скопления полезных компонентов в плане и по глубине следует учесть при продолжении геологоразведочных работ на месторождении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальардо Эупиерье Э., Родригес Г. и др. Геологическое обобщение и металлогенический прогноз свита Лос-Пасос. 2002. 148 с. (на Кубе, неопубликованный).
2. Гаспар О.К. Микроскопия и петрология руд применительно к генезу, разведке и минералургии массивных сульфидов пласта и месторождений Невес-Корво // Исследования, заметки и труды. 1996. № 38. С. 3—195.
3. Де ла Нуэс Колон Д., Санта Крус Пачеко М., Агирре Гильот Г., Толедо С. и др. Атлас металлических руд Кубы // Институт геологии и палеонтологии. Гавана, Куба. 2015. С. 20—22. ISBN 978-959-7117-64-3.
4. Дергачев А.Л. Эволюция вулканогенного колчеданообразования в истории Земли: Автореф. Дис. ... д-ра геол.-минер. наук. М.: МГУ, 2010. 58 с.
5. Диас Де Вильяльвиля Л., Санта Крус Пачеко М. и др. Изучение меловых магматических последовательностей Центральной Кубы и их связь с золотой минерализацией (Cu, Zn, Pb, Au и Ag) // Кубинская система классификации горных пород. 2014. С. 64—118. ISBN: 978-959-7117-209. CNDIG.IGP / SGC.
6. Итурральде-Винент (ред.). Сборник геологии Кубы и Карибского бассейна / 2-е изд. DVD-ROM. Гавана, Куба: Редакция CITMATEL, 2012.

7. Кэслэр С.Э. и др. Эпоха Камагуэйского золотосеребряного округа, Куба: тектоническая эволюция и сохранение эпипермальной минерализации в вулканических дугах // Экономическая геология. 2004. Т. 99 (5). С. 869. <http://dx.doi.org/10.2113/gsecongeo.99.5.869>
8. Лаверов Н.П., Бугельский Ю.Ю., Васкес О., Григорьев И.И. и др. Рудные месторождения Кубы. М.: Наука, 1985. 245 с.
9. Рохас-Аграмонтэ Я., Крөнэр А., Гарсиа-Каско А., Сомин М., Итурральде-Винент М., Маттинсон Х. М. и др. Время и эволюция мелового островного дугового магматизма на Центральной Кубе: значение для истории дуговых систем на северо-западе Карибского бассейна // Журнал геологии. 2011. Т. 119, № 3. С. 619—640. <https://doi.org/10.1086/662033>
10. Станэк К.П., Марэсч В.Б., Пиндэй Х.Л. Геотектоническая история северо-западной ветви Карибской дуги: выводы из структурных и геохронологических данных Кубы // Лондон: Геологическое общество. Специальные публикации. 2009. Т. 328, № 1. С. 361—398.
11. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых: Учебник для высшей школы. М.: Академический Проект, 2004. 512 с. ISBN 5-8291-0656-6.
12. Торро Л., Проэнса Х.А., Мэльгарэхо Х.К., Альфонсо П., Фаррэ Дэ Пабло Х., Коломер Х.М. и др. Характеристика минералогии, геохимии и изотопов серы в нижнемеловых меловых отложениях Серо-де-Кросс-Маймон (Доминиканская Республика), Сан-Фернандо и Антонио (Куба): формирование при инициации субдукции протокарибской литосферы в пределах переднего края // Обзоры руды. 2016. № 72. С. 794—817.
13. https://www.academia.edu/32613557/5_Torr%C3%B3_et_al_2016_OGR_VMS_DR_and_Cuba.pdf

REFERENCES

1. Gallardo Eupierre E., Rodriguez G.I., et al. *Geological generalization and metallogenic forecast is the Los Pasos formation. Final report.* 2002, 148 p. (In Cuba, unpublished).
2. Gaspar O.C. Microscopy and petrology of ores applied to the genese, exploration and mineralurgy of the massive sulphides of the reservoir and Neves-Corvo deposits. *Studies, Notes and Works*, 1996, no. 38, pp. 3—195.
3. De la Nuez Colon D., Santa Cruz Pacheco M., Aguirre Guillot G., Toledo C., et al. *Atlas of metallic ores of Cuba.* Havana, Cuba, Institute of Geology and Paleontology, 2015, pp. 20—22. ISBN 978-959-71117-64-3.
4. Dergachev A.L. *The evolution of volcanogenic pyrite formation in the history of the Earth: Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences.* M., Moscow State University, 2010, 58 p. (In Russian).
5. Diaz de Villalvilla L., Santa Cruz Pacheco M., et al. The study of the Cretaceous magmatic sequences of Central Cuba and its relationship with the gold mineralization (Cu, Zn, Pb, Au and Ag). *Cuban rock classification system*, 2014, pp. 64—118. CD-ROM ISBN: 978-959-71117-209. CNDIG.IGP /SGC.
6. Iturralde-Vinent (editor). *Compendium of Geology of Cuba and the Caribbean* // Second edition. DVD-ROM. Havana, Cuba, Editorial CITMATEL, 2012.
7. Kesler S.E. et al. Age of the Camaguey Gold-Silver District, Cuba: Tectonic Evolution and Preservation of Epithermal Mineralization in Volcanic Arcs. *Economic Geology*, 2004, vol. 99, no. 5, p. 869. <http://dx.doi.org/10.2113/gsecongeo.99.5.869>
8. Laverov N.P., Buguel'sky Y.Y., Vazquez O., Grigorieva I.I., et al. *Ore deposits of Cuba.* Moscow, Science, 1985, 245 p. (In Russian).
9. Rojas-Agramonte Y., Kröner A., García-Casco A., Somin M., Iturralde-Vinent M., Mattinson J. M., et al. Timing and Evolution of Cretaceous Island Arc Magmatism in Central Cuba: Implications for the History of Arc Systems in the Northwestern Caribbean. *The Journal of Geology*, 2011, vol. 119, no. 6, pp. 619—640.
10. Stanek K.P., Maresch W.V. and Pindell J.L. The geotectonic story of the northwestern branch of the Caribbean Arc: implications from structural and geochronological data of Cuba. *Geological Society, London, Special Publications*, 2009, vol. 328, no. 1, pp. 361—398.
11. Starostin V.I., Ignatov P.A. Geology of minerals. Textbook for high school. Academic Project, 2004. 512 p. ISBN 5-8291-0656-6. (In Russian).
12. Torró L., Proenza J.A., Melgarejo J.C., Alfonso P., Farré de Pablo J., Colomer J.M., et al. Mineralogy, geochemistry and sulfur isotope characterization of Cerro de Cross maim?n (Dominican Republic), San Fernando and Antonio (Cuba) lower J cretaceous VMS deposits: Formation during subduction initiation of the proto-Caribbean lithosphere within a fore-arc. *Ore Geology Reviews*, 2016, no. 72, pp. 794—817.
13. https://www.academia.edu/32613557/5_Torr%C3%B3_et_al_2016_OGR_VMS_DR_and_Cuba.pdf

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Де Ла Нуэс Колон Д. — внесла основной вклад в разработку концепции статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

De La Nuez Colon D. developed the article concept, prepared the text, approved the final version of the article and accepted the responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

Де Ла Нуэс Колон Дэйси — стажер кафедры геологии месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». Исследователь Геологического института Кубы. 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
Via Blanca and Railroad Line. San Miguel del Padrón. Havana. Cuba
e-mail: deysydelanuez2015@gmail.com
тел.: +7 (985) 647-63-68
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7003-2556>

Deisy De La Nuez Colon — intern at the Department of Geology of Mineral Deposits Department of Mineral Deposits, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
Researcher, Institute of Geology and Paleontology. (IGP). Cuba Geological Service
23, Miklukho-Maklay str., Moscow 117997, Russia
Via Blanca and Railroad Line. San Miguel del Padrón. Havana. Cuba
e-mail: deysydelanuez2015@gmail.com
tel.: +7 (985) 647-63-68
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7003-2556>