

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»



На правах рукописи

ДЕ ЛА НУЭС КОЛОН ДЭЙСИ

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ВОПРОСЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ САН ФЕРНАНДО И ДРУГИХ КОЛЧЕДАННЫХ
ОБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КУБЫ**

Специальность 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твердых
полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: Игнатов Петр Алексеевич
доктор геолого-минералогических наук

Москва – 2021

Работа выполнена на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых в ФГБОУ ВО «Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ).

Научный руководитель:	Игнатов Петр Алексеевич доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Российский Государственный Геологоразведочный Университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ)
Официальные оппоненты:	Волков Александр Владимирович доктор геол.-мин. наук, главный научный сотрудник Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН).
	Кузнецов Владимир Вениаминович кандидат геол.-мин. наук, зав. лабораторией цветных металлов ФГБУ ЦНИГРИ
Ведущая организация:	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский Университет Дружбы Народов» (РУДН)

Защита диссертации состоится «23» сентября 2021 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета 24.2.364.02 при ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ) по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, зал диссертационных советов (каб. 4-73).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на сайте Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ) по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, <http://mgri.ru/>

Автореферат разослан «__» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.121.04


Ганова С.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Из колчеданных месторождений получают до 10 – 15% мировой добычи меди, цинка, свинца и значительные количества серебра, золота, кадмия, селена, олова, висмута, бария и других элементов. Они формировались в разные геологические эпохи [Дергачев, 2010]. В ряде районов известны золотоносные колчеданные месторождения и совмещенные колчеданные и собственно золоторудные объекты.

В настоящее время для Кубы особый интерес представляет выявление промышленных месторождений золота. Предлагаемое исследование посвящено оценке золотоносности зоны вулканических сводов мелового и палеогенового возрастов. В меловой дуге известны две группы накоплений благородных металлов: колчеданные месторождения Zn-Cu в Центральной Кубе и эпитермальные Au-Ag объекты в Восточной Кубе. В работе рассмотрены колчеданные месторождения Центральной Кубы

Цель и задачи исследований. *Целью* настоящего исследования является установление закономерностей размещения концентраций золота в месторождении Сан-Фернандо и других колчеданных месторождениях Центральной Кубы, а также выявление геологических, петрологических, минералогических и геохимических характеристик этого месторождения и других для того, чтобы установить закономерности концентраций золота и серебра.

Основные *задачи* исследования сводятся к следующему.

- Изучить минеральный состав, текстуры и структур руд, составить схему последовательности рудообразования различных типов сульфидных руд месторождения Сан-Фернандо и диагностировать в них минералы золота.
- Выявить минералого-геохимическую зональность медно-цинкового колчеданного месторождения Сан-Фернандо.
- Выделить в пределах месторождения Сан-Фернандо. участки перспективные на скрытое золотое оруденение.
- Установить сходства и отличия колчеданных месторождений Центральной Кубы для установления региональной металлогенической зональности и оценки золотоносности месторождений.
- Дополнить представления о генезисе массивных и прожилково-вкрапленных руд сульфидных месторождений Центральной Кубы.
- Сравнить колчеданные месторождения Центральной Кубы с аналогичными объектами в других золотоносных провинциях и странах для оценки перспектив золотого оруденения.

Фактический материал и личный вклад автора. В основу работы положены материалы геологоразведки, проведенной на месторождениях Сан-Фернандо, Индэпэндэнсия, Антонио и Лос-Серрос, в которой автор принимала участие, осуществляя полевые и лабораторные работы.

Отбор проб проводился автором из рудных тел, околорудных метасоматитов и вмещающих пород, в основном из керна разведочных скважин и естественных обнажений.

Количество образцов, использованных для исследований на

месторождениях Сан-Фернандо, Индэпэндэнсия, Антонио и Лос-Серрос приведено в таблице 1. Изучен керн 65 скважин, описано 146 аншлифов и проведен анализ элементного состава руд по 1075 пробам.

Таблица 1. Фактическая основа характеристик минерального состав руд колчеданных месторождений Центральной Кубы

№	Месторождение	Рудные минералы	Жильные минералы	Фактическая основа
1	Сан-Фернандо	Пирит Сфалерит Халькопирит Галенит Тетраэдрит Пирротин Электрум Гессит	Кварц, серцит и хлорит	65 скважины, 146 аншлифов, элементный состав 1075 проб
2	Антонио			Две скважины и три образца из обнажения (7 аншлифов), элементный состав 33 проб
3	Индэпэндэнсия			Две скважины и 5 образцов из обнажения (9 аншлифов), элементный состав 7 проб
4	Лос-Серрос			Три скважины, 7 образцов с поверхности (10 аншлифов), элементный состав 7 проб

По рудопроявлениям Бока-дель-Торо и Эль-Соль использованы материалы геологических отчетов из архивов Национального управления минеральных ресурсов Кубы.

Методы исследований. Исследованная коллекция основана на изучении керна скважин и штуфов из обнажений, предназначенных для минералогических, петрографических исследований, химического и электронно-зондового микрорентгеноспектрального анализов. Элементный анализ проведен 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. Минералогическая диагностика проведена методами рудной микроскопии на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых МГРИ.

Минералогические и геохимические пробы привязаны по каждой скважине по площади и глубине. В каждом аншлифе определено процентное 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 геонформационном проекте, созданном в программном комплексе Quantum GIS (QGIS 3.9).

Для построения карт изоконцентраций элементов при интерполяции использован метод обратно взвешенных расстояний по точкам рядом с каждой обрабатываемой ячейкой, чем ближе точка находится к центру ячейки, тем

большее влияние или информационного веса она имеет в процессе усреднения. По редким, редкоземельным, рассеянными и радиоактивным элементам (Ta, Zr, Hf, Mo, Sn, Ti, Pb, U, Th, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Y, Nb, Li, Rb, Cs, Be, Sr, Ba, Sc, V, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) для классификации VMS была составлена база данных, которая проанализована с использованием программного продукта Geochemical Data toolkit (GCDkit 4.1).

Электронно-зондовые микрорентгеноспектральные анализы (на 8 образцах было проведено 36 анализов) выполнены на приборе TESCAN 5130 SB с вольфрамовой нитью и системой высокого вакуума, способной обеспечивать полезное увеличение более чем в 150 000 раз с разрешением частиц порядка 3 нм с помощью детекторов вторичного и обратного рассеяния электронов. Подготовка анализов выполнена в Научно-исследовательском центре горно-металлургической промышленности (CIPIMM) на Кубе. Геохимические связи рудных компонентов установлены методом многомерного статистического корреляционного анализа в программном комплексе statistica.

Для анализа геологических структур Центральной Кубы в геоинформационной среде QGIS 3.9. к геологической и тектонической картам были дополнительно привлечены данные имеющихся карт аэромагнитной и аэрогамма-спектрометрических съемок. Использованы магнитные данные в формате GRID, в соответствующей базе данных BD MAG-IGP / 2011 с параметром AT., масштаб съемки 1:50 000. Результаты интерпретации и систематизации использованы у Mondelo y Sánchez [2011].

Научная новизна. В результате проведенных исследований получены новые данные по геологическому строению месторождения Сан-Фернандо, района Центральной Кубы и условиям локализации цинково-медной колчеданной и золотой минерализации в свите Лос-Пасос.

1. Установлена минералогическая и геохимическая вертикальная зональность месторождений Сан-Фернандо и Антонио, выраженная в закономерной смене снизу-вверх: серно-колчеданных руд на цинково-медные и выше медно-колчеданные в кровле залежей.

2. На основе детального картирования рудных минералов и геохимических характеристик на месторождении Сан-Фернандо выявлена латеральная зональность в распределении Cu, Zn, Au и Ag, на основе которой выделены две рудоносные зоны.

3. Обоснована последовательность образования рудных и нерудных минералов на месторождении Сан-Фернандо.

4. Выявлена широтная минерально-геохимическая зональность района Центральной Кубы, выраженная в том, что на западе района преобладают медно-колчеданные месторождения с сопутствующими золотосодержащими рудами, а на востоке распространены медно-цинковые колчеданные месторождения с баритом и золото-серебряным оруденением.

Практическая значимость

1. Проведенный металлогенический анализ позволяет прогнозировать проявление перспективных золоторудных площадей в районе Центральной Кубы. В частности, полученные результаты дают возможность предположить

наличие новых золоторудных объектов в пределах изученной и сопредельных территорий.

2. На месторождении Сан-Фернандо обоснован прогноз продолжения на глубину пластово-линзовидных залежей медно-цинковых руд и крутопадающего линейного штокверка с золоторудной минерализацией. В связи с изложенным необходима доразведка месторождения бурением, в том числе наклонными скважинами до глубин 300 – 350 м.

3. Приведены рекомендации по возможной золотоносности рудных отвалов на месторождении Сан-Фернандо, освоение которых методом кучного выщелачивания может дать быстрый экономический эффект.

В целом всё изложенное позволит пополнить металлогенический потенциал Центральной Кубы.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 7-х работах, включая 3 статьи и доложены на научных конференциях: в 2018 г. - на 13-ой Международной научно-практической конференции «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ)» (г. Москва, МГРИ), в 2019 г. - на XIV Международной научно-практической конференции: «Новые идеи в науках о Земле» (г. Москва, МГРИ), в 2020 г. IX Международной научной конференции молодых ученых «Молодые - Наукам о Земле» (г. Москва, МГРИ) и в 2020 г. Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию ИГЕМ РАН. «Породо-, минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований» (г. Москва)

Структура и объем работы. Диссертация содержит: 108 страниц и состоит из введения, пяти глав и заключения, 6 таблиц, 53 рисунков и списка литературы из 58 наименований.

Защищаемые положения

1. Известные на месторождении Сан-Фернандо медные, цинково-медные и пиритовые типы руд имеют сходный минеральный состав, текстуры и структуры, но отличаются количественными параметрами рудных минералов и элементным составом; в рудах установлены поздние выделения золота, электрума, алтаита и гессита.

2. На основе анализа распространения главных рудных минералов и геохимических данных на месторождении Сан-Фернандо установлена вертикальная и латеральная минерало-геохимическая зональность: в подошве рудных залежей распространены ранние пиритовые руды, сменяющиеся выше медными и перекрывающими их цинково-медными, слагающими две рудоносные зоны. Крутопадающая зона более поздней прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации прогнозируется в качестве золоторудной.

3. Размещение и геохимические особенности колчеданных месторождений Сан-Фернандо, Индэпэндэнсия, Антонио, Лос-Серрос и рудопроявлений Бока-дель-Торо и Эль-Соль, локализованных в свите Лос-Пасос, подтверждают широтную зональность рудного района Центральной Кубы: на западном фланге его преобладают медно-колчеданные месторождения с сопутствующими золоторудными объектами, а на восточном - медно-цинковые колчеданные месторождения с баритом и золото-

серебряными проявлениями.

Благодарности. Особую признательность хочется выразить проф. Игнатову П.А., оказавшему активную поддержку при написании работы и внесшему ряд ценных рекомендаций. Автор высоко ценит поддержку, оказанную ее наставником проф. Оникиенко Л.Д. в период аспирантуры. Автор благодарит за ценные консультации и рекомендации сотрудников кафедры особенно проф. Верчеву А.А., доцентов Пилипенко Г.Н. и. Алешина А.П. Автор признателен за помощь и сотрудничество специалистам Геологического института Кубы.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1. Известные на месторождении Сан-Фернандо медные, цинково-медные и пиритовые типы руд имеют сходный минеральный состав, текстуры и структуры, но отличаются количественными параметрами рудных минералов и элементным составом; в рудах установлены поздние выделения золота, электрума, алтанта и гессита.

Оруденение месторождения Сан Фернандо представлено серией линзовидных рудных тел пологого падения и сопровождающих их штокверков, локализованных в нижней части свиты Лос-Пасос, которая с несогласием перекрыта базальтами, андезитами, силлами габбро свиты Матагуа (K₁-K₂) (рис. 1).

Рудоносная толща интродуцирована крутопадающими послерудными дайками и субвулканическими телами диоритов. Вулканические покровы Матагуа, перекрывающие интрузивные породы, имеют запад-северо-западное простирание с азимутом 110° и север-северо-восточное падение с углами от 45° до 75° и характеризуются отсутствием оруденения.

Основные запасы месторождения связаны с линзовидными рудными телами, залегающие преимущественно полого. Они по большей части согласные с ориентировкой туфов и покровов риолитов. Часть рудных тел представлена штокверками. Ранее считалось, что месторождение представлено крутопадающим линейным штокверком [Лаверов и др., 1985].

Площадь месторождения ограничена разломами северо-восточного и северо-западного (на севере) простирания (см. рис. 1). Разломы северо-западного направления, очевидно, были поздними, поскольку один из них - Ла Качимба ограничивает расположенный в одном километре на северо-восток от месторождения массив пострудных гранодиоритов.

Линзовидные рудные залежи 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 контактом рудного штокверка и слабо измененных риодацитов [Gallardo, 2002].

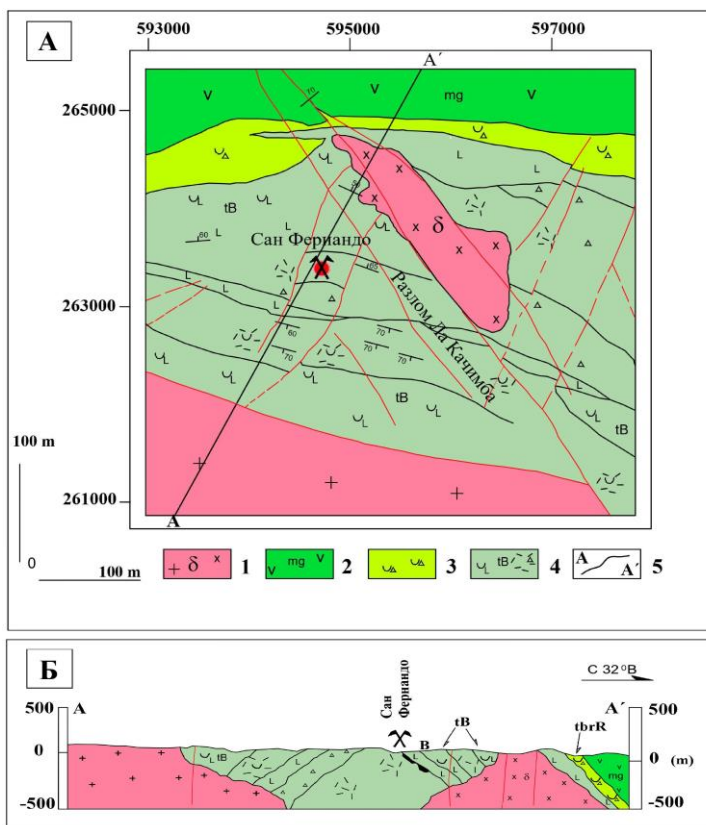


Рис. 1 А- Геологическая схема района Лос-Пасос месторождения Сан-Фернандо Центральной Кубы и (Б) разрез [по Gallardo 2002 с изменениями]. 1 - комплекс интрузивных гранитов Маникарагуа (K₂) (гранодиориты, плагиограниты, диориты, габбродиориты); 2 - свита Матагуа (K₁-K₂). базальтовые андезитовые лавы, вулканические породы, габбро. 3 - Свита Лос-Пасос (K₁-K₂) туфо-брекчии и лапиллиевые туфы риолитов, в верхней части кремнистая порода, туфы андезидацитов, риолитодациты, 4 - свита Лос-Пасос (K₁) порфировые риолиты, риолитовые туфы, туфы андезито-базальтов, андезиты, риолитовая лаво брекчия, базальтовые лавы, 5- линия разреза.

Северо-восточные разломы имеют сдвиговую природу и смещают вулканические покровы. По времени проявления они близки к этапу рудообразования, поскольку не распространяются в пределы гранодиоритов (см. рис. 1). Они могут иметь рудоконтролирующее значение для жильно-штокверковой сульфидной минерализации, включая золотую. Можно предположить, что северо-западные разломы, оперяющие северо-восточные сдвиги, могут вмещать жильную золото-сульфидную минерализацию. Кроме разломов СЗ-ых направлений, проявлены и субмеридиональные нарушения.

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

Месторождение Сан Фернандо периодически эксплуатировалось различными испанскими, английскими, северо-американскими и кубинскими компаниями с момента его открытия в 1827 году до его окончательного закрытия в 1961 году. Общий объем добычи 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 [Gallardo, 2002]. 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 и латеральной зональности месторождения.

Основные рудные тела месторождения Сан-Фернандо имеют чечевицеобразную линзовидную форму и сложены сульфидными рудами с массивными, брекчиевыми, вкрапленными и прожилковыми текстурами [De la Nuez, 2015]. 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).

В рудах характерны идиоморфный пирит, аллотриоморфный халькопирит; в некоторых случаях наблюдается колломорфный пирит-мельниковит в халькопирите, а также эмульсия халькопирита в сфалерите. Пирит представлен различными морфологическими разновидностями в связи с большей или меньшей степенью раскристаллизации. Есть идиоморфные кристаллы, иногда таблитчатые и колломорфные порфиروبластовые выделения (рис. 2 а-б).

Сфалерит (марматит) цементирует пирит, контактирует с тетраэдритом и халькопиритом, встречается в виде эмульсии в халькопирите (рис. 2 в-г). Тетраэдрит находится в сростании с халькопиритом и сфалеритом; иногда включен в последний (рис. 2 е).

Галенит присутствует в виде аллотриоморфных зерен. Ковеллин замещает пирит, сфалерит и борнит (рис. 2 д, ж).

Гессит находится в небольших включениях в халькопирите и пирите (рис. 2 ё). Золото, электрум и аргентит в виде мелких выделений включены в пирит и халькопирит (рис. 2 з-и).

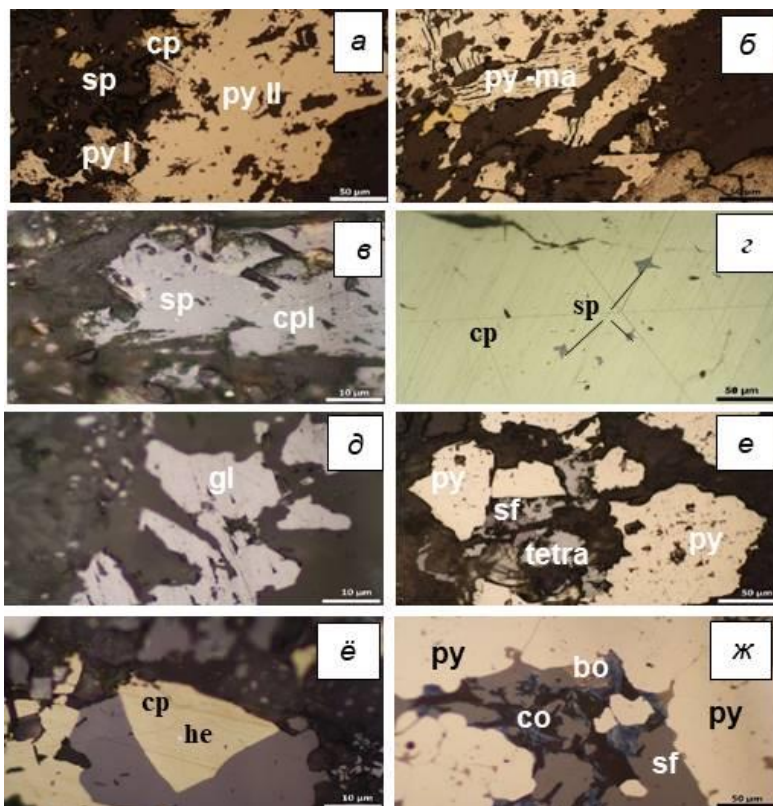


Рис. 2. Микрофотографии основные характеристики колчеданные руд Сан-Фернандо: а - SF 850-5/74.0 т: пирит представляем различными морфологическими разновидностями в связи с большей или меньшей степенью кристаллизации; б - SF 850-5/150.60 т: пирит-марказит таблитчатая и колломорфная текстуры); в - SF 97-16/147.0 т: сфалерит с включениями халькопирита; г - SF850-5/74.00: сфалеритовые звездочки в халькопирите; д - SF 805-6/96.0 т: галенит находится в аллотриоморфных кристаллов; е - SF805-4/119.3 т: сфалерит (марматит) цементирует пирит, есть границы с тетраэдритом; ё - SF850-5/74.00 т: гессит находится в небольших включениях в халькопиритах; ж - F-33: ковеллин замещает пирит, сфалерит и борнит: ру-пирит; ср-халькопирит; sp-сфалерит; gl-галенит; ру-та- пирит-марказит; tetra- тетраэдрит, he- гессит co- ковеллин; bo- борнит.

С помощью электронно-зондового микрорентгеноспектрального анализа диагностированы минералы, которые не были обнаружены методом рудной микроскопии, из-за их небольшого размера, например, электрум и алтаит (рис. 3). Это существенно дополняет диагностику руд месторождения Сан Фернандо и распределение в них благородных металлов.

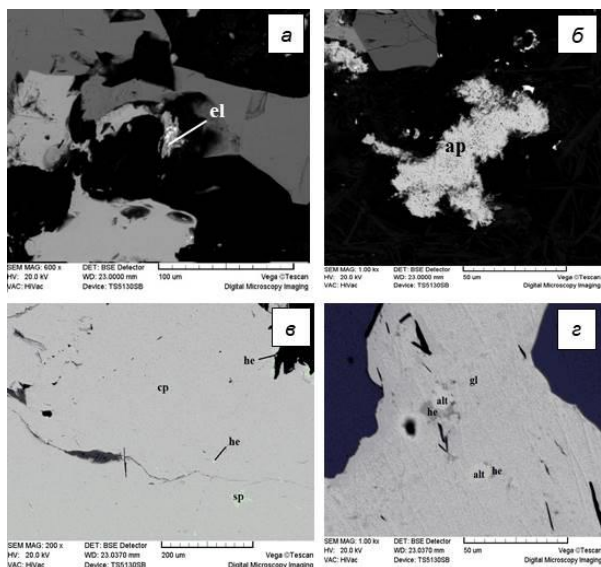


Рис. 3 Микрофотографии результатов электронно-зондового микрорентгеноспектрального анализа руд Сан Фернандо: а- SF850-5/74.00 м: мелкие частицы электрума; б - SF850-5/74.00 м: мелкие частицы аргентита в пирите и халькопирите; в - SF 850-5/74.00 м: небольшие включения гессита в халькопирите; г - 605-3/62.30 небольшие включения гесситат и алтаита в галените; cp-халькопирит; sp-сфалерит; gl-галенит; el- электрум; ap- аргентит; ge- гессит.

На месторождении Сан-Фернандо установлены три стадии гидротермального рудообразования и гипергенная минерализация. Установлено, что серебросодержащими минералами являются электрум, гессит и алтаит. Подчеркнем, что золото и золото-серебряная минерализация сформировались на поздней стадии гидротермального этапа.

Обоснование второго защищаемого положения.

2. На основе анализа распространения главных рудных минералов и геохимических данных на месторождении Сан-Фернандо установлена вертикальная и латеральная минералого-геохимическая зональность: в подошве рудных залежей распространены ранние пиритовые руды, сменяющиеся выше медными и перекрывающими их цинково-медными, слагающими две рудоносные зоны. Крутопадающая зона более поздней прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации прогнозируется в качестве золоторудной.

Результаты анализов геохимического опробования получены в результате проведенных геологоразведочных работ. По материалам предыдущих исследований известно, что рудные образования соответствуют базальтоидному

типу субмаринных колчеданных месторождений [Старостин. 2004]. В этой связи для анализа использованы данные по Cd, Pb, Zn, Cu, Ag и Au в каждой из разведочных скважин и с привязкой по глубине. Из них выбраны Zn, Cu, Ag и Au, которые рассматриваются как металлы, представляющие наибольший экономический интерес. Учитывались содержания, превышающие предельные промышленные концентрации: $\text{Cu} \geq 0.5\%$; $\text{Zn} \geq 0.5\%$; $\text{Ag} \geq 1 \text{ ppm}$; $\text{Au} \geq 0.5 \text{ ppm}$. Составлена соответствующая база данных и геоинформационный проект.

Выделяется две рудоносные зоны в плане - меньшая западная и большая неоднородная восточная. Видно зональное распространение концентрации меди внутри этих зон. Для восточной рудоносной зоны характерно практическое совмещение концентраций рассматриваемых металлов. В западной рудоносной зоне отмечается отчетливая асимметрия их концентраций. Концентрации Au и Ag в целом ассоциируют с Cu и Zn, однако, видна и дискордантность, которая может указывать на наложенные процессы их концентраций.

Для более корректного построения изоконцентраций компонентов использована интерполяция методом ОВР (IDW) (обратно взвешенные расстояния). На представленных картах также видна конформность распределения Cu, отчасти Zn а также частично Zn, Ag, Au, и относительно независимое распределение Au и Ag. Концентрации благородных металлов имеют тренд протяженности в север-северо-западном направлении (рис. 4).

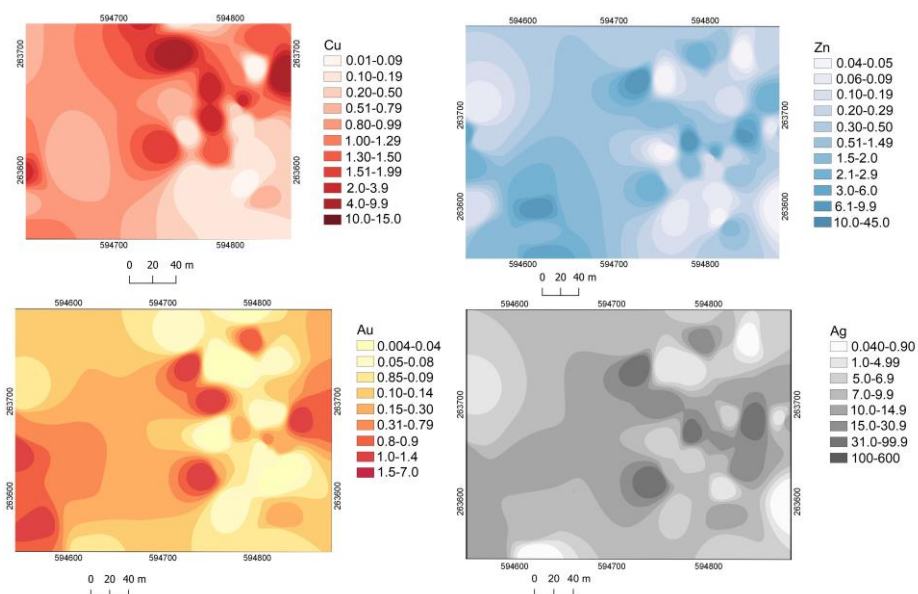


Рис. 4. Схемы изоконцентраций Cu, Zn, Au и Ag

Рудная минерализация изучена по 146 аншлифам. В каждом шлифе определен процент содержания пирита, халькопирита, сфалерита и пирротина. По этим подсчетам составлена база данных, в которой есть соотношения рудных

минералов с привязкой каждой пробы по глубине. Она использована в географо-информационной системе QGIS. Составлен ряд рудной минерализации, где присутствует $\geq 5\%$ того или иного рудного минерала, построена соответствующая карта (рис. 5).

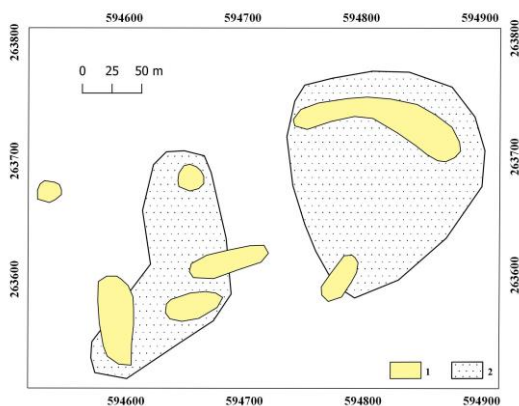


Рис. 5. Схема распределения халькопирита (1) и сфалерита (2) на месторождении Сан Фернандо.

Видно, что в целом участки концентрации халькопирита в большинстве случаев как бы «вкладываются» в скопления сфалерита.

В пределах наиболее продуктивных флангов северо-востока и юго-запада месторождения минералогический и химический анализ выявил наиболее высокие концентрации полезных компонентов на двух глубинных уровнях: 60 – 85,0 м и 125 – 160 м. Для этих более перспективных глубин по каждой скважине были составлены разрезы, в которых показаны распределения халькопирита, сфалерита и пирита на каждые 10 м стволовой мощности. По ним построены планы и блок-диаграммы распространения рудных минералов (рис. 6-11).

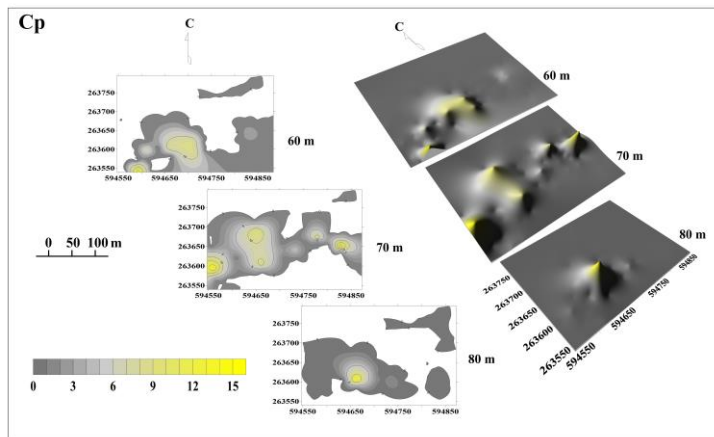


Рис. 6. Схема распределения халькопирита (%) для глубин 60-80 м на месторождении Сан-Фернандо.

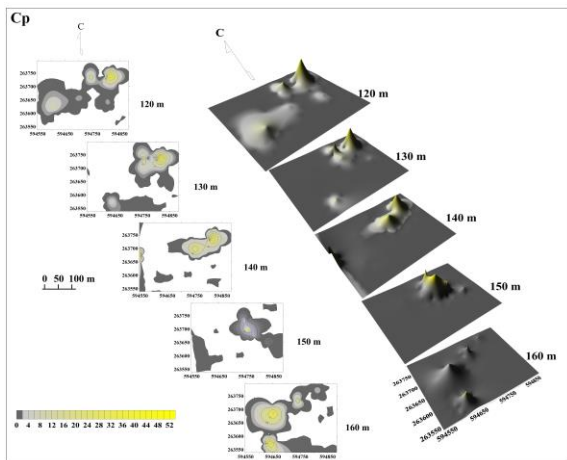


Рис. 7. Схема распределения халькопирита (%) для глубин 120-160 м на месторождении Сан-Фернандо.

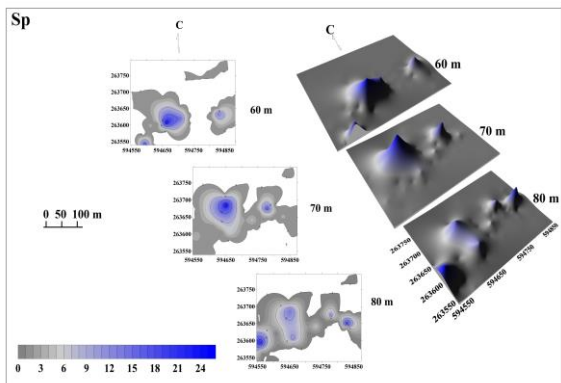


Рис. 8. Схема распределения сфалерита (%) для глубин 60-80 м на месторождении Сан-Фернандо.

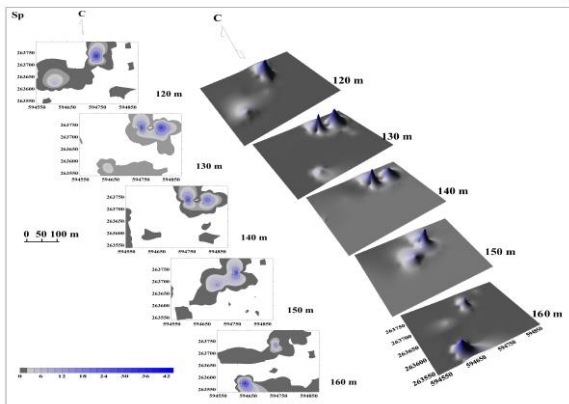


Рис. 9. Схема распределения сфалерита (%) для глубин 120-160 м на месторождении Сан-Фернандо.

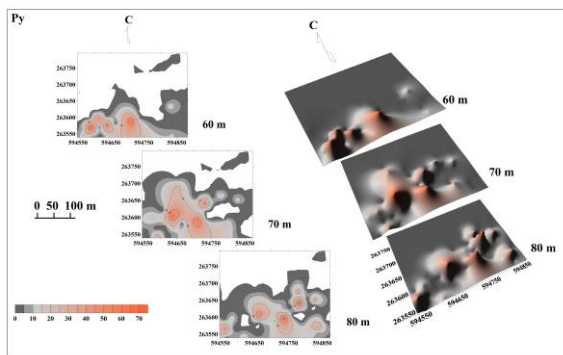


Рис. 10. Схема распределения пирита (%) для глубин 60-80 м на месторождении Сан-Фернандо.

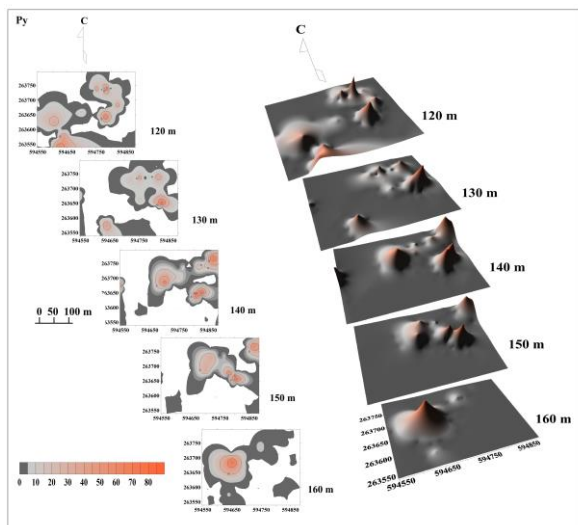


Рис. 11. Схема распределения пирита (%) для глубин 120-160 м на месторождении Сан-Фернандо.

По представленным схемам наблюдаются минералогические доказательства существования северо-западной линейной рудоносной зоны месторождения, которая наиболее отчетливо видна по халькопириту на уровне 70 м (см. рис. 6) и, меньше, по пириту на уровнях 70 и 80 м (см. рис. 10). При этом по халькопириту она имеет север-северо-западное простирание. Наибольшие концентрации халькопирита установлены в скважине SF 97-22.

Месторождение Сан-Фернандо в отношении рудной минеральной зональности своеобразно. В целом на нем в какой-то мере отражается классическая вертикальная зональность: пиритовые руды занимают нижние уровни цинково-медные средние и медные руды распространены на верхнем уровне. Также часть линзовидных рудных тел, сложенных массивными, слоисто-полосчатыми и брекчиевыми рудами, сопровождается прожилково-вкрапленными рудами в своем основании. Вместе с тем, по большей части на месторождении прожилково-вкрапленные руды распространены выше и по

краям линзовидных рудных залежей. По этой причине значительную часть прожилково-вкрапленных руд, слагающих штокверки, следует отнести к более поздним образованиям.

Согласно данным последних геологоразведочных работ зоны рудной минерализации распространены на трех уровнях. Все рудные тела расположены в андезит-дацитовых порфирах свиты Лос-Пасос.

Медные руды нижнего уровня подстилаются пиритовыми рудами. Минимальное содержание меди составляет 3%, достигая значений 14,4%. Характерными минералами являются халькопирит и пирит, реже тетраэдрит и сфалерит. Жильные минералы представлены кварцем, серицитом и хлоритом. Характерными текстурами являются массивные, густо вкрапленные и пятнистые. Структуры руд: аллотриоморфнозернистая, 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.

Цинково-медные руды слагают два верхних уровня. Содержание Zn <0,5% и Cu 0,5%. Этот тип минерализации можно назвать стерильным от пирита. Преобладающими текстурами являются вкрапленная и прожилковая. Структуры руд идиоморфнозернистые и аллотриоморфнозернистые.

Соотношение пиритовых, цинково-медных, медных руд и участки бедных прожилково-вкрапленных руд показаны и на отдельных колонках по скважинам (рис. 12).

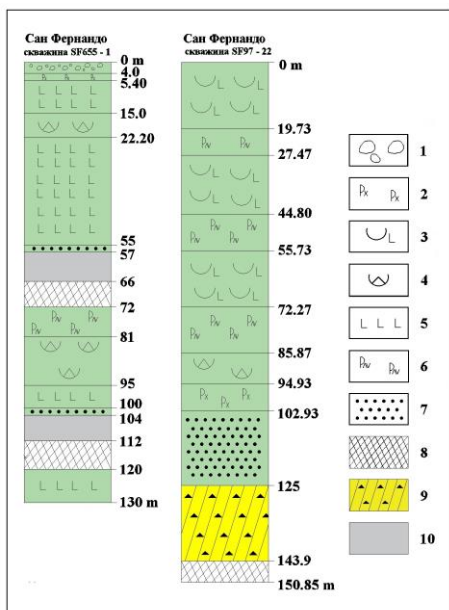


Рис. 12. Колонки месторождения Сан Фернандо. по скважинам SF655-1, SF97-22:1 - 6 породы свиты Лос-Пасос: 1 - железная шляпа (лимонит), 2- риолит-порфиры, 3 - базальтовые лапиллиевые туфы, 4 - лавобрекчии, 5 - базальты, 6 - андезит-дацитовые порфиры, 7- участки бедных прожилково-вкрапленных руд, 8 - пиритовые руды, 9 - медные руды, 10 - цинково-медные руды.

Для определения пространственной позиции минерализованных зон

составлены разрезы по каждой скважине. На основании разрезов по 20 скважинам составлены профили, пересекающие месторождение с юго-запада на северо-восток, с севера на юг и северо-запада на северо-восток. Профили построены с учетом данных минералогических исследований и элементного анализа по рядовому опробованию (рис. 13 а, б, в).

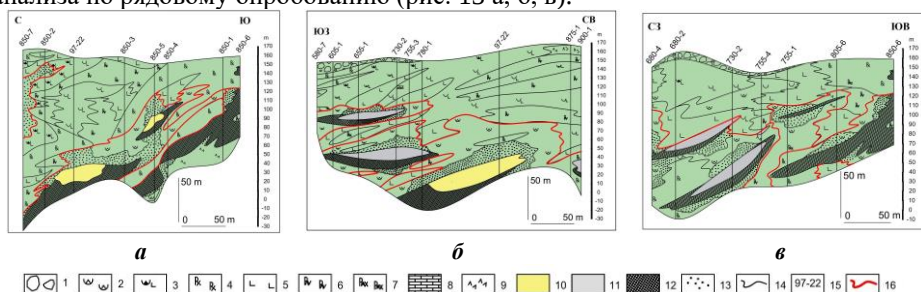


Рис 13. Геологические разрезы месторождения Сан Фернандо С-Ю (а), ЮЗ-СВ (б) и СЗ-ЮВ (в). 1-9: породы свиты Лос-Пасос: 1 - железная шляпа лимонитовая порода, 2 - лавобрекчи, 3 - базальтовые лапиллиевые туфы, 4- риолит-порфиры, 5 - базальты, 6- андезит-дацитовые порфиры, 7 - микродиорит-порфиры, 8 - известняки, 9- риолиты, 10 - медные руды, 11 - цинково-медные руды, 12 - пиритовые руды, 13 - участки бедных прожилково-вкрапленных руд, 14 - контуры рудных тел, 15 – разведочные скважины, 16 - контуры прогнозных зон на золото.

На рисунке 14 показана 3D-модель рудной минерализации месторождения Сан Фернандо, построенная на основе геологических профилей.

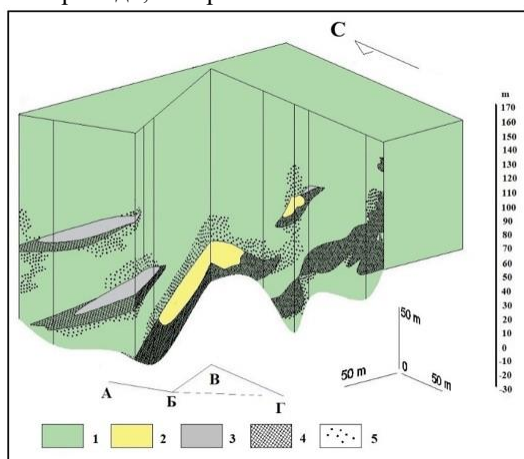


Рис. 14. 3D- модель распределения минерализации на месторождении Сан Фернандо: 1 - свита Лос Пасос; 2 – медные руды, 3 - цинково-медные руды, 4 - пиритовые руды, 5 - участки бедных прожилково-вкрапленных руд. А-Б разрез СЗ-ЮВ; Б-В разрез ЮЗ-СВ.; В-Г разрез С-Ю.

Анализ построенных профилей позволил установить следующие закономерности распределения рудной минерализации на месторождении.

Во-первых, проявлено три яруса рудоносных зон с кулисообразным расположением рудных тел. Расстояние между рудными линзами в плане колеблется от 10-15 м до 40-50 м. Нижний ярус представлен пиритовыми,

средний - медными, верхний - цинково-медными колчеданными рудами. Рудные залежи субпараллельны и имеют северо-северо-западное преимущественно моноклинальное падение с углами от 5-10° до 35°. Намечается флексурное осложнение рудоносных зон с субширотной осью, проходящей по скв. 850-3, возможно фиксирующей рудоподводящий канал. В плане выделены две наиболее продуктивные рудоносные зоны субмеридионального простирания - меньшая западная и большая восточная.

Во-вторых, все линзовидные рудные залежи сопровождаются прожилково-вкрапленными рудами, которые примыкают к ним в основном снизу, а также сверху, и к северным контактам рудных линз. Скорее всего, эти прожилково-вкрапленные руды слагают зоны линейных штокверков крутого падения, возможно, выполнявших роль рудоподводящих каналов.

В-третьих, сульфидное оруденение распространяется в породах кислого состава. Прожилково-вкрапленное оруденение экранируется покровами базальтов.

На основании полученных данных и с учетом тектонической позиции месторождения составлена прогнозная схема на золотое оруденение (рис. 15). Выделенные перспективные зоны имеют крутое падение и в основном северо-западное простирание. Перспективные зоны показаны на профилях (см. рис. 13 а, б, в).

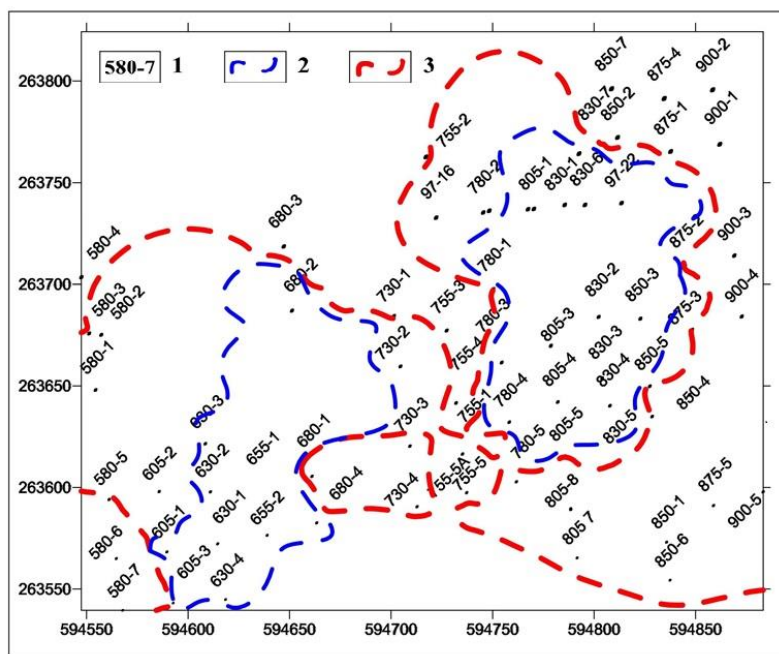


Рис. 15. Схема расположения скважин на месторождении Сан Фернандо. 1 - скважины; 2 - контуры прогнозных зон на золото. 3 - контуры предполагаемых золотоносных штокверков.

О перспективах рудных отвалов на месторождении Сан-Фернандо

Рудные отвалы месторождения Сан-Фернандо находятся недалеко от шахт. Они сложены лимонитизированным мелко- и крупно щебнистым материалом и залегают в виде нескольких изометричных в плане куч высотой до 15-20 м с поперечными параметрами 40 x 60 м.

При оценке ресурсов золота учитывался объем металлоносной зоны, который можно оценить в $125\text{м} \times 50\text{м} \times 10\text{м} = 62500 \text{ м}^3$. Объем руды может составить $125\text{м} \times 50\text{м} \times 8\text{м} = 50000 \text{ м}^3$. Отношение отвалы/руда $= 62500\text{м}^3 / 50000\text{м}^3 = 1.25$. Объем отвалов оценивается так: $1.25 \times 200\,000 \text{ t}$ добытой руды $= 250\,000 \text{ t}$ отвальной массы. Количество золота в отвалах примем в 0.1 g/t , тогда в $250\,000 \text{ t}$ должно быть $25000 \text{ g} = 25 \text{ kg Au} = 803.7626 \text{ oz}$ (тройские унции). Потенциальная стоимость по текущей цене золота составит $803.7626 \text{ ozt} \times 1733.55 \text{ USD/ozt} = 1\,393\,362.65 \text{ USD}$. При условии экстракции 63% и выщелачивании в стеках (опыт выщелачивания золота в стеках барита, Куба).

$$0.63 \times 803.7626 \text{ ozt} = 506.37 \text{ ozt} \times 1733.55 \text{ USD/ozt} = 877\,818.5 \text{ USD}$$

Указанная цифра может представлять предполагаемую стоимость извлеченного золота.

Данная оценка проведена только для Au, но известно, что другие металлы, такие как Ag, Cu, Zn, также будут переотложены при окислении. Кроме того, ранее перерабатывались только богатые руды, а руды с рядовыми содержаниями металлов складировались в отвалах, как забалансовые. Ныне они, как правило, являются балансовыми, а иногда и богатыми, что значительно повышает экономическую ценность «древних» отвалов.

Учитывая изложенные предварительные результаты, мы рекомендуем провести детальное изучение золотоносности месторождения Сан-Фернандо, включая опробование этих отвалов.

Обоснование третьего защищаемого положения

3. Размещение и геохимические особенности колчеданных месторождений Сан-Фернандо, Индэпэндэнсиа, Антонио, Лос-Серрос и рудопроявлений Бока-дель-Торо и Эль-Соль, локализованных в свите Лос-Пасос, подтверждают широтную зональность рудного района Центральной Кубы: на западном фланге его преобладают медно-колчеданные месторождения с сопутствующими золоторудными объектами, а на восточном - медно-цинковые колчеданные месторождения с баритом и золото-серебряными проявлениями.

Колчеданные месторождения Центральной Кубы (рис. 16) имеют разную изученность, что обусловлено их разным экономическим значением, Сан-Фернандо и Антонио наиболее изучены [Лаверов, 1985 и др.; Díaz de Villalvilla, 1997; Gallardo, 2002].

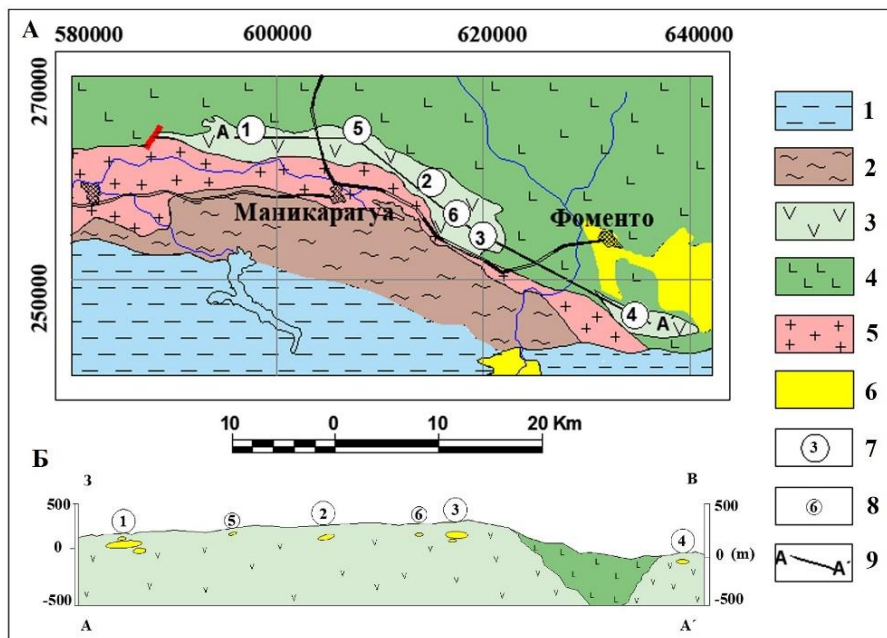


Рис 16. А) Геологическая карта Центральной Кубы. Расположение месторождений Центральной Кубы [по Пушаровскому, 1988 с изменениями]: Б) Схематический разрез по линии А-А' и размещение колчеданных месторождений Центральной Кубы. 1 – комплекс метаморфических пород Эскамбрай (хлоритовые сланцы, сланец голубой и лавсонит; J_1-K); 2 – энсиматический метаморфизованный комплекс Мабухина (преимущественно амфиболиты и кристаллические сланцы; J_1-K); 3 – нижняя подсвиты Лос Пасос (с туфо-брекчия и лапиллиевые туфы риолитов, в верхней части кремнистая порода, туфы андезидацитов, риолитодациты; K_1); 4 – верхняя подсвиты Лос Пасос (базальты, туфы, туффиты, лавобрекчии, агломераты, андезиты, дациты, конгломераты, песчаники и известняки; $K_1 - K_2$); 5 – интрузии гранитов Маникарагуа (γK_2); 6 – осадочный чехол Багамской платформы ($N-Q$); 7 – месторождения: 1 – Сан Фернандо; 2 – Индэпэндэнсия; 3 – Антонио; 4 – Лос-Серрос; 8- рудопроявления: 5 – Эль Соль; 6 – Бока Торо; 9- линия разреза.

Месторождение Индэпэндэнсия имеет протяженность один км. Оно локализовано вдоль контакта интенсивно лимонитизированных и серицитизированных риолит-порфиров со слабо измененными риолитовыми лавобрекчиями. Рудная минерализация представлена вкраплениями халькопирита, сфалерита и пирита в интенсивно окремнённых и рыхлых породах. Содержание полезных компонентов приведено в таблице 1. Единичные скважины пересекли рудную зону мощностью 3 м на глубине 97 м со значительным содержанием Cu 3,5%, Zn 7%, серебра 166 г/т и золота 3 г/т.

Месторождение Антонио имеет протяженность 350 м по простиранию,

250 м по падению и при средней мощности 11 м состоит из двух рудных тел. Первое сложено массивным пиритом, второе включает участки, обогащенные халькопиритом и сфалеритом, с меньшим количеством теннантита, галенита и небольших включений электрума, гессита, кварца, карбоната и барита [Gallardo, E. 2002].

Выделяются две стадии отложения сульфидов: ранняя, когда кристаллизовался мелкозернистый пирит и поздняя метасоматическая, во время которой отлагалась ассоциация пирит - халькопирит - сфалерит. Отличительной особенностью этого месторождения является присутствие в рудах колломорфного пирита.

На месторождении установлена классическая для колчеданных объектов вертикальная зональность оруденения. На нижнем уровне преобладают серно-колчеданные руды с содержаниями $Zn < 0.5\%$ и $Cu < 0.3\%$. Выше залегают медно-цинковые колчеданные руды с содержаниями Cu 1–12% и Zn от 1% до более чем 10%. На самом верхнем уровне расположены существенно медные руды с содержаниями Cu 0.3–2% и $Zn < 0.5\%$. Мощность зон составляет примерно первые десятки метров. Границы зон постепенные.

Оруденение *месторождения Лос-Серрос* главным образом связано с силификацией вулканических пород. Месторождение состоит из двух массивных сульфидных залежей мощностью 1–3 м, длиной 100 м по простиранию и 80 м по падению. Для месторождения характерен галенит и вкрапленные структуры руд.

На месторождении распространены покровы и силлы кислых и основных пород. Центральная зона состоит из покровов базальтов и лавобрекчии риолитов. Породы гидротермально изменены и, помимо окварцевания, представлены серицитовыми, пиритовыми, гематитовыми и баритовыми метасоматитами. Наибольшая рудоносность намечается для вкрапленных руд, в зоне которых пройдена шахта Лос-Серрос. Оруденение имеет местное значение.

Рудопроявление Эль-Соль мало изучено, хотя известно, что в 1927 году американская компания вела здесь добычу меди. Территория охватывает 3,2 км². В 1997 г. геологоразведочные работы провела канадская компания Holmer Gold Mines Limited. Было пробурено три скважины, и получены рудные содержания меди (0,74%), цинка (10%) и серебра (0,3 г/т).

На *рудопроявлении Бока-дель-Торо* описаны покровы базальтов и андезитодацитов и дайки кислого и основного состава [Delgado, S. 1991]. В центре участка отмечена интрузия гранодиорит-порфиров. Выделена зона метасоматитов, которая пересекает весь участок с общим направлением север-северо-запад. Отмечены малахит, азурит и барит. Максимальные содержания меди (0,8%), цинка (1,05%) и золота (0,6 г/т).

Приведенные данные показывают, что колчеданные руды рассмотренных объектов имеют сходный минеральный состав и текстуры. Надо отметить в кристаллически зернистые пиритовые руды месторождения Сан Фернандо и колломорфные – Антонио.

Вместе с тем, надо сказать о широтной зональности колчеданного и благородно-металльного оруденения рудного района Центральной Кубы. На

западе преобладают медно-колчеданные месторождения с сопутствующими золоторудными объектами. На востоке распространены медно-цинковые колчеданные месторождения с баритом и золото-серебряными объектами.

Выделение структур по аэрогеофизическим данным

Данные магнитометрии. В районе Центральной Кубы аномальное магнитное поле имеет сложное строение со знакопеременными зонами. (рис. 17). В свите Лос-Пасос преобладают слабо отрицательные значения, хотя есть области с явно отрицательными и положительными значениями.

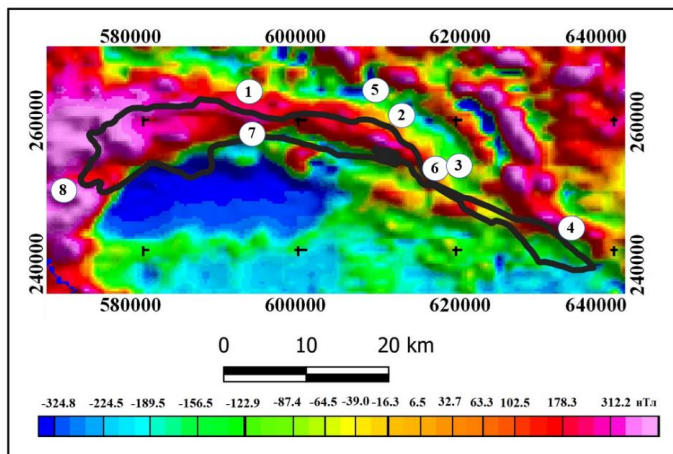


Рис. 17. Магнитная карта с редукцией к полюсу [по Mondelo et al 2011].

Колчеданные: месторождения: 1 – Сан Фернандо; 2 – Индэпэндэнсия; 3 – Антонио; 4 – Лос-Серрос; рудопроявления: 5 – Эль Соль; 6 – Бока--Торо; месторождения с порфирами: 7 - Макагуа, 8 – Аримео.

Месторождение Сан-Фернандо характеризуется максимальными значениями магнитного поля ($\mu \approx 178$ нТл), что должно быть связано с минерализованными установленными разломами, обнаруженными в меридиональной структуре гранитов Маникарагуа.

Следует отметить, что положение месторождений Сан-Фернандо, Индэпэндэнсия и рудопроявления Бока-Торо определяется локализацией на краю единой субширотной дуговой полосы высоких градиентов магнитного поля. Позиция месторождений Антонио, Лос-Серрос и рудопроявления Эль Соль совмещается с северо-западной градиентной зоной магнитного поля. Таким образом, в магнитном поле видны разные геологические блоки, в которых находятся месторождения западного и восточного флангов района Центральной Кубы.

Данные аэрогамма-спектрометрии. Спектрометрическая карта гамма поля по большим значениям калия (рис. 18) в меловой вулканической дуге Центральной Кубы разделяет интрузии гранитов Маникарагуа и Аримео, содержащих Cu-Au порфировые месторождения, от остальных образований. Также по калию наблюдается наиболее четкое разделение колчеданных

месторождений Сан Фернандо, Индэпэндэнция, Антонио и Лос-Серрос. Это можно связать с разными структурными проявлениями кварц-серицитовых метасоматитов. Эти факты также подтверждают существенные различия месторождений западной, центральной и восточной частей района Центральной Кубы.

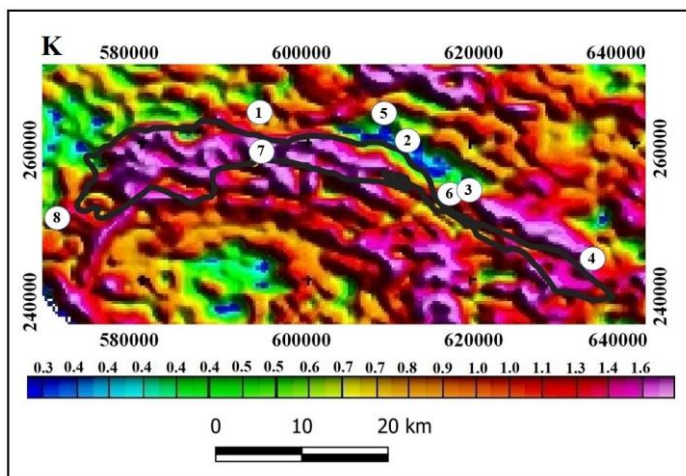


Рис. 18. Гамма- спектрометрическая карта канал К (%) [no Mondelo et al 2011]. Колчеданные: месторождения: 1 –Сан Фернандо; 2 – Индэпэндэнсия; 3 – Антонио; 4 – Лос-Серрос; рудопроявления: 5 – Эль Соль; 6 – Бока-Торо; месторождения с порфирами: 7 – Макагуа, 8 – Аримао.

На месторождении Сан Фернандо, структура ССЗ-ого направления видна на карте калия как линейная положительная аномалия.

Данные аэрогамма-спектрометрии представляют собой более эффективный показатель дифференциации минерализации по каналу К. Согласно А.М.Портнову [2020] эти материалы показывают высокую эффективность при изучении месторождений полезных ископаемых.

Таким образом, данные аэрогамма-спектрометрии показывают, что колчеданные объекты локализованы в различных геологических структурах. В совокупности с материалами аэромагнитной съемки сведения по ним отражают широтную металлогеническую зональность района Центральной Кубы.

Геохимические характеристики месторождений Центральной Кубы

Имеют место существенные различия сравниваемых объектов по содержаниям основных и попутных компонентов Cu, Zn, Au и Ag. Для рудопоявлений характерны низкие содержания благородных металлов, составляющие до 1 г/т Ag и Au и бедные руды Cu и Zn. Для месторождений Антонио и Индепенденсия характерны средние содержания серебра и низкие концентрации Au. Необходимо отметить заметные колебания Au/Ag для разных объектов (табл. 2) [Cazañas 2017, Torres Zafra 2017]. Закономерно, что для Сан-Фернандо и Индэпэндэнсия Au/Ag сопоставимые и относительно высокие, а для

Антонио и Лос-Серрос на порядок меньше.

Таблица 2. Средние значения содержания компонентов месторождений центральной Кубы [Cazañas 2017, Torres Zafrá 2017].

Название	Основные и попутные компоненты	Средние значения содержания				Cu/Zn	Au/Ag
		Cu (%)	Zn (%)	Ag (г/т)	Au (г/т)		
Сан Фернандо (50 проб)	Cu, Zn (Pb, Ag, Au)	2,3	3,4	20,0	9,1	0.67	0,46
Индэпэндэнсия (7 проб)	Cu, Zn (Au, Ag)	3,5	7,0	1,7	3,0	0.5	1,76
Антонио (33 проб)	Cu, Zn (Au, Ag)	1,64	3,89	18,0	0,3	0.42	0,02
Лос-Серрос (7 проб)	Cu, Zn (Au, Ag)	3,0	11,0	45,5	4,17	0.27	0,09

Для сравнения выполнен корреляционный анализ. В таблице 3. приведена корреляционная матрица медь-цинк-свинец-золото-серебро.

Таблица 3. Матрица коэффициентов «корреляция элементов колчеданных месторождений центральной Кубы»

Сан Фернандо 50 проб	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Pb	1				
Zn	0,692016	1			
Cu	0,428602	0,288814	1		
Ag	0,513944	0,843473	0,267543	1	
Au	0,421277	0,381409	0,288509	0,249104	1
Индэпэндэнсия 7 проб	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Pb	1				
Zn	0,039778	1			
Cu	0,11675	0,974667	1		
Ag	-0,38375	0,678194	0,544542	1	
Au	-0,47998	0,624498	0,508094	0,982581	1
Антонио 33 проб	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Pb	1				
Zn	0,713083	1			
Cu	0,869041	0,826591	1		
Ag	0,525783	0,822877	0,689824	1	
Au	0,398569	0,837602	0,66223	0,870212	1
Лос-Серрос 7 проб	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Pb	1				
Zn	0,919979	1			
Cu	0,573926	0,783371	1		
Ag	0,345228	0,03119	-0,01402	1	
Au	0,843107	0,605421	0,327217	0,772606	1

На рисунке 19 показаны соотношения свинца и цинка, а также меди и цинка в рудах разных колчеданных месторождений Центральной Кубы.

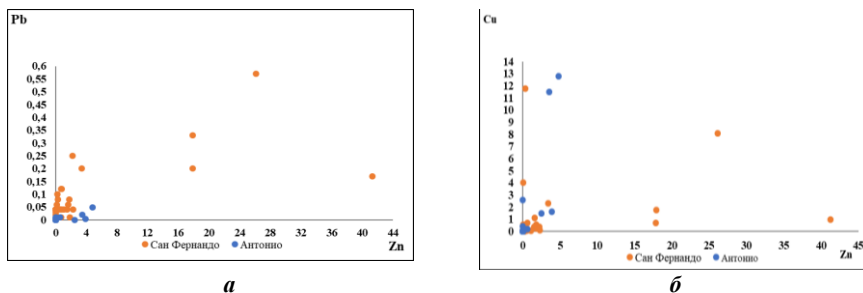


Рис. 19. Соотношение содержаний свинца и цинка (а) и меди и цинка (б) в колчеданных рудах месторождений Центральной Кубы.

Несмотря на небольшое число анализов по объектам Индэпэндэнсия и Лос-Серрос, можно отметить некоторые геохимические закономерности. На месторождениях Сан-Фернандо, Антонио и Лос-Серрос установлена высокая положительная корреляция Pb и Zn (K_k 0,7), а для Сан Фернандо, Индэпэндэнсия и Антонио также высокая положительная связь Zn и Ag (K_k 0,7). Руды Индэпэндэнсия отличаются практически отсутствием и даже обратными связями Zn и Pb с Au. Для других объектов имеется положительная связь Zn с Au.

Приведенные геохимические отличия подтверждают наличие широтной металлогенической зональности колчеданных месторождений в Центральной Кубе.

Представления о генезисе Au-Ag минерализации

Относительно высокие Au/Ag отношения и отсутствие корреляции Au с Zn на месторождениях Сан-Фернандо и Антонио, возможно, указывают на перераспределение и концентрацию благородных металлов после формирования колчеданных руд. В какой-то мере Au-Ag минерализация напоминает месторождения Венесуэлы, что отмечено в ряде работ [Акимов, 2018, Константинов и др., 2000, Некрасов, 1988, Некрасов и др., 2015 и др.].

В целом распределение свинца, цинка, меди, золота, серебра в районе Центральной Кубы отражает намеченную широтную металлогеническую зональность. С запада на восток имеет место замещение цинково-медных колчеданных месторождений медно-свинцово-цинковыми. Присутствие большего количества барита на востоке, существенно разные Au/Ag отношения в рудах Сан-Фернандо и Индэпэндэнсия (западная и центральная части района) и Антонио и Лос-Серрос (восточный фланг) могут указывать на разный эрозионный срез блоков района.

Отсутствие связей благородных и халькофильных металлов в Сан-Фернандо, Антонио и Лос-Серрос, приуроченность золотой минерализации к тектоническим зонам в Сан-Фернандо, присутствие на этом объекте штокерковых медно-рудных тел, указывают на проявление самостоятельных золоторудных объектов. Следовательно, в районе можно предполагать наличие скрытого благороднометалльного оруденения.

По представлению диссертанта гидротермально-метаморфогенное

извлечение металлов и перекристаллизация сульфидов могли привести к ремобилизации и локальному перераспределению микроэлементов и последующей кристаллизации дисперсных фаз минералов (галенит, тетраэдрит, арсенопирит, гессит и электрум), тогда как соотношения $\text{Cu} + \text{Zn} + \text{Pb} / \text{Au} / \text{Ag}$ и $\text{Cu} / \text{Pb} / \text{Zn}$ в основном свидетельствуют о рассеянии элементов.

Наблюдается тенденция к увеличению концентраций Ag, Cu и Zn на месторождении Сан-Фернандо по сравнению с Антонио. Мобилизованные Zn и Pb, вероятно, мигрировали вверх и снова осаждались в виде сфалерита и галенита в более холодных частях массивной сульфидной линзы, вызывая зональное распределение халькопирита, сфалерита и галенита и, соответственно Cu и Zn ($\pm$ Pb). Существование дифференцированного (промежуточного или фельзитового) ряда вулканических пород в островодужном вулканизме способствует такому поведению.

Золото могло повторно осаждаться в твердой дисперсной фазе на заключительной стадии, в том числе в виде электрума, в процессе его ремобилизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы представленной диссертации позволяют сделать следующие выводы:

На месторождении Сан-Фернандо пиритовые, цинково-медные и медные руды имеют сходный минеральный состав и строение, но отличаются по количественному соотношению рудных минералов и элементов. В сульфидах этого объекта установлены микроскопические выделения электрума и теллуридов золота. В этой связи предполагается золотоносность древних многолетних рудных отвалов.

На месторождении Сан-Фернандо установлена нетипичная для колчеданных объектов вертикальная минералого-геохимическая зональность, выражающаяся в преимущественном распространении в подошве рудных залежей пиритовых руд, выше сменяющихся медными и кровлей цинково-медных руд. На месторождении выделены две субмеридиональные рудоносные зоны, в основном сложенные пологозалегающими рудными линзами трех уровней. Прожилково-вкрапленные сульфидные руды месторождения Сан-Фернандо приурочены к круто падающим ССЗ тектоническим зонам, которые могут содержать золотую минерализацию. Это подтверждается отсутствием корреляции между благородными и халькофильными металлами и относительным расхождением в плане концентраций благородных и халькофильных металлов.

Намечена широтная зональность колчеданного и золото-серебряного оруденения в пределах рудного района Центральной Кубы. На западе его преобладают медно-колчеданные месторождения с сопутствующими золоторудными объектами. На востоке распространены медно-цинковые колчеданные месторождения с баритом и золото-серебряными проявлениями. Приуроченность месторождений к разным геологическим блокам и их отличия подтверждаются данными магнитометрии и азрогамма-спектрометрии.

Проявление островодужного дифференцированного вулканизма и геотектонических условий транспрессии способствовали ремобилизации золота, которое повторно скапливалось в виде электрума. Часть золото-серебряных руд могла формироваться после колчеданных.

Для колчеданных месторождений Центральной Кубы можно предполагать аналогию с Au-Ag рудами типа high sulfidation в сходных рудных районах Венесуэлы, Курильской островной дуги и других золотоносных провинциях.

В результате можно ожидать обнаружения скрытых месторождений золота на западном и золото-серебряных на восточном флангах исследованного района.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ:

1. 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>.

2. Де Ла Нуэс Колон. Д., Игнатов П.А. Вероятные золоторудные зоны колчеданного месторождения Сан-Фернандо (Куба)// Разведка и охрана недр. ISSN: 0034-026X.-2020. №10. -С. 8-14.

3. Де ла Нуэс Колон Д., Санта Крус Пачэко М. Золоторудные и золотосодержащие пластово-колчеданные месторождения Центральной Кубы. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020. Т.63. №3. С. 27—37. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-3-27-37>

Тезисы докладов в различных конференциях

4. De la Nuez Colon D., Santa Cruz Pacheco, M., Aguirre Guillot G., Toledo, C., et al//Atlas of metallic ores of Cuba// Institute of Geology and Paleontology// Havana, Cuba. 2015 ISBN 978-959-7117-64-3. p. 20-22.

5. Де Ла Нуэс Колон. Д., Оникиенко. Л.Д. Особенности геологического строения и природные типы руд региона Центральная Куба // Тезисы докладов. 13-ой Международной научно-практической конференция «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ)» Том I. М., 2018. С. 288-289.

6. Де Ла Нуэс Колон. Д., Оникиенко. Л. Д. Минералогия, текстурно-структурные особенности колчеданных руд месторождения Сан-Фернандо региона Центральная Куба. XIV Международной научно-практической конференция «Новые идеи в науках о Земле». Том II. М., 2019. С. 67-69.

7. Де ла Нуэс Колон Д. Санта Крус Пачэко М. Широтная зональность колчеданных месторождений района Лос-Пасос. Центральной Кубы. IX Международной научной конференции молодых ученых «Молодые - Наукам о Земле» (г. Москва, МГРИ). Том II. М., 2020. С. 56-57.

8. Де Ла Нуэс Колон Д. О перспективах рудных отвалов на месторождении Сан-Фернандо. Труды к 90-летию ИГЕМ РАН. «Породо- минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований». Научное электронное издание. (г. Москва). 2020 С. 102-104.