

ВИМС  **VIMS**

ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES
NAMED AFTER N.M.FEDOROVSKY
FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION

 **УТВЕРЖДАЮ**
Генеральный директор ФГБУ «ВИМС»

О.В.Казанов

04.09. 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Хассан Мусаб Авад Ахмеда «Минерализация благородных металлов (платиновой группы, золото) в офиолитовом комплексе Кала Эн Нахаль Умм Сагата обрамления Аравийско-Нубийского щита», представленную на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

В основу диссертационной работы Хассан Мусаб Авад Ахмеда положены результаты изучения автором разновозрастных структурно-формационных комплексов территории, а главное, итоги детальных исследований вещественного и элементного состава рудоносных пород офиолитов, содержащих золото и платиноиды.

Диссертация включает: введение, 4 главы основного содержания и заключение. В главе I изложены сведения о физико-географических условиях изучаемой территории. Глава II посвящена рассмотрению геологического строения района исследований. В главе III приведена детальная геология и геохимия офиолитового комплекса, и в главе IV нашла отражение характеристика потенциала его рудной минерализации. В главах II, III, IV приводится доказательный материал защищаемых положений диссертационной работы и их формулировки.

В главе II приводятся данные о геологическом строении района, основанные на анализе материалов предшественников и собственных работ автора. Выделены главнейшие структуры региона Аравийско-Нубийский

119017, Москва, Старомонетный пер., 31
Тел. (495) 951-50-43, Факс (495) 951-50-43.
Эл. Почта: vims@vims-geo.ru
Веб-сайт: www.vims-geo.ru

31, Staromonetny per., Moscow, 119017 Russia
Tel. (495) 951-50-43, Fax (495) 951-50-43.
E-mail: vims@vims-geo.ru
Web site: www.vims-geo.ru

щит на востоке и Сахарский мегакратон – на западе. В геологическом строении района участвуют следующие комплексы пород.

Наиболее древние, *нижнепротерозойские пара- и ортогнейсы* развиты на территории в виде изолированных возвышенностей. По своему составу отвечают гранитоидам, в основном средне- и крупнозернистым, интенсивно расслоенным и мигматизированным. Биотитовые гнейсы отвечают амфиболитовой фации регионального метаморфизма.

Метавулканыты, изученные автором в районе Кала Эн Нахаль и Салмин, состоят в основном из слюдяных, графитовых, хлоритовых и других сланцев, переслоенных кварцитами и тонкослоистыми мраморами. Под микроскопом установлены мелкие чешуйки слюды, магнетит и пирит, присутствующие главным образом в слюдяных и хлоритовых сланцах. Базальтоиды и связанные с ними метаосадки хлоритизированы и отнесены к зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Верхнепротерозойский офиолитовый комплекс пород, сложенный основными, ультраосновными интрузивными образованиями и подушечными лавами имеет тектонический контакт с нижнепротерозойским комплексом, развит на территории в виде линейных положительных структур, которые контролируются крупными тектоническими нарушениями. В его составе участвуют серпентинизированные ультраосновные породы – гарцбургиты при подчиненном количестве дунитов, основные-ультраосновные кумулятивные разности – габбро и пироксениты, массивные габбро и плагиограниты, подушечные базальты и пластинчатые долеритовые дайки. По формационному составу пород и последовательности его формирования рассматриваемый комплекс отвечает офиолитовым образованиям, детально изученным на других континентах Земли и в океанических структурах.

Гранитоиды района разделены на два типа – синорогенные и позднеорогенные, изученные автором в различных районах территории. Синорогенные гранитоиды представлены крупными батолитами, многие из которых отнесены к I типу магматического происхождения. Автором с применением современной лабораторной техники детально изучен минеральный и элементный состав пород и сделан вывод по их типизации.

Посторогенные и анорогенные гранитоиды широко распространены на территории, в основном в виде образований центрального типа. Они как правило имеют округлую или овальную морфологию, иногда выражены в виде кольцевых даек. По геохимическим данным они отнесены к щелочным разновидностям, некоторые из них представлены сиенитами, габбро и др. и практически всегда имеют наиболее древний возраст (более 700 млн лет), их корни имеют глубинный характер и установлены среди

нижнепротерозойских формаций. Выделены две разновидности посторогенных гранитоидов – более ранние двуслюдяные монолитные массивные и более молодые разности с ксенолитами гнейсов и основных пород.

Осадочные породы Гедаревской формации, состоящей из конгломератов, песчаников, песчаных аргиллитов и аргиллитов первично окисленных и грубослоистых, которые перекрывают все более ранние протерозойские, палеозойские и юрские образования. Они в свою очередь перекрываются кайнозойскими (олигоценowymi) вулканитами – базальтами и трахитами. Породы по своей структуре мелкозернистые, красно-коричневые и образованы в связи с поздними проявлениями вулканизма.

Результаты работ автора использованы при составлении современной геологической карты, которая является основой для дальнейших исследований и будет способствовать повышению эффективности и достоверности последующих геологических изысканий в регионе.

Однако наиболее важными для диссертационной работы в целом и тезисного положения в частности являются результаты детального изучения рудоносных офиолитовых комплексов, изложенных в заключительной части главы II.

Рассматриваемый офиолитовый комплекс пород по пологому тектоническому нарушению надвинут на толщу метавулканических пород нижнего протерозоя. В составе офиолитового комплекса в его нижней части доминируют ультраосновные – гарцбургиты и дуниты, основные – полосчатые габбро и пироксениты, а также массивные габбро. В строении комплекса выделяются подушечные базальты и долеритовые дайки, завершающие разрез офиолитов. По своему составу они практически полностью отвечают хорошо изученным океаническим офиолитам зон спрединга и субдукции.

В рассматриваемой части главы рассмотрены структурно-формационные, минералого-петрографические и геохимические особенности пород офиолитового - комплекса-базальные ультраосновные тектониты и кумулятивные основные-ультраосновные породы.

Базальные ультраосновные тектониты (мантийные перидотиты) обнажены в массивах Уташа и Кала Эн Нахаль и других. Они имеют наибольшее распространение и представлены серпентинитами, тальк-карбонатными и хлоритовыми сланцами. Перидотиты сложены минералами серпентинитовой группы. Серпентиниты разделяются на два типа: псевдоморфные и непсевдоморфные. Серпентиниты первого типа – продукт псевдоморфозы главного силиката, они развиты по пироксенам, оливину и

амфиолам в виде сетчатой структуры, позволяющей определить материнский дунит и гарцбургит. Непсевдоморфные серпентиниты образуются в результате перекристаллизации псевдоморфного серпентинита.

Серпентиниты мантийных перидотитов в дальнейшем подвергались гидротермальным изменениям вдоль сдвиговых зон с образованием карбоната талька и листвинита, кроме того в составе новообразований автором установлены хлориты магния, магнетит, турмалин и др. Турмалинсодержащие хлорит-тальковые сланцы также являются метасоматическими породами, подвергнувшиеся серпентинизации. Листвиниты легко выделяются благодаря их желто-коричневой окраске и положительному рельефу. В обнажениях листвиниты имеют массивные текстуры и системы прожилков. Кварцевые жилы образованы после внедрения листвинита.

Кумулятивные основные-ультраосновные породы представляют собой переходную зону между нижними ультрамафитовыми тектонитами и верхними комплексами пород. В составе комплекса установлены шпинельсодержащие дуниты, пироксениты и грубослоистые габбро. Кумулятивная фаза определяется повторением кумулятивных циклов за счет дифференциального осаждения пироксена или оливина относительно Са-плагиоклаза. Мафит-ультрамафитовые кумулаты сложены в основном слоистыми габбро, пироксенитами и перидотитами. По результатам микроскопических исследований диссертанта габбро в тонком сечении состоят из плагиоклаза и клинопироксена. Актинолит, эпидот, кальцит и хлорит являются вторичными минералами низкотемпературной зеленосланцевой фации метаморфизма. Ультрамафитовые кумулаты, образованные перидотитами и пироксенитами, формируют небольшие линзы в слоистых габбро.

Массивные габбро и плагиограниты. Габбро имеют средне-крупнозернистую структуру. В их минеральном составе установлены плагиоклаз, эпидот, цоизит, хлорит, роговая обманка и др. Плагиограниты имеют небольшие тела в офиолитовом комплексе, их происхождение существенно отличается от континентальных аналогов. Они варьируют от мелко- до крупнозернистых и в основном связаны с массивными габбро. Плагиограниты интенсивно изменены процессами зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Базальтовые лавы и долеритовые дайки, венчающие «разрез» офиолитовых комплексов, изучены автором в обнажениях, расположены недалеке от выходов массивных гранитоидов.

Лавы и дайки преобразованы в результате метаморфизма зеленосланцевой фации, сопровождавшегося проявлением соответствующих минеральных образований – альбит, хлорит, эпидот, актинолит и другие.

Таким образом, итоги изучения структурно-формационного строения и минералого-петрографического состава офиолитового комплекса, сопоставленные с опубликованными данными по аналогичным образованиям в океанических структурах, свидетельствуют, по мнению диссертанта, об их принципиальном сходстве. Рецензенты разделяют этот вывод и в целом считают доказанным Первое защищаемое положение, посвященное обоснованию принадлежности верхнепротерозойских серпентинизированных комплексов ультраосновных и основных пород района Кала Эн Нахаль Умм Сагата на юго-востоке Судана, к офиолитовому комплексу.

В последующем глава III диссертационной работы посвящена рассмотрению структурных и геохимических особенностей пород изучаемого офиолитового комплекса. Установленные *структурные деформации пород* комплекса диссертантом связываются с мощными тектоническими напряжениями и движениями, проявившимися в палеозое (640-560 млн лет) и вызвавшие деформацию вулканогенно-осадочных толщ, офиолитового комплекса и связанных с ним синорогенных гранитов. При изучении пород офиолитового комплекса диссертантом выделяются деформации, проявившиеся в результате трех фаз тектонического воздействия.

С первой фазой связано образование изоклиальной вертикальной складчатости, которая сформировалась при закрытии океанического бассейна и столкновении офиолитового и вулкано-осадочного комплексов. Деформации второй фазы представлены крупными складками, в том числе опрокинутыми грибовидными, сопровождаемыми кливажом и трещиноватостью. Деформации третьей фазы, выраженные тектонической сланцеватостью, связываются с проявлением крупного правостороннего сдвига, вызванного «процессами регионального сокращения площади».

«Структурный» раздел главы III вызывает определенные критические замечания. Соглашаясь с выводом об океанических условиях формирования офиолитового комплекса пород, рецензенты отмечают: во-первых, отсутствие рассмотрения эволюционно-геологических процессов, обеспечивших его выход на современные верхние, в т.ч. поверхностные уровни консолидированной континентальной коры; во-вторых, условия формирования установленных в обнажениях структурных деформаций в основном представляются умозрительными, не подкрепленными кинематическими и геодинамическими построениями; при сложности их реализации, в связи с островным характером размещения выступов

комплекса, следовало ограничиться их детальным описанием по результатам документации обнажений.

Геохимическими исследованиями охвачены все породные разновидности офиолитового комплекса. Для обеспечения достоверности их результатов использованы современные способы подготовки и анализа проб, в том числе методы масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, а также методы электронного микронзондового анализа. Исследованы мантийные перидотиты, кумулятивные ультраосновные и основные породы, подушечные лавы и др. Получены геохимические данные, отражающие тектонические условия образования пород и эволюцию их преобразования. Однако наиболее важное значение в диссертации придается мантийным перидотитам комплекса Кала Эн Нахаль Умм Сагата, поэтому на его характеристике будет сосредоточено внимание рецензентов.

Для *мантийных перидотитов* при широком разбросе содержаний окислов основных элементов характерно обеднение Al_2O_3 , CaO, TiO_2 , MnO, P_2O_5 , что отвечает аналогичным характеристикам мантии. В диаграмме Орх-ОI-Срх перидотиты соответствуют полю гарцбургитов. Они обеднены литофильными микроэлементными, но обогащены несовместимыми (некогерентными) малыми элементами – Rb, Ba, U и La и имеют более низкие содержания тяжелых РЗЭ. По условиям образования выделяют перидотиты пассивной окраины, срединно-океанических хребтов, внутриплитные и активной окраины. Обедненные Al_2O_3 и CaO характеризует обстановку преддуговых перидотитов. Большая часть проанализированных акцессорных минералов хромититов отвечает полю деплетированного мантийного перидотита, соответствующего по данным зарубежных исследователей субдукционной, а точнее надсубдукционной обстановке. Таким образом, мантийные серпентинизированные перидотиты офиолитового комплекса района Кала Эн Нахаль Умм Сагата вероятнее всего формировались в преддуговой субдукционной обстановке, с чем в принципе согласны рецензенты.

Определенные различия в геохимическом облике других породных комплексов офиолитов вероятно связаны с различными условиями их преобразования. В связи с этим второе защищаемое положение, посвященное установлению тектонической обстановки формирования пород офиолитового комплекса, доказательно определяет преддуговую субдукционную обстановку формирования, тем более что позиция мантийных перидотитов, субстрата комплекса, обоснована как преддуговая.

Глава IV диссертационной работы посвящена характеристике потенциальной рудоносности офиолитового комплекса, главным образом хромитоносности, золотоносности и платиноносности.

Проявления хромитов установлены во многих обнажениях офиолитового комплекса пород и представлены мелковкрапленными, массивными, полосчатыми и другими типами минерализации. Все они относятся к подиформному типу объектов и представлены высокими содержаниями хромшпинелидов, локализованными в породах офиолитового комплекса района Кала Эн Нахаль Умм Сагата. Хромшпинелевая минерализация часто сопровождается феррохромом, магнетитом, а также миллеритом, галенитом и жильными – хлоритом, тальком и карбонатами.

Хромитовое оруденение локализуется в основных-ультраосновных магматических комплексах, часто ассоциируется с минералами цветных металлов и с платиноидами.

Установленные проявления платиноидов относятся к двум генетическим типам: первые, к первичным, сингенетичным, образованным при высоких температурах в ходе магматических процессов, вторые – к эпигенетическим, наложенным, сопровождающим серпентинизацию и гидротермальную карбонатизацию. Наибольшее распространение имеют проявления первичных платиноидов.

С гидротермальными новообразованиями – листвинитами и кварцевыми жилами, связана повышенная золотоносность. Наиболее контрастные проявления золотоносности (до 0,5 г/т) установлены автором в кварцевых жилах среди листвинитов, синорогенных гранитоидов и вулканогенно-осадочных образований. Формирование жил связывается со сдвиговыми тектоническими раскрытыми трещинами растяжения. По мнению диссертанта, формирование золотой минерализации происходило из восходящих флюидов в субдукционных обстановках. Золоторудная минерализация сопровождается пиритом, галенитом, халькопиритом и другими сульфидами.

Проявления платиноидов и золота могут служить признаками промышленного оруденения в изученных структурно-формационных комплексах района Кала Эн Нахаль Умм Сагата Судана, которые заслуживают проведения поисковых и поисково-оценочных работ.

На основе проведённых исследований благороднометалльной рудоносности изученных структурно-формационных комплексов диссертантом сформулировано третье защищаемое положение, которое рецензенты считают вполне доказанным.

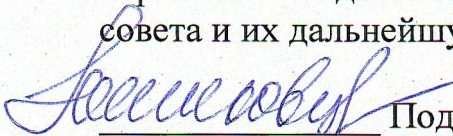
Таким образом, диссертационная работа «Минерализация благородных металлов (элементы платиновой группы, золото) в офиолитовом комплексе Кала Эн Нахаль Умм Сагата обрамления Аравийско-Нубийского щита (Гедариф, Судан)» раскрывает новые черты геологического строения, минералого-петрографического состава, рудоносности и условий образования офиолитового комплекса пород района. Она в полной мере отвечает требованиям ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

По мнению рецензентов, полученные выводы имеют важное научное и практическое значение, а автор работы - Хассан Мусаб Авад Ахмед безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Отзыв на диссертацию Хассан Мусаб Авад Ахмед обсужден на заседании Ученого совета ФГБУ «ВИМС», протокол №5 от 01.08.2024 г., и принят в качестве официального отзыва ведущей организации.

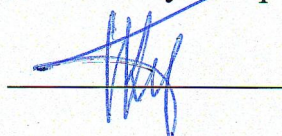
Машковцев Григорий Анатольевич
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
научный руководитель института

Я, Машковцев Григорий Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку 04.09. 2024 г.

 Подпись

Кушнарев Петр Иванович
доктор геолого-минералогических наук
главный научный сотрудник отдела методики
геолого-экономической оценки и разведки месторождений

Я, Кушнарев Петр Иванович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку 04.09. 2024 г.

 Подпись

Собственноручную подпись сотрудника ФГБУ «ВИМС»
Машковцева Г.А. Кушнарев П.И.
удостоверяю
Помощник генерального директора*
ФГБУ «ВИМС» Машкина Т.В.
«04» сентября 2024 г.

