

На правах рукописи

Хани

ШАРАФЕЛДИН ХАНИ ЭЛЬСАЙЕД

**ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ
КРУПНОТОННАЖНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
СУКАРИ В ВОСТОЧНОЙ ПУСТЫНЕ ЕГИПТА**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва- 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ).

Научный руководитель **Верчеба Александр Александрович**
доктор геолого-минералогических наук,
профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный
геологоразведочный университет имени Серго
Орджоникидзе». (МГРИ)

Официальные оппоненты: **Валерий Юрьевич Фридовский**
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
директор ФГБУН «Института геологии алмаза и
благородных металлов СО РАН» действительный член
Академии наук РС(Я)

Дорожкина Людмила Алексеевна
кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ведущий
специалист ФГБУ «Всероссийский научно-
исследовательский институт минерального сырья им.
Н.М.Федоровского» (ВИМС)

Ведущая организация: **Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов» (РУДН)**

Защита состоится «20» июня 2019 года в 16 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д.212.121.04 при ФГБОУ ВО «РГГРУ имени Серго Орджоникидзе» 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 ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, <http://mgri-rggru.ru/>

Автореферат разослан «__» Апреля 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д.212.121.04

 Ганова С.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования: Золотые месторождения во всём мире – один из наиболее привлекательных для инвесторов высоколиквидных минерально-сырьевых объектов. Рассматриваемое в работе месторождение Сукари является одним из значительных золоторудных объектов на территории Аравийско-Нубийского щита и представляет интерес для понимания геологии золоторудных месторождений, расположенных на северо-востоке Египта.

Промышленная минерализация золота выявлена на месторождении Сукари. Месторождение относится к категории крупнотоннажных с запасами металла 340 тонн. Среднее содержание золота в руде составляет 1,7 г/т. [Smith, P., 2017]. Большой объем рудной массы позволяет разрабатывать месторождение открытым способом. Эти особенности делают месторождение привлекательным для инвесторов, и его изучение необходимо для планирования геологоразведочных работ на глубину. На месторождении Сукари с использованием тектонофизического анализа предварительно определены важнейшие рудоконтролирующие факторы. Это позволило рассматривать месторождение Сукари как эталонный рудный объект золото кварц-малосульфидной рудной формации [по М.М. Константинову]. Перспективы промышленного золотого оруденения на территории Восточной пустыни Египта и прирост ресурсов золота могут быть связаны с исследованием месторождений данного формационного типа.

Это делает *диссертационную работу* актуальной для горно-геологической отрасли Египта, которая может устойчиво развиваться лишь при условии высокой надёжности собственной минерально-сырьевой базы стратегических видов полезных ископаемых.

Цель работы – Установить типы золоторудной минерализации Восточной пустыни Египта и геолого-структурные закономерности локализации руд крупнотоннажного месторождения Сукари на основе геодинамического и структурно-тектонического анализа.

Основные задачи исследования

- На основе геотектонического анализа проявлений золотой минерализации в докембрийских комплексах неопротерозойского этапа развития Панафриканского орогена определить геодинамическую обстановку формирования промышленных месторождений золота Египта.
- Установить потенциальные золотоносные формации в Восточной пустыне Египта и обосновать перспективы рентабельного освоения месторождения Сукари.
- Выявить рудоконтролирующие и рудовмещающие структурные элементы крупнотоннажного золоторудного месторождения Сукари.

Фактический материал и личный вклад автора. Автором проводились полевые и камеральные исследования на золоторудном месторождении Сукари и других рудопроявлениях золота.

Непосредственно автором выполнены такие виды исследований, как:

- сбор и анализ многочисленных опубликованных литературных и фондовых материалов по геологии региона;
- структурно-тектонический анализ условий залегания золотокварцевых жил и выявление признаков тектонических зон дилатансии;
- создание ГГИС модели крупнотоннажного месторождения Сукари с использованием ПО “Micromine”;
- обобщение геохимических данных по рудовмещающим гранитоидам и вулканогенно-осадочным отложениям;
- минераграфическое изучение минерального состава руд и последовательности формирования связанных с ними рудных минеральных ассоциаций;
- составление всех графических приложений (схем, диаграммы и др.), на которых базируются защищаемые положения;
- формулирование основных результатов исследований, выводов и заключений.

Методы исследований. Металлогенический анализ геологии северной части Аравийско-Нубийского щита (АНЩ) выполнен на основе методик геодинамического картирования формаций горных пород и палеотектонической реконструкции территории Восточной пустыни Египта (ВЕП) с привлечением результатов дешифрирования космоснимков Landsat ETM+. Структурный анализ месторождения проводился с выделением систем рудовмещающих трещин и определением стадий деформаций, определением положения осей напряжений и деформаций.

Научная новизна

1. Установлено, что потенциальная золотоносность территории ВЕП связана с определёнными стадиями эволюции неопротерозойского этапа Панафриканского орогена.
2. Рудные формации золота локализованы в породах вулканогенного и интрузивного вещественно-структурных комплексов, сформированных на заключительных стадиях геодинамического развития территории
3. Установлена структурная позиция месторождения Сукари, расположенного в эндо- и экзоконтакте интрузивного массива калиево-щелочного химического состава с протерозойскими метаморфическими породами, включающими углеродистые сланцы.
4. Определен формационный тип золотого оруденения как месторождения золотокварц-малосульфидной рудной формации, и установлены признаки генетической связи золотого оруденения с возможным проявлением тектонических зон дилатансии вмещающих пород.

Практическая значимость работы

1. В геологическом строении территории ВЕП определены потенциально золотоносные вещественно-структурные комплексы пород.
2. Определен формационный тип руд месторождения золота Сукари и околорудные золотосодержащие метасоматиты.
3. Установлены рудоконтролирующие факторы локализации месторождения Сукари и тектонофизические условия формирования богатых руд месторождения.

4. Результаты исследования показали, что из более ста проявлений золотой минерализации на территории ВЕП, только с интрузивным комплексом позднеколлизийной стадии Панафриканского орогена связаны промышленные концентрации золота.

5. Созданная нами компьютерная модель 3D месторождения Сукари позволила с большой детальностью оценить распределение золота в жильных и прожилковых зонах и основные тренды развития оруденения на глубину.

6. Материалы диссертации были использованы для проведения практических занятий со студентами по дисциплине «Геолого-промышленные типы месторождений».

Апробация результатов исследования

По теме диссертации опубликовано восемь печатных работ, в том числе шесть в рецензируемых ВАК журналах. Основные положения и результаты исследования опубликованы в материалах десяти международных и четырех всероссийских конференциях.

Структура и объем работы. Работа состоит из 7 глав, введения, заключения, списка литературы из 118 наименований. Общий объем диссертации составляет 115 страницы, включая 59 рисунков и семь таблиц.

Защищаемые научные положения

1. В геологическом строении северного фрагмента докембрийского Аравийско-Нубийского щита на территории Египта впервые установлены потенциально-золотоносные и золотоносные вещественно-структурные комплексы пород (ВСК). В их составе выделены различные геологические формации, типы метасоматитов и типы золоторудной минерализации. Концентрация золота происходила последовательно на протяжении пяти стадий геодинамической эволюции ВСК. С позднеколлизийной стадией связано формирование крупнотоннажного месторождения золото кварц-малосульфидного геолого-промышленного типа.

2. Месторождение золота Сукари приурочено к интрузивному массиву, сложенному гранитоидами и габбро-диоритами и состоит из четырёх рудоносных зон штокверкового и жильного строения, включающих золоторудные залежи. Рудные залежи месторождения представлены золото кварцевыми жилами и прожилково-вкрапленным оруденением в апикальной части гранитного массива висячем боку на контакте с углеродистыми сланцами.

3. Рудные жильные тела месторождения Сукари локализованы в участках сочленения и пересечения тектонических нарушений, а также в зонах интенсивного дробления интрузивных пород. Основные золото кварцевые жилы приурочены к участкам тектонической дилатансии интрузива, сформированной во взбросовом поле тектонических напряжений.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры геологии месторождений полезных ископаемых МГРИ, заведующему кафедрой профессору, д.г.-м.н. П.А. Игнатову, своему научному руководителю д.г.-м.н., профессору А.А. Верчебе, взявшему на себя нелёгкий труд наставничества над

иностранным соискателем, без ценных консультаций и всесторонней помощи которого сложно представить написание данной работы. Глубокую признательность и особую благодарность выражаю кандидату геолого-минералогических наук, доценту Н. Ю. Васильеву за полезные консультации по вопросам тектоно-структурного анализа месторождений. Автор глубоко благодарен своей семье за систематическую поддержку в работе.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1. В геологическом строении северного фрагмента докембрийского Аравийско-Нубийского щита на территории Египта впервые установлены потенциально-золотоносные и золотоносные вещественно-структурные комплексы пород (ВСК). В их составе выделены различные геологические формации, типы метасоматитов и типы золоторудной минерализации. Концентрация золота происходила последовательно на протяжении пяти стадий геодинамической эволюции ВСК. С позднеколлизийной стадией связано формирование крупнотоннажного месторождения золотокварц-малосульфидного геолого-промышленного типа.

Докембрийские породы фундамента Аравийско-Нубийского щита в районе Восточной пустыни Египта между долиной Нила и побережьем Красного моря формируют тектонический покровно-складчатый клин субмеридиональной ориентировки. Горные породы представлены офиолитовыми и островодужными ассоциациями пород, интрузивными комплексами, сформированными в условиях континентальной окраины (андезитовые дациты, риолиты) и в квазиplatformенных условиях (метаосадки, тоналитовые гранодиориты).

По современным представлениям породы фундамента формировались в течение неопротерозойского этапа развития АНЩ в течение нескольких стадий [El Gaby 1990; Stern, 2006, 2004; Drury, 2013; El Mahallawi, 2012]:

1. рифтогенез и распад континента Родинии;
2. спрединг морского дна и образование офиолитов океанической литосферы, (офиолитовая стадия);
3. субдукция и развитие задуговых вулканогенно-осадочных бассейнов и тоналитового магматизма;
4. аккреция / коллизия, формирование Панафриканского орогена;
5. внедрение щелочных позднеколлизийных гранитоидов.

В геологическом строении северного фрагмента докембрийского Аравийско-Нубийского щита на территории Египта выделены золотоносные и потенциально золотоносные вещественно-структурные комплексы горных пород (ВСК). В их строении участвуют различные геологические формации. В горных породах проявлены метасоматические изменения и связанные с ними минеральные типы руд золота. Формирование золоторудной и золотоносной минерализации происходило последовательно на протяжении пяти стадий геодинамической эволюции района – рифтогенного, островодужного, субдукционного, коллизийного и позднеколлизийного (рис.1 и рис. 2).

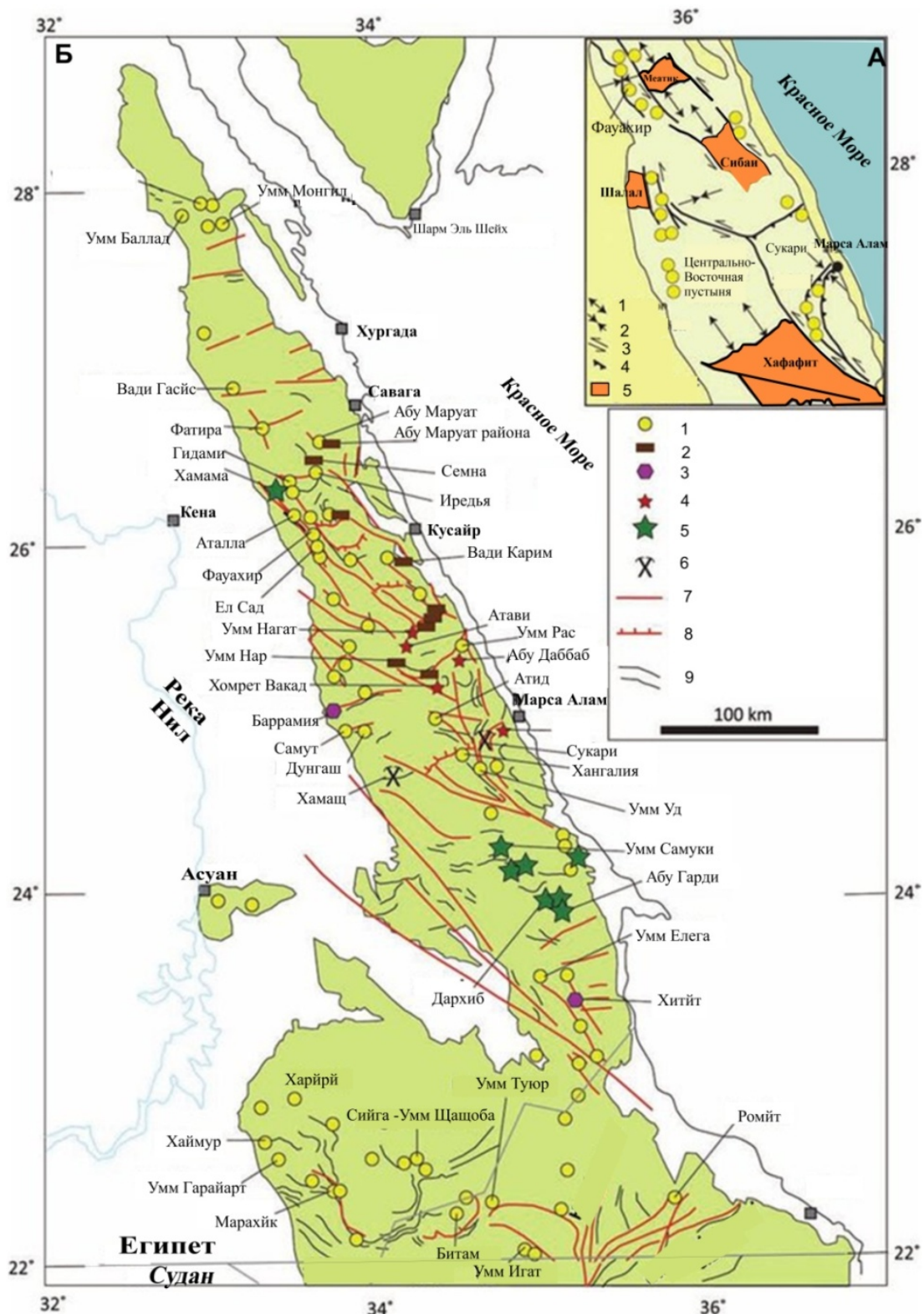


Рис.1. Месторождения и проявления золотой минерализации докембрия на территории Египта [Botros 2004; Helmy et al. 2004; Johnson et al, 2017]

А- 1-тектонические зоны растяжения; 2- тектонические зоны сжатия; 3- сдвиги; 4- надвиги; 5- гранито-гнейсовые купола

Б 1- месторождения и рудопроявления золота в гранитоидах коллизионного комплекса; 2- рудопроявления золота в породах железисто-кремнистой формации 3- рудопроявления золота в породах ультрамафитового комплекса; 4- интрузивы с проявлением жильного золота; 5- месторождения и проявления золота в породах вулканогенного комплекса; 6- стволы шахт; 7- сдвиги; 8- надвиги; 9- сланцеватость пород

Эра / период	Тектонический этап	Возраст	Литологические комплексы		Минеральные типы руд	Метасоматиты околорудные	Магматизм
Неопротерозой	Панафриканский	Коллизионный	600-570	Метавулканиды (андезиты, риолиты, риодациты, их туфы, пирокластические породы,	III		S
				Метаосадочные породы формации Хаммамата			
				Метаосадочные породы формации Хаммамата			
				Метаосадочные породы формации Хаммамата			
				Метаосадочные породы формации Хаммамата			
Архей / палеопротерозой		< 1.8 млрд. лет	Метаосадочные породы				
			Гранито-гнейсовые купола и мигматиты				

Рис. 1. Вещественно-структурные комплексы горных пород Восточной пустыни Египта

Условные обозначения

Минеральные типы золотых руд

- I. Углеродисто-кремнистый золотосодержащий с МПГ
- II. Железисто-кремнистый золотосодержащий
- III. Колчеданный (золото-сульфидный)
- IV. Золотокарц-сульфидный

Метасоматиты околорудные

-  Кремнисто-углеродистые
-  Кремнисто-железистые
-  Березиты-пропилиты

Проявления древнейшей золотой минерализации связаны с породами **ультрамафитового вещественно-структурного комплекса**, включающего образования офиолитовой ассоциации и серпентинитового меланжа. С ними ассоциируют известково-щелочные породы вулканических дуг активных континентальных окраин и терригенные отложения, представленные кварц-хлоритовыми, углеродистыми и углисто-кремнистыми сланцами. Эти породы формируют надвиговую структуру (рис.3). [El Bahariya, G., 2012].



Рис.3. Чешуйчатый надвиг между серпентинитами тальк-карбонатными пластинами и вулканогенно-осадочными отложениями [Abd El-Wahed and Kamh, 2010]

Для вещественно-структурного комплекса, самого раннего на изучаемой территории, установлено проявление золота в прослоях чёрных сланцев, метадиабазах и серпентинитах, причем концентрация золота в углеродистых породах на три порядка выше кларка [Buisson G., 1985]. Это, по-видимому, свидетельствует о накоплении золота в углеродистых породах и его последующем перераспределении при кремнисто-углеродистом метасоматозе.

Главная масса золота в породах и рудах накапливается преимущественно в тонкодисперсной форме как в сульфидах (главный концентратор), так и в других минералах, особенно в гидроксидных.

Зеленокаменные породы данного вещественно-структурного комплекса изначально были обогащены золотом, находившимся в дисперсном состоянии во вмещающих серпентинизированных породах. Содержание золота достигает $n \times 10$ ppm. Поэтому эти породы могут рассматриваться как источник золота для формирования золоторудных месторождений на более поздних стадиях геотектонической эволюции территории.

Второй потенциально золотоносный вещественно-структурный комплекс сложен переслаиванием метадиабазов, метаграувакк, метаалевролитов и сланцев. В основании ритмов залегают metabазальты, метадиабазы, которые через переслаивание переходят в осадочные породы верхних частей ритмов. Ритмичность подчеркивается переслаиванием глинистых пород с карбонатным материалом. Породы зеленовато-серые до темно-серых, тонко-мелкозернистые, содержат мелкие обломки кварца.

В породах вулканогенно-осадочного комплекса промышленная золотая минерализация не выявлена. Специального изучения золотоносности требуют горизонты углеродистых сланцев с локальным проявлением сульфидов. Данный вещественно-структурный комплекс мы рассматриваем как потенциально золотоносный.

К породам **третьего вещественно-структурного комплекса** относятся породы железисто-кремнистой формации (ЖКФ) или формации полосчатых

железистых кварцитов («Banded Iron Formation» (BIF). Они распространены линейно вдоль западного побережья Красного моря и залегают среди осадочно-вулканогенных пород, которые формировались в троговых зонах с активным проявлением подводного вулканизма и представлены метаморфизованными железистыми кварцитами, джеспилитами и сланцами. Перспективными на выявление золотосодержащей минерализации в породах ЖКФ могут быть железокремнистые отложения с проявлением признаков гидротермальной деятельности в условиях активизации субмаринного вулканизма толейтового типа. Такими признаками являются горизонты с сульфидной поликомпонентной минерализацией и гематитовые прослои микробрекчиевой текстуры. Главными компонентами золотосодержащих горизонтов в полосчатых железистых кварцитах являются пирит, халькопирит, сидерит, хлорит, карбонаты и кварц. В таких горизонтах отмечена концентрация золота 0,8-1,5 г/т в гематитовых прослоях, содержащих сульфидную минерализацию Cu, Ni, Co, Pb, Zn [Khalil, 2012].

Четвертый вещественно-структурный комплекс представлен широко распространёнными вулканогенными породами. Вулканиды отличаются разнообразием от мафических до фельзических разновидностей. Среди вулканогенных пород преобладают метабазалты и преобразованные из них плагиоклазовые сланцы и хлоритовые сланцы. С проявлением дифференцированных вулканогенных отложений связана полисульфидная минерализация и колчеданные полиметаллические руды. Это сульфидные руды, содержащие высокие концентрации меди, цинка, свинца, золота и серебра [Botros, 2004]. Установлено содержание золота до 2,5 г/т, серебра 44,7 г/т, и цинка 4,71% в зоне окисления сульфидных руд [Barrie, 2016]. В рудах также отмечены кобальт, кадмий, теллур, висмут, галлий и германий.

Таким образом, вулканогенный комплекс включает промышленные скопления золотосодержащих колчеданных сульфидных руд и является перспективным на золото.

Пятый вещественно-структурный комплекс. Интрузивный вещественно-структурный комплекс сложен магматическими породами, сформированными в коллизионный этап развития докембрия в пределах северного фрагмента Аравийско-Нубийского щита.

В геологическом строении комплекса принимают участие массивы многофазных гранитоидов и даек габбро-диоритов. Гранитоиды внедрены в мощную толщу сравнительно пластичных глинистых сланцев, андезитовых и дацитовых туфов, подчиненных им лав, а также мелких линз серпентинитов.

К породам этого вещественно-структурного комплекса приурочен золотокварц-малосульфидные тип руд штокверков и жил в интрузивных телах и их экзоконтактах.

Характеристика геологического строения и вещественного состава горных пород, выделенных нами потенциально золотоносных и золотоносных комплексов представлена в табл. 1.

Таким образом, вещественный состав докембрийских комплексов пород, их строение и продуктивность минерализации золота определяются эволюцией

геодинамических обстановок в пределах северной части Аравийско-Нубийского щита. Золотая минерализация проявлена в разной степени во всех вещественно-структурных комплексах пород Восточно-Египетской пустыни. Установлено, что на ранних стадиях геотектонического развития территории происходит накопление золота в ультрамафитах и углеродистых сланцах. Месторождения золота в это время не образуются. Концентрация золота закономерно увеличивается от пород ранних стадий формирования Панафриканского орогена к поздним. На заключительных стадиях происходит перераспределение золота и его концентрация в колчеданных месторождениях и в позднеколлизийных гранитоидных породах калиево-щелочного состава и кварц-полевошпатовых метасоматитах.

Таблица 1

Золотоносные вещественно-структурные комплексы Восточной пустыни
Египта

Вещественно-структурный комплекс	Этап формирования/возраст образования	Ассоциация пород, минерализация, оруденение, месторождения и проявления золотой минерализации	Тектоническое строение	Метасоматиты окколорудные	Золотоносность г/т, ppm
Интрузивный	Позднеколлизийный (< 570 млн. лет) [Moussa et al 2008]	Многофазные гранитоиды и габбро-диориты. Золото-кварц-сульфидные руды Сукари; Дунгаш; Эль Сид; Фавахир	Интрузивные массивы, дайки	Березиты-пропилиты	0.6-8.8 г/т [Botros N.S., 2015]
Вулканогенно-плутоногенный	Коллизийный (600-570 млн. лет) [Wide and Youssef, 2000]	Андезиты, риолиты, риодациты. Вулканические массивные сульфиды. Колчеданные руды. Хамама; Ум Самуки; Дархиб	Вулканотектонические постройки, вулканические купола	Серицитолиты, хлоритолиты	0,5 -2,05 г/т [Barrie C., 2016]
Железисто-кремнистый	Тектонической активизации (750-650 млн. лет) [Ali et. al. 2009]	Полосчатые железистые кварциты, джеспилиты. Железные руды. Абу Марават; Вади Карим; Гебель Семна	Складчатое	Кремнисто-железистые	0,8 - 1,5 г/т. [Khalil, 2012]
Вулканогенно-осадочный	Островодужный (800-750 млн. лет) [Dixon, 1981]	Метабазальты, метадиабазы	Вулканотектонические структуры	?	Нет данных
Ультрамафитовый	Рифтогенный (850-800 млн. лет) [Stern, 2004]	Офиолиты, сланцы, серпентиниты, тальк. Сульфидизация (пирит, галенит) Барамия	Тектонический меланж	Кремнисто-углеродистые	n*10 ppm, [Buisson, 1987].

2. Месторождение золота Сукари приурочено к интрузивному массиву, сложенному гранитоидами и габбро-диоритами и состоит из четырёх рудоносных зон штокверкового и жильного строения, включающих золоторудные залежи. Рудные залежи месторождения представлены золотокварцевыми жилами и прожилково-вкрапленным оруденением в апикальной части гранитного массива в его висячем боку на контакте с углеродистыми сланцами.

Рудный район месторождения Сукари расположен в породах складчато-надвигового пояса, образованного в верхнем протерозое–рифее при развитии тектонических процессов панафриканского орогенеза. Процессы рудообразования на месторождении связывают с коллизией [Helmy, 2004].

Рудный район месторождения Сукари приурочен к поясу офиолитовых пород островной дуги с внедрёнными в них интрузивами массивами. Граниты, диориты и дайки фельзитов были внедрены в породы офиолитового комплекса на позднеорогенном этапе.

Гранитный интрузив Сукари представлен несколькими фазами, его состав изменяется от граносиенитов до граномонцититов. Интрузив по данным изотопных отношений Rb/Sr в породе был образован 559 ± 6 млн. лет, а проявление калиевого щелочного метасоматоза гранита соответствует времени 520 ± 11 млн. лет по данным опробования метасоматитов. Таким образом, гранит Сукари принадлежит позднеколлизионным гранитам. Возраст золотого оруденения, по данным рубидий-стронциевого анализа, датируется 522 ± 12 млн. лет (Ghoneimetal., 1999).

Гранит Сукари приурочен к висячему боку надвига Сукари, длинная ось интрузива простирается параллельно региональной сланцеватости с углом падения $50-70^\circ$ на восток. Интрузив вытянут с ССВ на ЮЮЗ на 2,3 км. В северной, наиболее широкой части его поперечник достигает 700—800 м. На юг он резко сокращается до 100—150 м.

Тектонические контакты между гранитом интрузива Сукари и вмещающими породами субвертикальные. Контакты интрузива прослежены в двух главных направлениях. Север-северо-восточное и северо-восточное направления соответствуют фронтальным границам пластин надвига.

Пространственное положение месторождения Сукари в гранитном интрузиве определяется тектоно-физическими факторами контроля золотого оруденения. Гранит внедрился в пластичные метаморфизованные вулканогенные породы и серпентиниты по региональной зоне разломов и надвигов северо-восточного простирания, соответствующему ориентировке палеопротерозойских рифтогенных структур. Хрупкое тело гранитов в пластичных зеленосланцевых породах подвержено проявлению в нём как пологих контракционных трещин, так и разноориентированных систем тектонических трещин, выполненных крупными золотокварцевыми жилами с участками их брекчирования.

Выделены четыре рудные зоны с севера на юг: Фараон, Газель, Ра и Амун. Мощность гранитного плутона уменьшается с глубиной, и он смещен плоскостями надвигов. Морфологически рудные зоны можно рассматривать как линзовидные штокверки (рис. 4).

Рудная зона Амун сложена мелкими жилами, выполняющим трещины скола и рудными апофизами преимущественно северо-западного и запад—северо-западного направлений. В хрупких гранитоидных образованиях стержневые жилы представлены брекчией или зонами трещиноватости. Приуроченные к ним маломощные жилы (до десятков сантиметров) и прожилки отличаются рудами брекчиевой текстуры или штокверками. Эти жилы, прожилки и штокверковые зоны выполняют разломы мощностью один метр и протяженностью до 100 м.

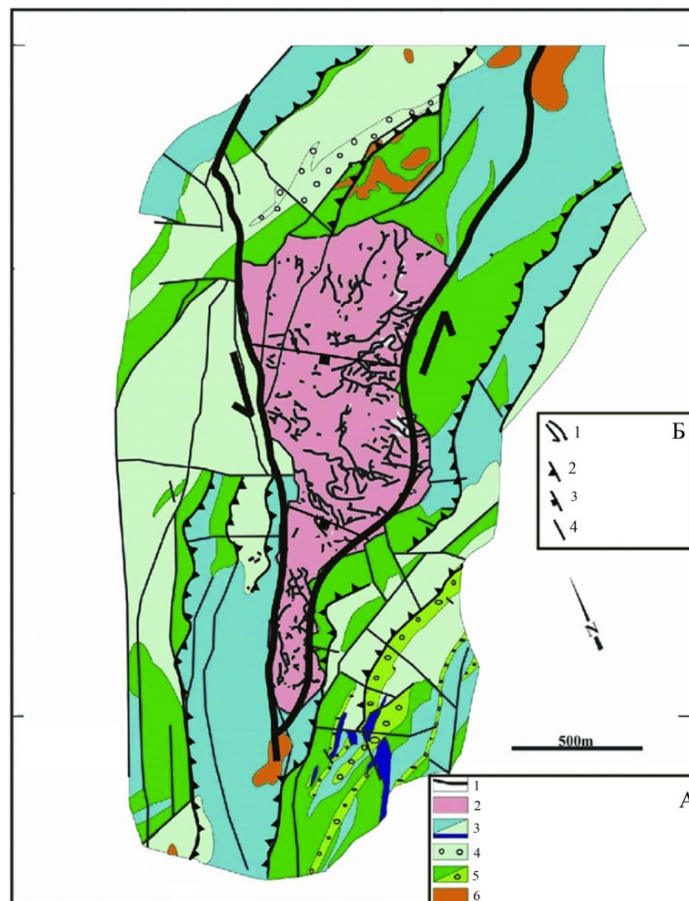


Рис. 4. Геологическая схема месторождения Сукари

А- 1. Кварцевые жилы; 2. Гранит порфировый; 3. Андезиты и их туфы; 4. Конгломераты; 5. Андезито-базальты и их подушечные лавы; 6. Габбро
Б- 1. Сдвиги; 2. Надвиги; 3. Сбросы; 4. Трещины

Оперяющие зоны трещиноватости гранитов образуют структурную «решетку», в которой локализованы маломощные золотокварцевые жилы, прожилки и околорудные березиты (золоторудный штокверк).

Кроме того, минерализация золота связана с тектоническими брекчиями, которые сформировались в местах отделения от ветвей разлома субширотных

оперяющих сколов и рудных апофиз. Цемент брекчий содержит золото-кварц-сульфидную минерализацию. Мощность рудных образований возрастает при этом до 15—25 м. Основные жилы сопровождаются серией параллельных прожилков и образуют рудные скопления значительной мощности по сравнению с жилами.

Золотое оруденение занимает апикальную часть гранитов, где интенсивно проявлена прототрещиноватость пород, ориентированная вкрест тектоническим контактам (рис. 5). Главной особенностью пространственного положения оруденения в рудных зонах является его проявление в виде сульфидно-кварцевых жил и слабо золотоносных метасоматитов типа березитов. В локальных минерализованных участках отмечены ореолы березитов, которые прослежены на 1-2 м по обе стороны от жил.

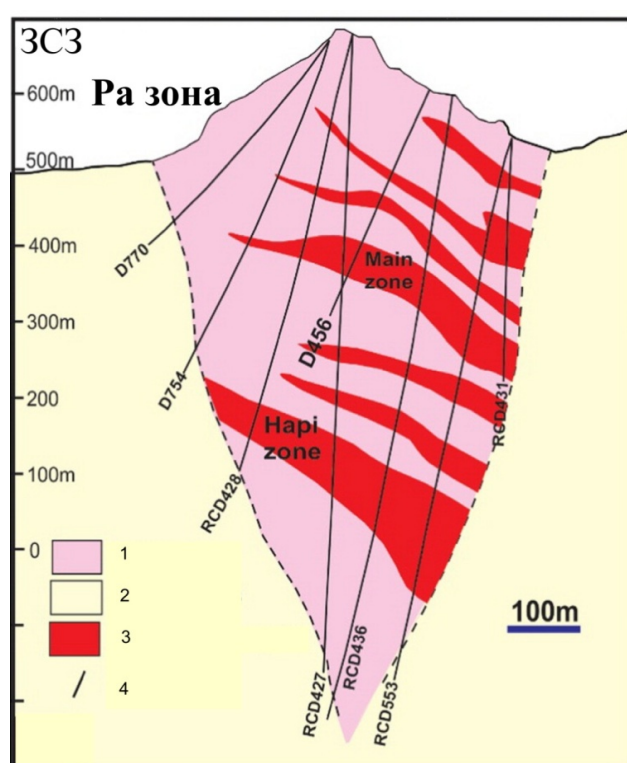


Рис. 5. Геологический разрез рудной зоны «Ра»;
1-граниты, 2- сланцы, аргиллиты, 3- золотоносные залежи, 4- скважины

Рудные залежи как элемент строения рудных зон представляют собой минерализованные участки в кварцевых жилах, тектонических брекчиях, прожилках с сульфидами и прослежены на десятки метров. Золото-кварцевые и золото-кварц-малосульфидные рудные залежи связаны с наиболее нарушенными тектоническими участками гранитов.

Интенсивность прожилкования возрастает вблизи тектонических трещин, приближенных к сдвигам северо-восточного простирания (рис. 6). Зоны прожилков состоят из массивного кварца с рассеянным золотом и сульфидными минералами. Высокое содержание золота связано с прожилками сульфидов и вкрапленностью пирита и арсенопирита. Выявлено свободное золото, размером 1 - 2 мм, заключённое в кварце.

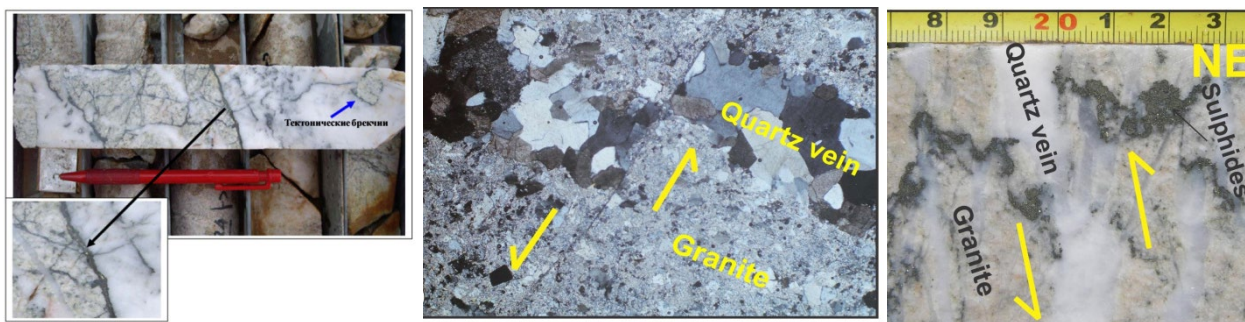


Рис. 6. Золотая минерализация в тектонических брекчиях и в прожилках сульфидов

В рудных жилах присутствуют сульфидные рудные минералы, главным образом пирит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, галенит и пирротин. Доля сульфидных минералов в руде составляет около 5%. Пирит является наиболее распространенным сульфидом и преобладает над арсенопиритом. Субмикроскопические кристаллы, тонкие крапления сульфидов и золота отмечены в кварцевых жилах и тектонических брекчиях. Связано с пиритом золото в руде находится в основном в самородном виде или присутствует в золотосодержащем пирите (до 5-7 г/т) (рис. 7). Содержание золота изменчиво в пределах одной жилы. Заметное увеличение содержания золота было отмечено там, где жилы или вмещающие породы заполнены мелкорассеянными агрегатами углерода.

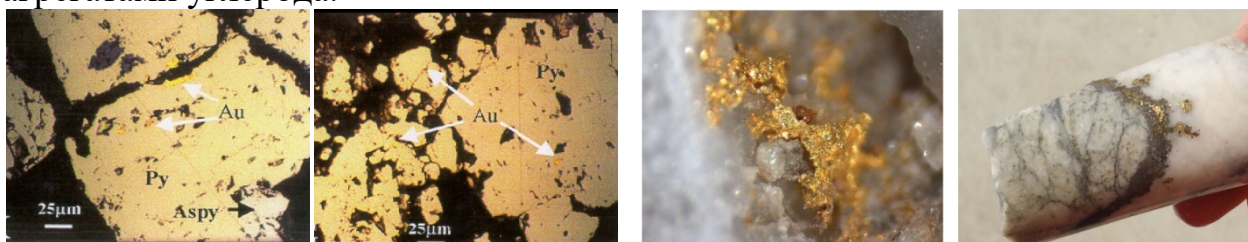


Рис.7. Золотая минерализация в сульфидах

Самородное золото, как более позднее, заполняет прожилки и микропоры в деформированных агрегатах пирита и арсенопирита. Другие сульфиды, такие как галенит, халькопирит, сфалерит, пирротин в руде являются второстепенными.

Таким образом, ведущими факторами локализации промышленного золотого оруденения в гранитоидах являются:

- неоднородные по составу и, следовательно, по физико-механическим свойствам гранитоидные породы, варьирующие от монцонит-гранитов, до сиенит-гранитов;
- апикальная часть гранитов, где наиболее интенсивно проявлена прототектоническая трещиноватость горных пород;
- проявление в гранитах пологих трещин, подновлённых надвигами, которые вмещают стержневые золотокварцевые жилы;
- оперяющие зоны трещиноватости в гранитах образуют структурную «решетку», в которой локализованы маломощные золотокварцевые жилы, прожилки и околорудные золотоносные метасоматиты.

Золотая минерализация в Восточной пустыне Египта связана с проявлением интенсивной калий-щелочной магматической деятельности на позднеколлизийном этапе эволюции складчатой области. Оруденение золота на месторождении Сукари тесно связано с минерализацией сульфидов и относится к золотокварц-малосульфидной формации.

Для уточнения геологического строения месторождения и анализа морфологических особенностей рудных тел была построена цифровая модель участка месторождения в ГГИС «Micromine». Для моделирования геологического строения данного месторождения были использованы файлы устьев 165 скважин (координаты устья (X, Y, Z), глубину); файлы опробования скважин (интервал опробования скважины, содержание полезного компонента (Au г/т) и файлы инклинометрии (азимут и угол наклона разведочных скважин).

Изначально координаты скважин были представлены в UTM координатах, что потребовало преобразования их в прямоугольные координаты для работы с ними в программе ГГИС Micromine. По полученным контурам была выстроена каркасная модель рудного тела. Каркасная модель построена способом триангуляции. Высота (Z) каркасной модели составляет 25 метров.

По данным опробования участков зоны минерализации была построена гистограмма. Закон распределения содержаний золота на месторождении – логнормальный. На основании выделенной зоны минерализации была построена блочная модель рудных тел (рис. 8). Исходя из анализа пространственного распределения содержаний полезного компонента, геометрии рудного тела и шага разведочной сети, были приняты следующие размеры блочной модели: X – 5 Y – 5 Z – 5, с выделением блоков по 5 в каждом из направлений.

Для интерполяции использовался метод обратных взвешенных расстояний (IDW) со степенью 2. Так как все интервалы опробования представлены метровыми интервалами, создание композитов не выполнялось.

Таким образом, применение программного средства ГГИС Micromine позволило создать 3D модель геологического строения месторождения Сукари по данным разведочного бурения скважин по имеющейся разведочной сети. Созданная нами компьютерная модель 3D геологического строения месторождения Сукари позволила с большой детальностью оценить распределение золота в жильных и прожилковых зонах и основные тренды развития оруденения на глубину.

При интерпретации блочной модели, построенной по данным ГГИС «Micromine», подтверждено, что золотое оруденение имеет штокерное строение.

Распределение золотой минерализации на глубину показывает закономерное выклинивание. Предполагаемая форма штокера представляет собой опрокинутый конус.

Оценка изменения содержания золота на блочной модели показывает, что существенного изменения концентрации золота с глубиной ожидать не следует.

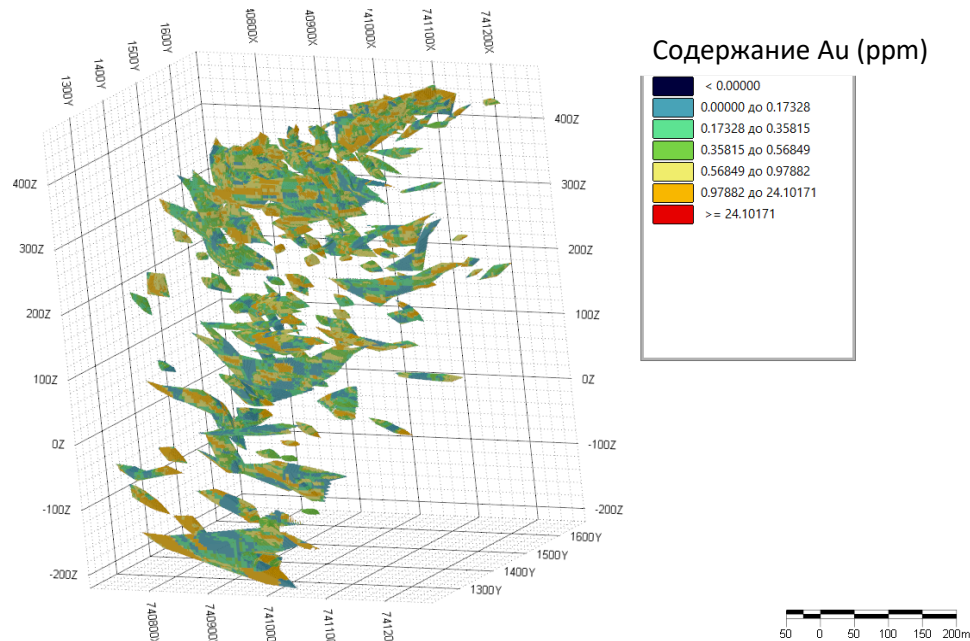


Рис.8. Блочная модель участка месторождения Сукари

3. Рудные жильные тела месторождения Сукари локализованы в участках сочленения и пересечения тектонических нарушений, а также в зонах интенсивного дробления интрузивных пород. Основные золотокварцевые жилы приурочены к участкам тектонической дилатансии интрузива, сформированной во взбросовом поле тектонических напряжений.

Возникновение условий, необходимых для синрудного вскрытия горных пород и направленного движения флюидов к участкам рудообразования, контролируется процессами объемного разуплотнения (положительной дилатансии) пород. Развитие этих процессов генетически связано с действием «активного», субвертикально ориентированного, растяжения (σ_1), устанавливаемого реконструкций параметров полей тектонических напряжений. Основанная на фактических данных об ориентировке трещиноватости и направлений тектонических движений (фиксируемых по «бороздам скольжения») информация о тектонофизических параметрах напряжений/деформаций является фундаментальным признаком ведущей роли *взбросовых механизмов* деформационного процесса в развитии (проницаемой для флюидов) среды для эндогенного рудообразования. Нами составлена модель геолого-структурного развития зон минерализации на месторождении Сукари и дана оценка возможностей применения этой модели к решению прикладных задач.

Структурное исследование направлено на изучение ориентации и кинематики тектонических зон. Структурные деформации в рудном районе месторождения Сукари очень сложные. На тектонические структуры северо-западного простирания на юго-западе района наложены ориентированные с северо-востока на юго-запад дизъюнктивные структуры, контролирующие положение месторождения Сукари. Восточное направленное падение гранитного плутона Сукари и надвигание некоторых гранитных фрагментов на

вулканокластические отложения предполагают, что гранит был смещен главным надвигом Сукари (рис. 9).

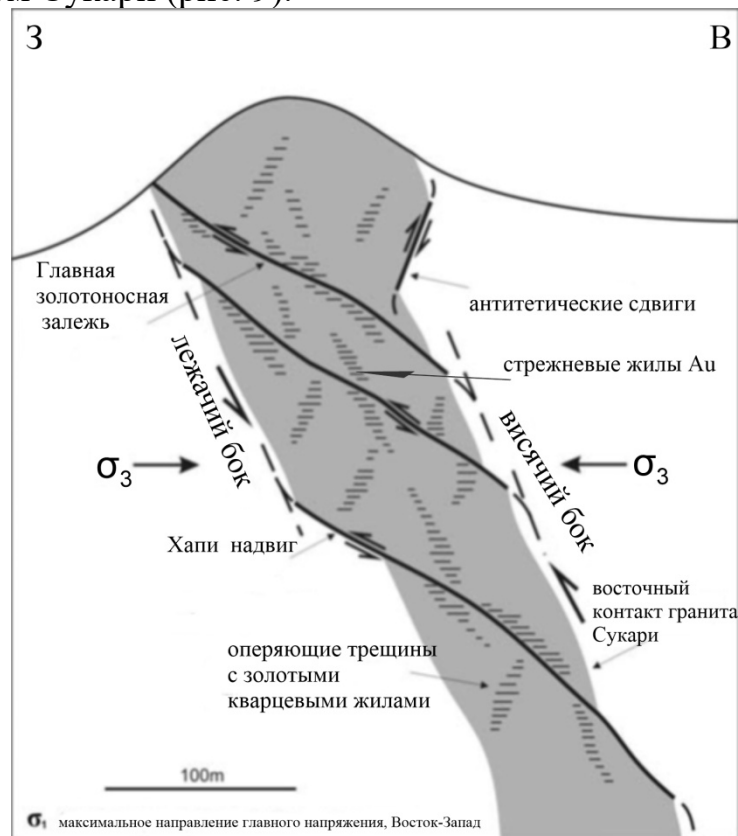


Рис.9. Геологический разрез рудной зоны Амун [Некрасов, 2015]

Надвиговые деформации соответствуют началу тектонической активизации в Восточной пустыне Египта. Они сформированы в раннюю фазу сжатия пород земной коры, связанную с формированием вулканической островной дуги. Отмечается эшелонирование панафриканских надвигов с погружением их по простиранию на северо-запад. Листрические надвиги характеризуются расположенными «внахлест» пластинами метаморфизованных вулканических пород и серпентинитов, как правило, с некоторым отклонением их простирания в направлении на ССЗ. Пликативные структуры проявлены в метаморфических вулканических породах и образуют антиклинальные складки. Их осевые плоскости имеют, как правило, падение к ЮЗ, а крылья умеренно погружаются на СЗ. В экзоконтакте гранитов Сукари в вулканопластических породах и в сланцах также проявлены складки разного масштаба. Формы складок изменяются от асимметричных до умеренно опрокинутых и характеризуются различной ориентировкой их осевых плоскостей по азимутам 25° С, $40-60^{\circ}$ СВ и 135° ЮВ, параллельно простиранию зон надвигов и крыльев сдвигов. В целом, следует отметить, что складки и разрывы разной формы, а также сланцеватость пород являются надёжным признаком проявления повышенных тектонических напряжений в зоне, ориентированной вдоль фронтальной зоны главного надвига Сукари.

Таким образом, пространственное положение месторождения Сукари в одноимённом гранитном массиве определяется тектоническими факторами контроля золотого оруденения. Гранитный плутон внедрился в пластичные

метаморфизованные вулканогенные породы, углеродистые сланцы и серпентиниты по региональной зоне разломов и надвигов северо-восточного простирания, соответствующего ориентации неопротерозойских рифтогенных структур. Хрупкое тело гранитов в пластичных зеленосланцевых породах подвержено проявлению в нём как пологих контракционных трещин, так и разноориентированных систем тектонических трещин, выполненных крупными золотокварцевыми жилами с участками их брекчирования.

Древние структуры северо-западного простирания (локализованные на юго-западе района) были деформированы с образованием диагональных разломов, ориентированных в северо-восточных румбах и определивших, собственно, пространственную локализацию месторождения Сукари. Падение тела гранитоидов Сукари на восток и надвигание некоторых его фрагментов на вмещающие породы является свидетельством того, что тело гранитоидов было смещено по зоне главного надвига Сукари (рис. 10).

Субмеридионально ориентированные сдвиги и разломы района Сукари отличаются двумя типами ориентации плоскости сместителя. Один тип характеризуется средними углами падения $45^\circ - 60^\circ$ на восток, что было установлено по документации керна скважин. В плоскости сдвига при этом была зафиксирована интенсивная каолинизация. Другой тип характеризуется более крутым падением (превышающим 70°), и обычно он вмещает основные жилы кварца.

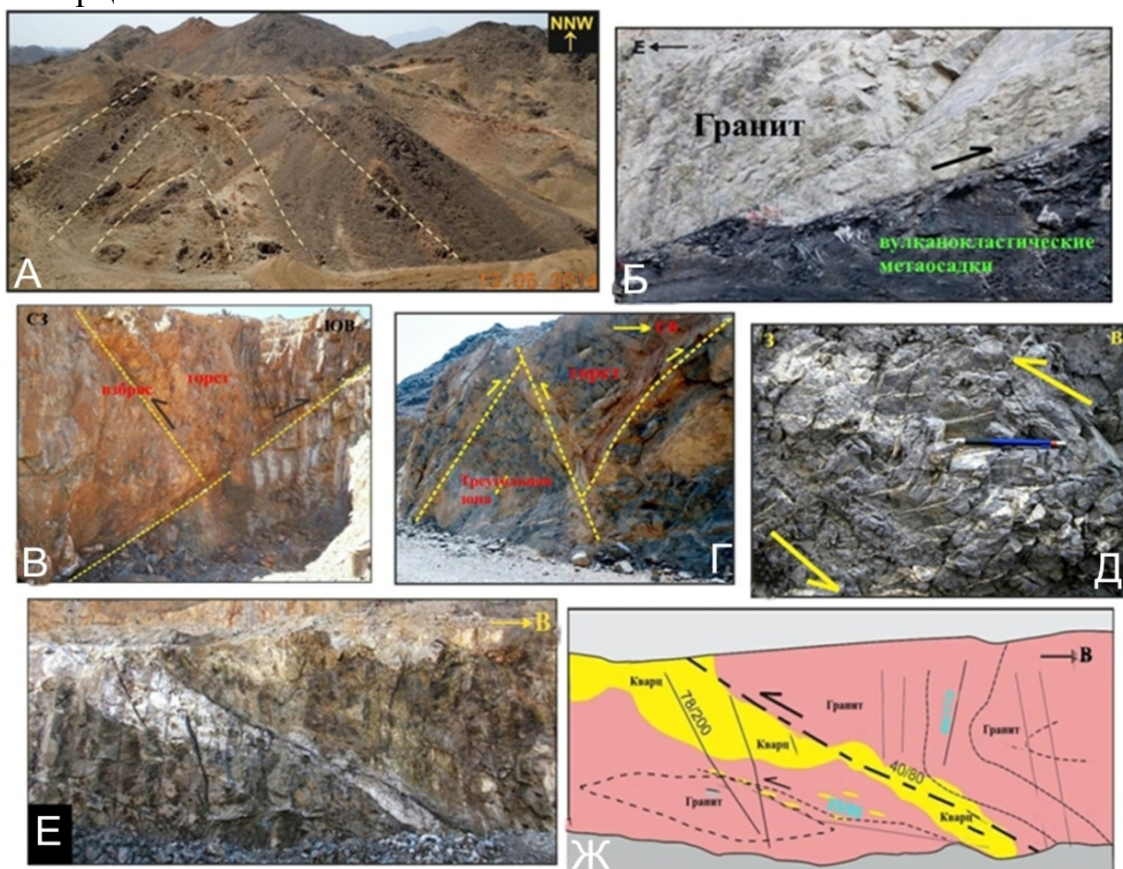


Рис.10. Пликативные и дизъюнктивные дислокации в структуре месторождения Сукари.:
складки, взбросы и надвиги, сдвиги и горсты

А -антиклинальные складки в горных породах месторождения; Б-надвиг; В и Г- взбросы; Д – сдвиги; Е и Ж – надвиг

К настоящему времени весь комплекс геологических исследований позволяет сделать следующий вывод. Рудная минерализация месторождения Сукари контролируется сопряженными зонами правосторонних и левосторонних сдвигов по системе субширотных разломов, диагонально ориентированных относительно ЮЮЗ-ССВ простирания зоны коллизии. Этот вывод сделан на основе анализа структурных данных об элементах залегания сдвиговых смещений, установленных в породах и рудах месторождения. Однако данный вывод носит весьма общий характер, фактически формулируя условия формирования коллизионной структуры золотоносной провинции в целом. Именно, исходя из этого вывода о несомненной генетической связи оруденения с тектоническими деформациями, нами проведен тектонофизический анализ, результатом которого могло бы стать детальное описание условий развития деформаций *взбросового* типа, как сейчас представляется, имевших фундаментальное значение для формирования геолого-структурных обстановок эндогенного рудообразования. Наличие фактических данных об ориентировке сдвиговой трещиноватости горных пород определило возможность проведения описания развития условий деформации месторождения в процессе формирования его структуры на основе реконструкции параметров дорудных и синрудных (внутрирудных) тектонических напряжений. Исходным материалом явились опубликованные данные об ориентировке 228 сдвиговых трещин в структуре месторождения (рис.11) в работе [Mohamed A. Abd El-Wahed, 2016]. Установленная ранее генетическая связь процессов эндогенного рудообразования с взбросовыми механизмами деформации земной коры, определяет синрудные условия её объемного разуплотнения. На это был направлен поиск подобных тектонофизических механизмов развития структуры месторождения Сукари.

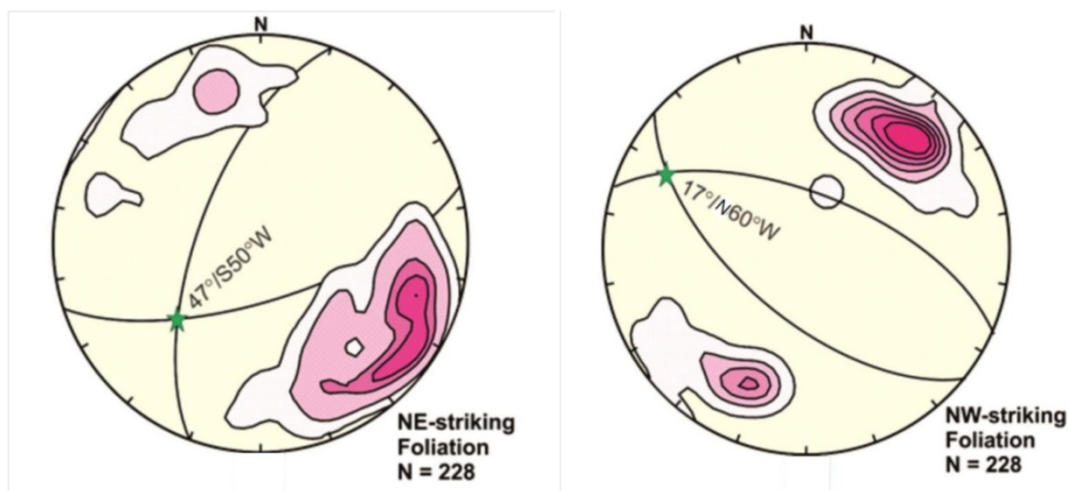


Рис. 11. Ориентировка сдвиговых трещин ($n=228$) в проекции на нижнюю полусферу равноплощадной стереографической сетки В.Шмидта [Mohamed A. Abd El-Wahed 2016]

Исследования выполнены в соответствии с методикой тектонофизического анализа П.Н. Николаева (1992). Эта методика определяет последовательность работы с данными о статистических максимумах, сопряженных систем тектонических трещин для нахождения точек выхода осей

главных нормальных (σ_1 , σ_2 , σ_3) и максимальных касательных ($\tau_m^{\text{лев}}$, $\tau_m^{\text{прав}}$) напряжений на верхней полусфере равноугольной стереографической сетки Г. Вульфа (рис. 16). Индексами осей (σ_1 , σ_2 , σ_3) в отечественной тектонофизике принято обозначать, соответственно, (σ_1) «растягивающие» напряжения (синий цвет плоскости действия), (σ_2) «промежуточные» напряжения (серый цвет плоскости действия) и (σ_3) «сжимающие» напряжения (красный цвет плоскости действия). Знак сдвиговой компоненты в индексах максимальных касательных напряжений (τ_m) обозначается сокращениями «лев.» (зеленый цвет плоскости действия) и «прав.» (фиолетовый или розовый цвет плоскости действия).

Результаты проведенного анализа представлены на рис.12 и рис.13.

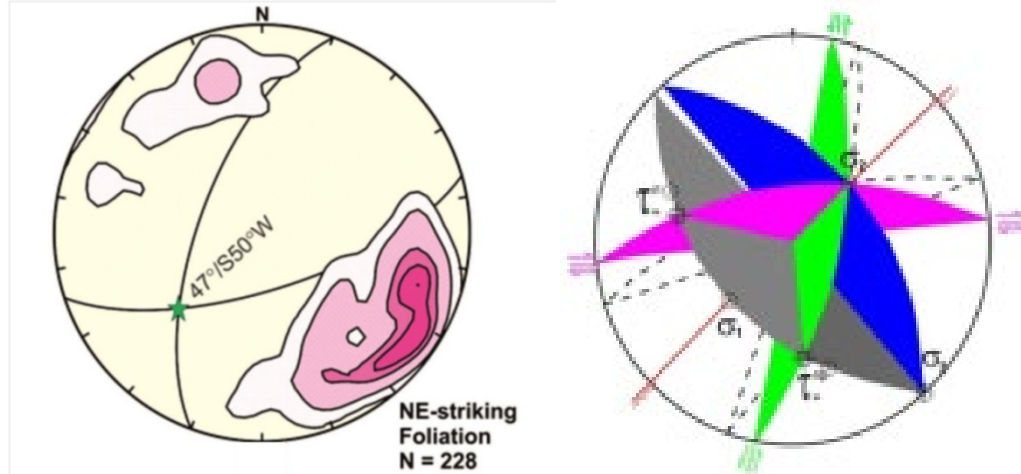


Рис. 12. Предрудный этап развития деформаций в результате проявления сдвигового механизма деформационного процесса

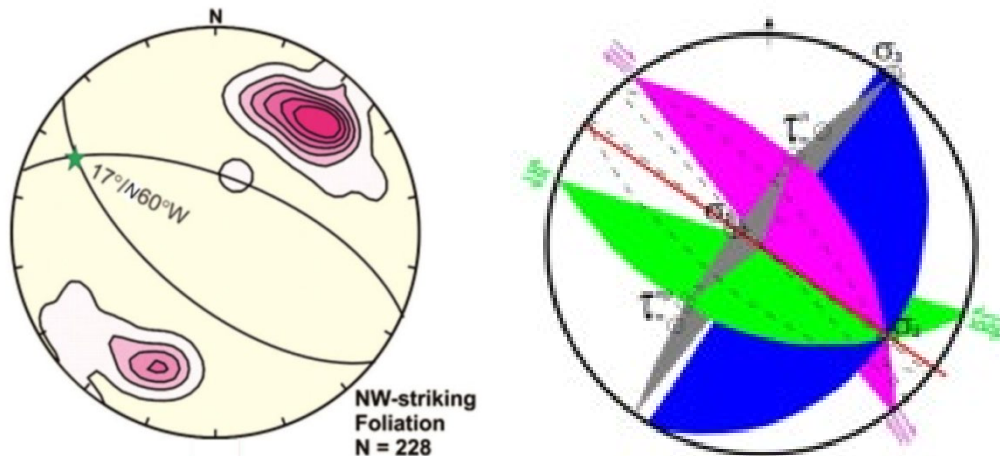


Рис. 13. Предрудный этап развития деформаций в результате проявления сдвигового механизма деформационного процесса

На них синим цветом показана ориентировка плоскостей действия «растягивающих» напряжений (σ_1), серым цветом – «промежуточных» напряжений (σ_2) и красным цветом – «сжимающих» напряжений (σ_3). Зелёным цветом показаны плоскости действия максимальных касательных напряжений с левосдвиговой (левосторонней) компонентой тектонических движений ($\tau_m^{\text{лев}}$), а розовым цветом, – с правосдвиговой (правосторонней) компонентой тектонических движений ($\tau_m^{\text{прав}}$).

Сравнительный анализ параметров поля тектонических напряжений

позволяет сделать выводы, существенно дополняющие, результаты структурного анализа. Для большей информативности анализа ниже дан рисунок, на котором удобно сопоставить простирания рудоносных жил параметрами напряжений (рис.14).

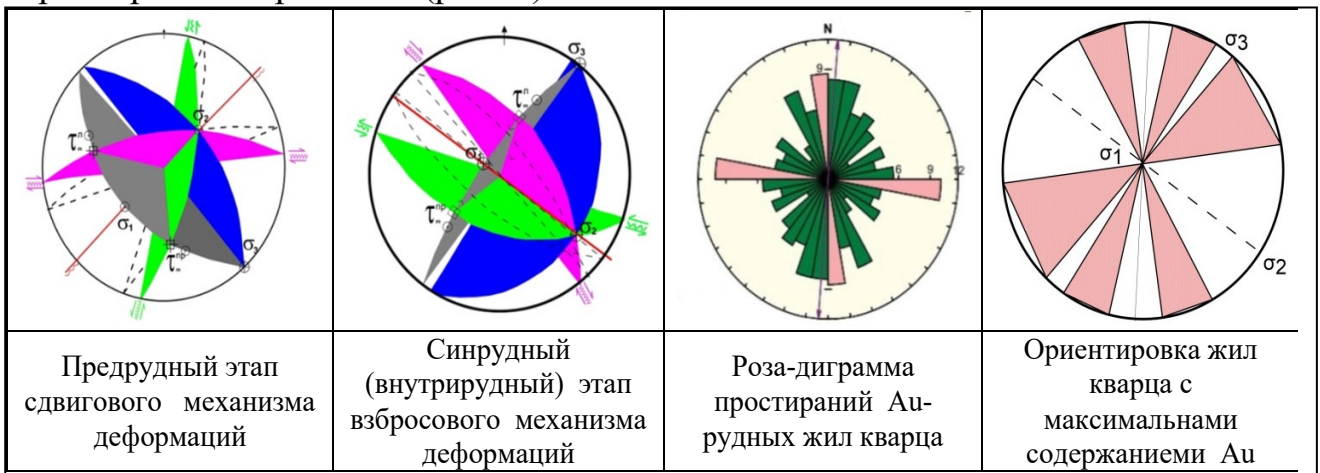


Рис. 14. Сопоставление простирания золоторудных жил кварца (правая диаграмма, розовым цветом показаны статистические максимумы жил) с ориентацией плоскостей действия главных напряжений на предрудном и синрудном этапах развития месторождения Сукари

На синрудном этапе фронту надвигов соответствуют простирания крутых плоскостей действия промежуточных и пологих – растягивающих напряжений. Кроме того, этими же плоскостями действия контролировалось размещение рудных штоков Рв и Фараон (рис. 15, рис. 16).

По данным о трещиноватости горных пород проведена реконструкция тектонических полей напряжений и определена ориентация главных нормальных (σ_1 , σ_2 , σ_3) и максимальных касательных ($\tau_m^{\text{лев}}$, $\tau_m^{\text{прав}}$) напряжений, контролировавших развитие тектонических деформаций на предрудном и синрудном (внутрирудном) этапах формирования месторождения. По соотношению ориентации главных нормальных (σ_1 , σ_2 , σ_3) напряжений установлено, что развитие предрудного этапа контролировалось действием сдвигового механизма, а синрудного, – действием взбросового механизма деформационных процессов. Действие взбросового механизма происходило при субвертикальной ориентации «растягивающих» (σ_1) напряжений. Активизация этих напряжений в ходе тектогенеза определила ведущую роль вертикальной компоненты деформации в объёмном разуплотнении горных пород (преодолении их гравитационного сжатия).

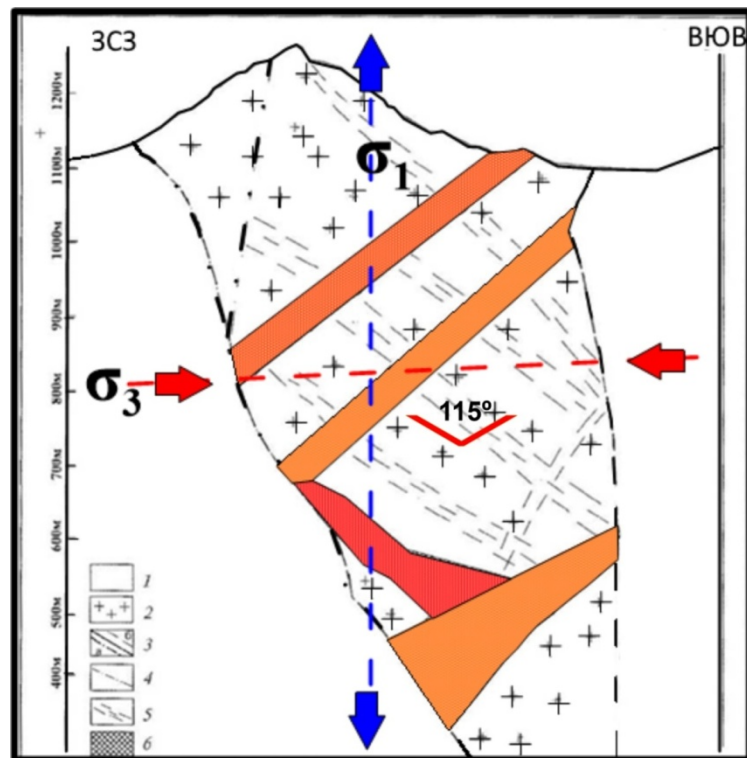


Рис. 15. Взбросовые напряжения формирования сопряженных систем предрудных сколовых трещин на участке Фараон. Реконструкция по углу между системами трещин, составляющему 115° . Геологическая основа по Centramin Egypt Ltd. (2007-2014) гг.

1-протерозойские вулканогенно-терригенные породы; 2— шток позднепротерозойских гранит-порфиров; 3 - локальные разломы на участке месторождения: а — четко проявленные, б — проявленные менее четко; 4 — прочие разрывы; 5— предполагаемые зоны трещиноватости с маломощными рудными жилами и прожилками, 6 — золоторудные залежи умеренно богатых руд

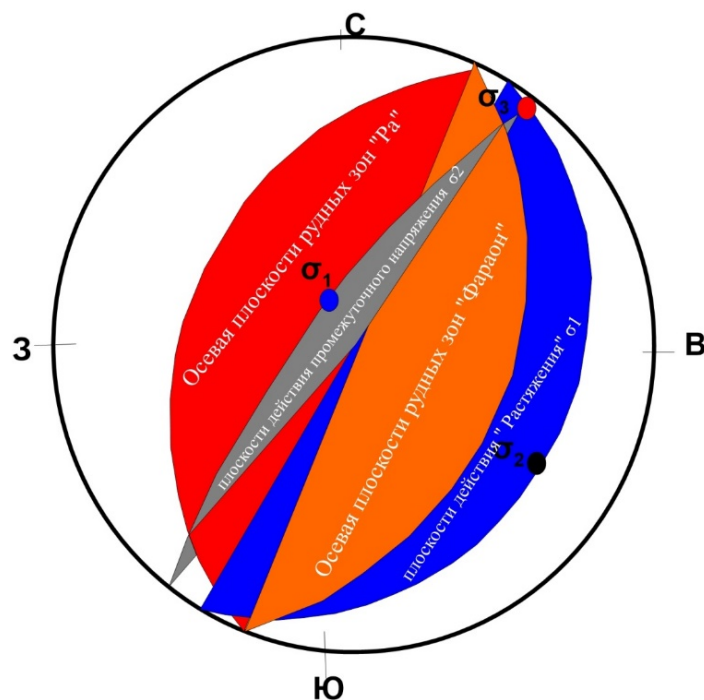


Рис.16. Взбросовые напряжения синрудной деформации рудного поля Сукари, контролировавший локализацию рудных зон Ра и Фарон, - в соответствии с простиранием плоскостей действия главных напряжений (σ_1 и σ_2)

Таким образом, формировались зоны повышенной проницаемости пород - благоприятной среды для развития процессов рудообразования (движения рудоносных флюидов) и формирование рудоносного квар «Основной жилы» ца и штокверковых рудных зон «Ра» и «Фараон». Размещение руд в пределах массива гранита Сукари и самого массива во вмещающей его структуре горста определялось взбросовым механизмом деформации. На основании вышесказанного, можно сформулировать доказательства научного положения.

1. Сравнение максимумов простирий рудоносных жил кварца с параметрами поля напряжений приводит к выводу о влиянии на структуру месторождения максимальных касательных напряжений с левосдвиговой компонентой движения (зелёный цвет), определявших формировании полостей кварцево-рудных жил на предрудном и синрудном этапах деформации.

2. Простирание фронтальных границ надвигов на предрудном этапе деформаций контролировалось, субвертикально ориентированной, плоскостью сжимающих напряжений.

3. На синрудном этапе фронту надвигов соответствуют простирия крутых плоскостей действия промежуточных и пологих, – растягивающих напряжений. Кроме того, этими же плоскостями действия контролировалось размещение рудных штокверков Ра и Фараон.

4. Ориентация жил кварца с максимальным содержанием золота соответствует простирию плоскости действия промежуточных напряжений (σ_2) взбросового этапа деформаций и фронтального контакта надвига Сукари.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что ведущая роль в геолого-структурных условиях размещения жильных и прожилковых руд, рудоносных метасоматитов принадлежала процессам деформации на синрудном – взбросовом этапе формирования месторождения.

Заключение

Преобладающим типом докембрийской золотой минерализации северо-восточной части Аравийско-Нубийского щита являются золотокварцевые и золотосульфидно-кварцевые рудные жилы, связанные с зонами повышенной тектонической проницаемости пород – производных кислых магм и х флюидных систем.

Докембрийские золоторудные и золотосодержащие месторождения прошли стадии метасоматических калий-щелочных изменений, а руды – регенерации в последовательные эпохи рифейской тектоно-магматической активности.

Впервые установлено, что вещественный состав докембрийских метаморфических пород и типы золоторудных месторождений, к ним приуроченных, определяются эволюцией геодинамических обстановок в пределах северной части Аравийско-Нубийского щита восточной пустыни Египта.

Золотокварц-сульфидная жильная формация приурочена к интрузивным массивам калиево-щелочным гранитоидов. Золотое оруденение в большинстве случаев связано с кварцевыми жилами в гранитах. Во всех кварцевых золотоносных жилах золото находится в ассоциации с пиритом или с

агрегатами пирита и арсенопирита. Зоны прожилкования состоят из массивного кварца с рассеянным золотом и сульфидными минералами.

Минерализованные структуры месторождения Сукари связаны с различными образованиями жил и прожилков кварца и изменениями вмещающих пород. Они варьируют, более чем на десятки метров по падению вдоль разломов. Месторождение генетически связано с последовательной сменой, локально проявленных механизмов деформационного процесса (сдвигового, сбросового и взбросового). Признаками такой смены являются: инверсия механизмов деформации и взбросовый механизм разуплотнения.

Взбросовым механизмом синрудной фазы контролировалось не только необходимое объёмное разуплотнение горных пород в процессах рудогенеза, но и локальное формирование горстов, наложенных на региональную складчато-надвиговую структуру золоторудной провинции в районе месторождения Сукари.

Ведущая роль в геолого-структурных условиях размещения жильных и прожилковых руд, рудоносных метасоматитов принадлежала процессам деформации на синрудном – взбросовом этапе формирования месторождения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах из списка рекомендованных ВАК

1. **Шарафелдин Хани Элсайд**, Верчеба А.А. Металлогения месторождений золота северо-восточной части Аравийско-Нубийского щита. Разведка и охрана недр, 2018, № 12. С 3-7.
2. **Шарафелдин Х. Э.**, Верчеба А.А. Перспективные геолого-промышленные типы месторождений золота в Восточной пустыне Египта. Естественные и технические науки, 2019, № 1 (127). С 56-59.
3. **Шарафелдин Х. Э.**, Верчеба А.А. Васильев Н.Ю. Тектонические деформации золоторудного месторождения Сукари (Египет). Разведка и охрана недр, 2019, № 4. С 12-16.
4. **Hani E. Sharafeldin.** Late-orogenic gold deposits in the north-eastern part of the Arabian-Nubian Shield., International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 2, February-2018 с.1607-1612. ISSN 2229-5518.
5. **Шарафелдин Х. Э., Верчеба А.А.** Перспективы золотоносности железисто кремнистой формации Египта и КМА. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования, 2019, Том 20, № 1 (в печати)
6. **Шарафелдин Х. Э., Васильев Н.Ю., Верчеба А.А.** Механизмы тектонических деформаций в структурном контроле золотого оруденения на месторождении Сукари (Египет). Известия Российской академии наук. Физика Земли (в печати).

В других изданиях и материалах различных конференций

- 1- **Шарафелдин Х.Э.**, Верчеба А.А. Этапы формирования золоторудных месторождений в Восточной пустыне Египта. Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. Том 1. М. МГРИ-РГГРУ, 2017. С. 247-248. ISBN 978-5-9000941-34-9.
- 2- **Шарафелдин Х.Э.**, Верчеба А.А. Особенности геологического строения месторождений золота в Восточной пустыне Египта. Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. Том 1. М. МГРИ-РГГРУ, 2017. С. 249-250. ISBN 978-5-9000941-34-9.

- 3- **Шарафелдин Х.Э.** золоторудные месторождения северо-восточной части аравийско-нубийского щита. Седьмая научно-практическая школа-конференция молодых ученых и специалистов 16-17 мая 2017 г. Москва, ФГБУ «ВИМС». с 142-145.
- 4- **Шарафелдин Х. Э.,** Верчеба А.А. Золоторудные орогенные формации в гранитоидах древних щитов (на примере месторождений Аравийско-Нубийского щита). III Всероссийская научная конференция «Малышевские чтения» СОФ МГРИ-РГГРУ 2017.с. 181-189.
- 5- **Хани Шарафелдин.** The banded iron formations (BIF) hosted Gold in Eastern desert of Egypt. Шестая международная научно-практическая заочная конференция Наука и Образование: Отечественный и Зарубежный Опыт Белгород 2017 г. С 157-159 ISBN 978-5-906520-94-4.
- 6- **Шарафелдин Х.Э.,** Верчеба А.А. Золото-кварц-сульфидное оруденение Северо-востока территории Египта Седьмая Российская молодежная научно- практическая Школа, Новое в познании процессов рудообразования, Москва, ИГЕМ РАН, 13 - 17 ноября 2017 г. С 316-318. ISBN 978-5-88918-050-0
- 7- **Шарафелдин Хани,** Васильев Н.Ю. К проблеме структурно-тектонического контроля золотого оруденения на месторождении Сукари (Египет). Международная научно-практическая конференция «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (к 100-летию МГРИ-РГГРУ). Том 1. М. МГРИ-РГГРУ, 2018. С. 351-352. ISBN 978-5-9906475-6-5.
- 8- Золотова Н.В., **Шарафелдин Х.Э.** Геолого-экономическая оценка золоторудного месторождения Сукари. Международная научно-практическая конференция «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (к 100-летию МГРИ-РГГРУ). Том 2. М. МГРИ-РГГРУ, 2018. С. 320-321. ISBN 978-5-9906475-7-2.
- 9- **Х. Э. Шарафелдин.** Геология и эволюция пород докембрия на территории Египта. Сборник научных трудов «Геология в развивающемся мире» XI Международной научно практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. г. Пермь, 10–13 апреля 2018 г. Том I. С. 63-66. ISBN 978-5-7944-3070-7.
- 10- **Шарафелдин Хани Элсайд.** Оценка инвестиционной эффективности золоторудного месторождения Сукари (Египет). Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. VIII Международная научно-практическая конференция (16–18 апреля 2018 г. Москва, ФГУП ЦНИГРИ) С.148 ISBN 978-5-85657-025-9.
- 11- **Шарафелдин Х.Э.,** Васильев Н.Ю., Верчеба А.А. Структурно-тектонические факторы процессов рудообразования жильных месторождений золота, VIII Российской молодёжной научно-практической Школы «Новое в познании процессов рудообразования» 26 – 30 ноября 2018 г., ИГЕМ РАН. С. 409-412.
- 12- **Шарафелдин Х.Э.,** Верчеба А.А., История развития золотодобычи в Египте. 14-я международная научно-практическая конференция "Новые идеи в науках о Земле" М. ФГБУ МГРИ, 2019. Том II. С. 43-46.
- 13- **Шарафелдин Х.Э.,** Верчеба А.А., Геологическая модель золоторудного участка месторождения Сукари в ГГИС Micromine. 14-я международная научно-практическая конференция "Новые идеи в науках о Земле" М. ФГБУ МГРИ, 2019. Том IV. С. 355-359.
- 14- **Шарафелдин Х.Э.,** Верчеба А.А., Потенциальные золотоносные вещественно-структурные комплексы горных пород Восточной Пустыни Египта. IX международная научно-практическая конференция «научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов».17–19 апреля 2019 года, Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ» с. 157.
- 15- **Эльсайд Х.Ш.** Позднеорогенные месторождения золота Египта. Горные науки и технологии. 2018; (1):89-96. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2018-1-89-96>.