

УДК 553.411.071

Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А. (МГРИ-РГГРУ)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКО-НУБИЙСКОГО ЩИТА

*Северо-восточная часть Аравийско-Нубийского щита является обширной неопротерозойской тектонической коллизионной зоной надвигов, которая выполнена породами офиолитового меланжа и вулканогенно-метаосадочными отложениями. Металлогения месторождений золото-кварц-сульфидной рудной формации связана с проявлением докембрийского этапа прототектонической активизации района и формированием многофазных щелочных гранитоидов. Рудные зоны в гранитоидах состоят из массивного кварца с рассеянным золотом и сульфидными минералами. Среди пород, вмещающих минерализованные жилы, перспективными на золотое оруденение являются карбонатизированные серпентиниты, метаморфизованные вулканические и осадочные породы контактов с интрузивными габброидами и гранитоидами. **Ключевые слова:** Аравийско-Нубийский щит, коллизионная зона, металлогения месторождений золота, золото-кварц-сульфидная формация, рудные зоны.*

Sharafeldin H.E., Vercheba A.A. (MGRI-RGGRU)
METALLOGENY OF GOLD DEPOSITS OF THE
ARABIAN-NUBIAN SHIELD NORTH-EASTERN PART

*The north-eastern part of the Arabian-Nubian shield is an extensive Neoproterozoic tectonic collision zone of thrusts, which is executed by rocks of ofiolitic melange and volcano-genic-metasediments. The metallogeny of gold-quartz-sulfide formation is associated with the Precambrian stage of area prototectonic activization and formation of multiphase alkaline granitoids. Ore zones in granitoids consist of massive quartz with diffused gold and sulphidic minerals. Among the host rocks containing gold mineralized veins are serpentinite and calcareous metavolcanic and metasedimentary rocks contacts with intrusive gabbro and granitoids. **Keywords:** Arabian-Nubian Shield, collision zone, metallogeny of gold deposits, gold quartz-sulfide formation, ore zones.*

Золотоносная территория Египта находится в пределах северо-восточной части Африканской платформы. Большую часть территории составляют породы Аравийско-Нубийского щита. Аравийско-Нубийский щит расположен на северном окончании Восточно-Африканской орогенной области и является обширной неопротерозойской коллизионной зоной. Породы фундамента Аравийско-Нубийского щита в районе Восточной пустыни Египта между долиной Нила и по-

бережьем Красного моря формируют тектонический клин северной широты. Они представлены гнейсами, вулканогенно-осадочными ассоциациями известково-щелочных базальтовых и андезитовых лав, офиолитовыми и островодужными ассоциациями горных пород и интрузивными комплексами, сформированными в условиях континентальной окраины (дациты, риолиты) и в орогенных условиях (тоналиты и гранодиориты) (рис. 1).

Перспективный тип золоторудных месторождений связан с малыми интрузивными телами и дайками гранитоидов. Месторождения золота отнесены к золото-кварц-сульфидной формации жильного типа, положение рудных зон которой определяется тектоническим фактором. Среди разрывных нарушений выделяются разломы северо-западного, северо-восточного, широтного и меридионального направлений. Разломы, ограничивающие грабены Красного моря, Суэцкого и Акабского заливов, принадлежат к системе разломов Восточно-Африканской рифтовой зоны, которая протягивается от Египта вдоль побережья Красного моря и далее на юг. Рифтовая зона отличается сложным тектоническим развитием и представляет собой реактивизированный рифейскими движениями блок протерозойского фундамента Африканской платформы, образовавшийся в прогибе, который охватывал юго-западную часть Саудовской Аравии и восточную часть Египта. Этот рифейский складчатый пояс, в котором широко развиты гранитоидные массивы, представляет собой крупную надвиговую тектоническую структуру с кулисообразным расположением пластин древних метаморфических вулканогенных и обломочных пород, осложненную левосторонними сдвиговыми дислокациями (рис. 2).

Ультрамафитовые породы, связанные с офиолитами, в основном преобразованы в серпентиниты и породы хлорит-карбонатного состава. Серпентиниты и тальковые сланцы с прослоями филлитов и графитовых сланцев представляют собой серпентинитовый меланж, свойственный офиолитовым комплексам древней океанической коры.

Ранние граниты, входящие в состав докембрийского фундамента, и молодые граниты раннекембрийского и более молодого возраста, сформировались в зонах тектономагматической активизации. С древними синорогенными гранитами (1000 млн лет) связаны многие редкометалльные месторождения тантала, ниобия и лития. Массивы позднеорогенных гранитов (650–540 млн лет) приурочены к тектоническим зонам позднерифейской активизации и отличаются повышенной щелочностью. Существует пространственная связь между метасоматическими ореолами карбонатизации ультрамафитовых пород, внедренных в них гранитных интрузивов и минерализацией золота.

Гранитные интрузивы, которые образовались на контакте с габброидами и ультрамафитовыми породами выступали в качестве источника теплового потока, что способствовало миграции флюидов. Эти флюиды выщелачивали золото из вмещающих пород и отлага-

ли золото в пределах проницаемых тектонических зон [9]. Концентрация золота в карбонатизированных метавулканических породах на три порядка выше, чем в неизмененных ультрамафитах, что свидетельствует о роли щелочного карбонатного метасоматоза в формировании месторождений золота.

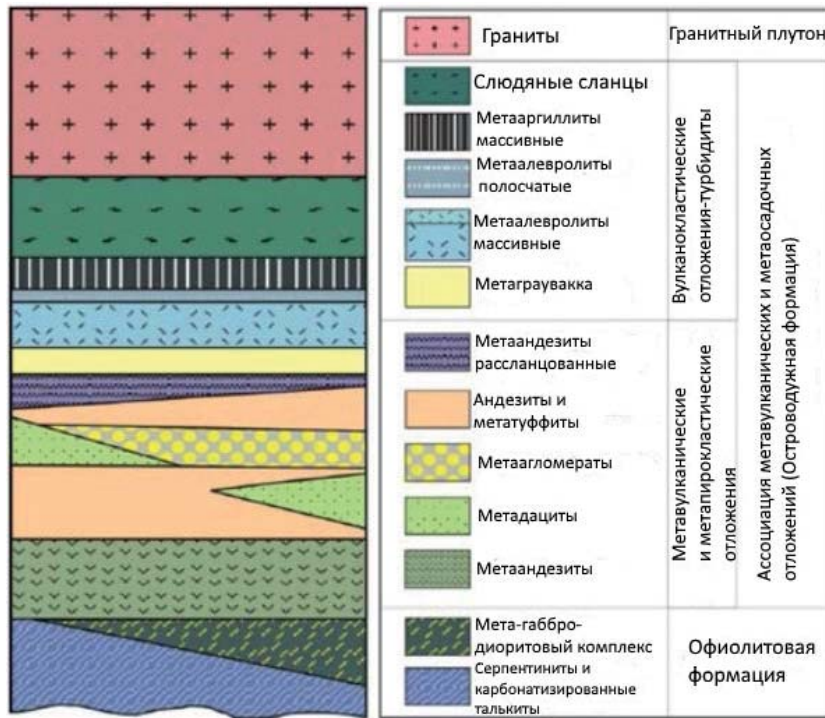


Рис. 1. Геолого-формационная колонка докембрийских отложений северо-восточной части Аравийско-Нубийского щита [5]

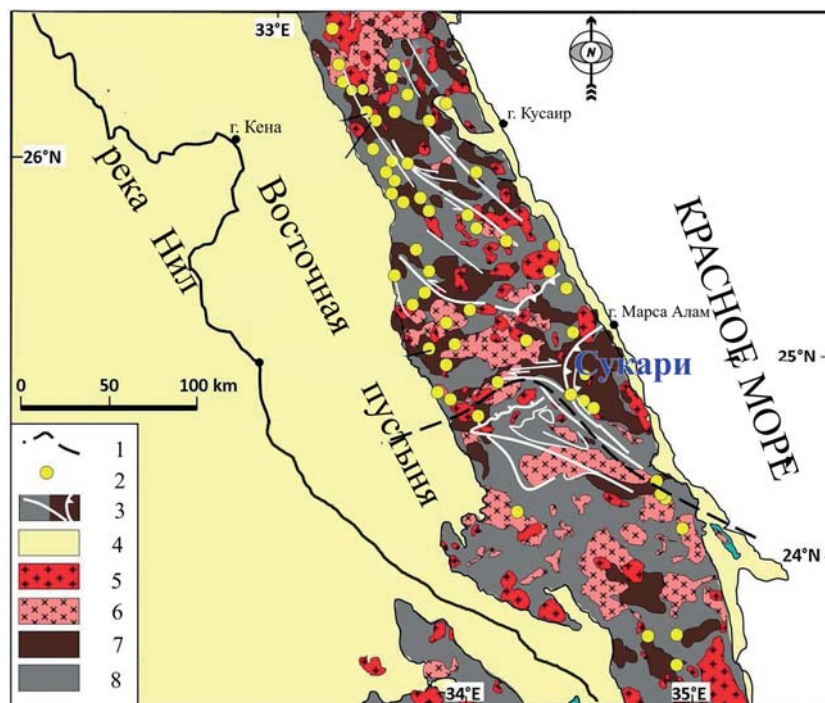


Рис. 2. Схема расположения месторождений и рудопроявлений золота Восточной пустыни Египта [7]: 1 — тектонические границы; 2 — месторождения и рудопроявления золота; 3 — сбросы и надвиги; 4 — аллювиальные отложения; 5 — посторогенные граниты; 6 — синорогенные гранитоиды; 7 — породы офиолитового меланжа; 8 — вулканогенные породы

Золото концентрируется при карбонатизации и серпентинизации метаморфических пород, типичны в этом отношении океанические серпентиниты из зоны трансформных разломов. Мантийная природа золота на некоторых сульфидных скоплениях руд доказывается изотопным составом свинца. По данным изучения флюидных включений в минералах глубинных месторождений рудные растворы содержали до $n \times 0,1$ мг/л золота; при таких содержаниях происходит отложение золотоносных руд.

В Северо-Восточной части территории Аравийско-Нубийского щита известно более 110 месторождений золота (рис. 3). Отмечается пространственная связь минерализации золота с гранитоидными породами среди архейских мафитов и ультрамафитов. Возраст кальциево-щелочных гранитоидов, вмещающих золотокварцевые жилы, определен 559 ± 6 млн лет [2, 3]. Вместе с тем, возраст золотого оруденения, по данным рубидий-стронциевого анализа, датируется 522 ± 12 млн лет [4].

Установлено, что подавляющее большинство месторождений золота приурочено к метасоматически измененным гранитным плутонам, карбонатизированными докембрийскими вулканогенно-осадочными породами Панафриканского покрова. Месторождения золота обычно локализованы в разломах, оперяющих разломы глубокого заложения северо-западной ориентировки [5].

Известные месторождения золота представлены главным образом золотокварцевыми жилами с сульфидной минерализацией. Золотокварцевые жилы пересекают различные горные породы докембрийского фундамента, слагающего часть Аравийско-Нубийского горного массива. Месторождения объединены в золоторудные пояса северо-западного направления. Восточный пояс примыкает к контакту пород фундамента и к нему приурочены месторождения золота Умм Раса, Атида, Сукари, Хангали, Умм Ида и ряд рудопроявлений. Месторождения золото-кварц-сульфидных руд в малых магматических телах

определяют металлогению золота Аравийско-Нубийского щита.

Примером проявления месторождений золото-кварц-сульфидной формации является месторождение Сукари, которое расположено в 15 км на западно-запад от побережья Красного моря. Оно локализовано в приграничной области складчатого рифейского пояса поздних протерозойских пород (900–650 млн лет) Аравийско-Нубийского щита [5]. Образование и стабилизация пород складчатого пояса охватывает весь период Панафриканского орогенеза.

Рудный район месторождения Сукари сложен вулканогенно-терригенными породами и гранитоидными массивами. Рудовмещающий массив кальциево-щелочных гранитоидов расположен в мощной толще сравнительно пластичных глинистых сланцев, андезитовых и дацитовых туфов, подчиненных им лав, а также мелких линз и тел серпентинитов (рис. 4).

Гранитоидные массивы размещаются между двумя сочленяющимися разломами субмеридионального и северо-восточного направления, а также сопряженных

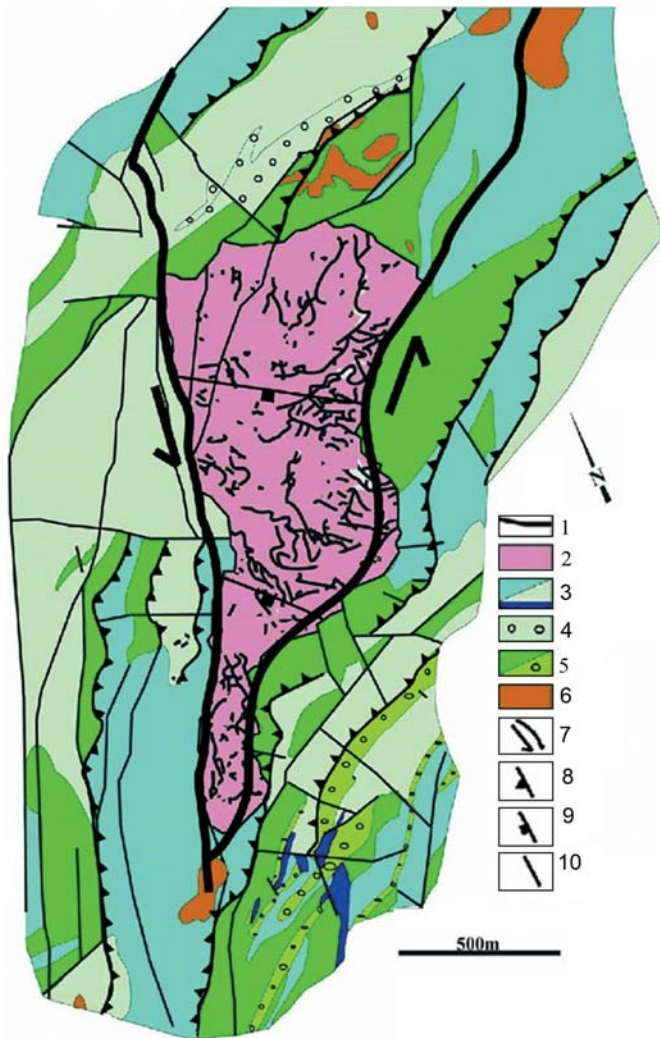


Рис. 3. Геологическая карта интрузивного массива Сукари [6]: 1 — кварцевые жилы; 2 — гранит; 3 — андезиты и их туфы; 4 — конгломераты; 5 — подушечные лавы андезитов; 6 — габбро; 7 — сдвиги; 8 — надвиги; 9 — сбросы; 10 — трещины

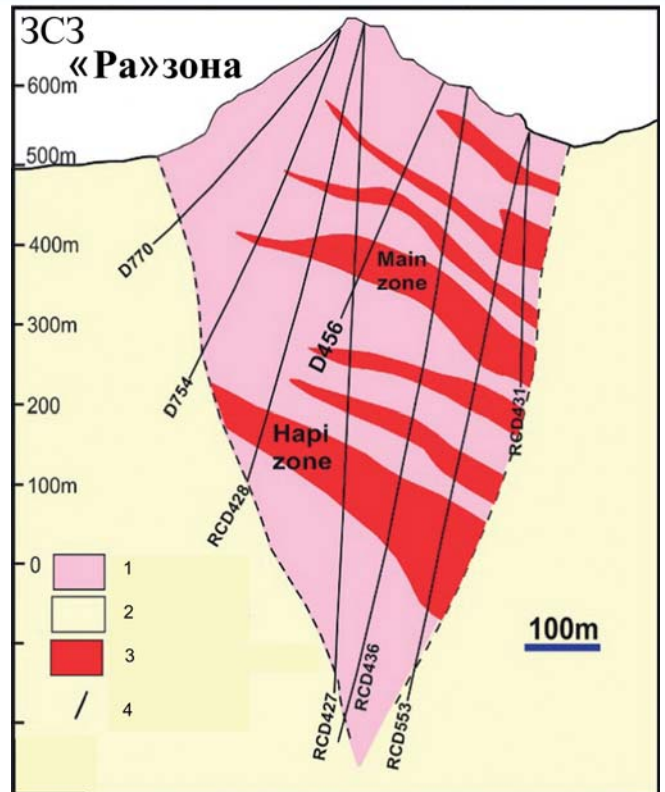


Рис. 4. Геологический разрез рудной зоны «Ра» месторождения Сукари [9]: 1 — граниты; 2 — сланцы, аргиллиты; 3 — золотоносные залежи; 4 — скважины

с ними контактовых разрывов, которые выполняют роль локальных рудоконтролирующих нарушений. Гранитоидный массив вытянут с север-северо-востока на юг-юго-запад на 2,3 км. В северной, наиболее широкой части, его поперечник достигает 700–800 м, на юге он сокращается до 100–150 м [1].

Гранитоиды пересечены дорудными, но слабо минерализованными разрывами субширотной серии. Они расположены менее чем в 30–50 м один от другого. Кроме того, проявлены трещинные нарушения субмеридионального направления. Кварцевые жилы с сульфидами также тяготеют к разрывным структурам типа взбросов внутри гранитоидных тел. Именно в такой структурной решетке, между сравнительно плотно расположенными дорудными нарушениями, сформировались рудоносные трещинные пучки и минерализованные зоны золотокварцевых жил.

Жилы состоят в основном из массивного с молочным оттенком или серо-белого кварца. Во многих случаях кварц представляет собой две генерации: первая — ранняя брекчия молочного кварца, которая обычно не содержит золота и вторая — позднего серого кварца, в цементе обломков который обычно является золотоносным.

Рудные жилы находятся в контакте гранитоидов (главным образом гранодиоритов) с мафит-ультрамафитовыми породами или в гранитах, где они приурочены к сдвиговым зонам, осложняющим тектонические контакты. Золотокварцевые жилы структурно контролируются плоскостями разлома или зонами

интенсивной трещиноватости. Они могут быть локализованы как серия прожилков внутри стволочной жилы с пережимами. Основные жилы имеют мощность от 0,6 до 5 м, всегда сопровождаются серией параллельных прожилков и образуют рудные зоны значительной мощности по сравнению с жилами (рис. 5).

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. Среди пород, вмещающих минерализованные жилы, иногда могут быть серпентинизированные ультрамафиты, метаморфизованные вулканические и осадочные породы контактов с магматическими породами. В жильных зонах отмечены локальные ореолы гидротермальных изменений мощностью 1–2 м по обе стороны от жил и представлены они серицитизацией, хлоритизацией и пиритизацией. Околожилные измененные породы относятся к метасоматической формации березитов и также являются золотоносными. Золото в руде находится в основном в самородном виде или присутствует в золотосодержащем пирите. Содержание золота изменчиво в пределах одной жилы. Заметное увеличение содержания золота было отмечено там, где жилы или вмещающие породы заполнены мелкорассеянными агрегатами графита.

Содержание золота в среднем от 11 до 30 г/т. Серебро всегда присутствует в ассоциации с золотом. В рудных жилах присутствует ошутимое количество сульфидных рудных минералов главным образом пирита, арсенопирита, сфалерита, халькопирита, галенита и пирротина [6]. Пирит является наиболее распространенным сульфидом и преобладает над арсенопиритом. Высокое содержание золота в руде связано с повышенной концентрацией арсенопирита. Субмикроскопические кристаллы и тонкие вкрапления сульфидов и золота отмечены в кварцевых жилах, трещинах и тектонических брекчиях. Пирит встречается во всех минерализованных зонах. Кристаллы пирита иногда находятся в «рубашке» коричневого цвета гетита и гидрогетита в порах горных пород или в открытых трещинах, которые подверглись поверхностному химическому выветриванию. Арсенопирит является распространенным минералом в минерализованных зонах с высоким содержанием золота и присутствует обычно в рудном теле и в участках тектонического брекчирования горных пород. Арсенопиритом частично сложены открытые полости трещин и мелкие кварцевые жилы, где арсенопирит образует идиоморфные кристаллы (иногда в форме иголок в поперечном сечении) в тонкой кварцевой оторочке жил и в окаймляющих обломках брекчий.

Минераграфические исследования руд показали, что включения пирита в арсенопирите и/или микровключения арсенопирита в пирите указывают на то, что они принадлежат к единому парагенезису [5]. Минералы содержат многочисленные включения рутила, что предполагает их формирование в результате сульфидизации ранее существовавших пород на гидротер-

мальном этапе. В минеральных агрегатах пирита и арсенопирита проявлены микродеформации, а также текстуры брекчирования.

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. Некоторые кристаллы пирита содержат реликты пирротина и халькопирита, что предполагает формирование ореолов пиритизации по ранее существовавшим пирротину и, вероятно, халькопириту. Галенит редко присутствует в виде крупных кристаллов в молочно-белых кварцевых жилах и участках с минерализацией золота. Сфалерит иногда проявлен шире, чем другие сульфидные минералы. Зерна халькопирита случайным образом распределены в агрегатах сфалерита. Сфалерит-халькопиритовая ассоциация заполняет и замещает более ранние выделения пирита. Наблюдаемый в пирите галенит представляется принадлежащим к разновозрастной к сфалериту и халькопириту минеральной ассоциации.

Выводы:

Преобладающим типом докембрийской золотой минерализации Северо-восточной части Аравийско-Нубийского щита являются золотокварцевые и золото-сульфидно-кварцевые рудные жилы, связанные с зонами повышенной тектонической проницаемости коры и наличием пород — производных кислых магм и сульфидных флюидных систем. В этой связи определяющими золото-кварц-сульфидную минерализацию могут являться следующие факторы:

— гранитизация и метаморфическое замещение пород в областях древнего рифтообразования, приведших к формированию золотоносных гранитогнейсовых куполов и зеленокаменных рудоносных поясов Аравийско-Нубийского щита;

— докембрийские золоторудные месторождения прошли стадии метасоматических кальциево-щелочных изменений, а руды — регенерации в последовательные эпохи и фазы рифейской тектоно-магматической регенерации: 1,0 и 0,65 млрд лет назад;

— появление на разных стадиях регенерации неравновесных минеральных парагенезов гидротермальных месторождений с участием мышьяка, меди, цинка, свинца, висмута и других элементов-индикаторов геохимических условий среды рудообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов, Е.М. Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса / Е.М. Некрасов, Л.А. Дорожкина, Н.В. Дудкин. — М.: Астрей-центр, 2015. — 192 с.
2. Amin, M.S. Geology and mineral deposits of Umm Rus sheet / M.S. Amin // Geological Survey of Egypt, Cairo. — 1955.
3. El Shazly, E.M. Classification of the Egyptian mineral deposits / E.M. El Shazly // Egyptian Journal of Geology. — Egypt, Cairo. — 1957. — V. 1. — PP. 1–20.
4. Ghoneim, et al. Rb/Sr and Sm/Nd isotopic systems of El Sukari, Eastern desert Egypt / Ghoneim et al. // Proc. First Internat. Conference on the geol. of Africa, Assiut Egypt. — nov. 1999.
5. Helmy, H.M. The Sukari gold mine, Eastern Desert-Egypt: structural setting, mineralogy and fluid inclusion study / Helmy H.M., Kaindl R., Fritz H. — Mineralium Deposita, 2004. — V. 39. — PP. 495–511.

6. Kochin, G.G. The mineral resources of the UAR, Report on generalization of geological data on mineral resources of the UAR carried put under contract 1247 in 1966–1968 / G.G. Kochin, F.A. Bassiuni. — Part I. — Metallic minerals: Internal report, Geol. Surv. of Egypt, 18/1968.
7. Mohamed, F.H. Geochemistry, petrogenesis and tectonic setting of late Neoproterozoic Dokhan-type volcanic rocks in the Fatira area, eastern Egypt / F.H. Mohamed, A.M. Moghazi, M.A. Hassanen // International Journal of Earth Sciences, 2000. — V. 88. — PP. 764–777.
8. Mohamed, A. Transpressional imbricate thrust zones controlling gold mineralization in the Central Eastern Desert of Egypt / Mohamed A. Abd El-Wahed, H. Harraz, M.H. El-Behairy // Ore Geology Reviews, 2016. — V. 78. — PP. 424–446.
9. Origin of Um Eleiga gold mineralization, south Eastern Desert, Egypt / Takla M.A. et. al. — Egypt. Mineral, 1990. — V. 2. — PP. 3–20.

© Шарафелдин Х.Э., Верчеба А.А., 2018

Шарафелдин Хани Эль-Сайед // hanisharfeldin@gmail.com,
Верчеба Александр Александрович // aa_ver@mail.ru

УДК 55+553 (516)

Печенкин И.Г. (ФГБУ «ВИМС»)

ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ УРХО-КАРАМАЙСКОГО РАЙОНА (ДЖУНГАРИЯ, СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КИТАЙ)

*Рассмотрена геология Урхо-Карамайского района. Приведены данные об основных полезных ископаемых осадочного чехла. Проанализированы эпигенетические процессы, протекающие в них. Установлена их последовательность и связь с формированием полезных ископаемых. Показаны особенности уникального геологического памятника — Эолового города. **Ключевые слова:** Джунгария, Эоловый город, нефть, асфальтит, уран.*

Pechenkin I.G. (VIMS)

GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF URHO-KARAMAY DISTRICT (JUNGARIA, NORTH-WEST CHINA)

*The geology of the Urho-Karamay district are considered. The data on the main sedimentary deposits of minerals are given. The epigenetic processes occurring in them are analyzed. Their sequence and connection with the formation of minerals are established. The features of a unique geological monument — the The Eolian city are shown. **Keywords:** Dzungaria, Eolian city, oil, asphaltite, uranium.*

Введение

Целенаправленное геологическое изучение Джунгарии относится к началу XX в. Это были экспедиции В.А. Обручева (1905, 1906, 1909), осуществляемые на средства Томского технологического института. Наиболее подробно исследовался район между горными системами Алтая и Тянь-Шаня, примыкающий к Казахстану, названный Владимиром Афанасьевичем Пограничной Джунгарией (рис. 1). Он отмечал, что эта страна, несмотря на ее близость к границам России и легкую доступность, оставалась очень слабо изучен-

ной. Через нее проходили экспедиции Н.М. Пржевальского, М.В. Певцова, П.К. Козлова и В.И. Роборовского на пути в Центральную Азию или обратно, которых манили более далекие и интересные задачи в Тибете, Наньшане, Куньлуне, а на обратном пути исследователи были уже утомлены многомесячной работой и торопились вернуться на Родину. Поэтому в том и другом случае Пограничной Джунгарии доставались только беглые попутные наблюдения (В.А. Обручев, 1947).

Итогом работ стало подробное геологическое описание территории и подтверждение богатства недр многими полезными ископаемыми — золотом, углем, нефтью, асфальтом и др. Здесь же находится и открытый В.А. Обручевым «Эоловый город», представляющий собой исключительный по разнообразию и красоте форм ландшафт, образованный при выветривании пестроцветных песчаников, алевролитов и глин. Полученный материал лег в основу дальнейших геологических исследований региона [1].

1. Региональная геология

Джунгарский осадочный бассейн (ОБ) представляет собой впадину, ограниченную с юга горными сооружениями Тянь-Шаня, с запада хребтами Барлык, Саур и другими, а с востока и северо-востока поднятиями Алтайской горной системы. Рельеф холмистый с преобладанием равнинных территорий.

Структура ОБ приобрела современный облик в результате коллизионного воздействия Гималайского сегмента Альпийско-Гималайского подвижного пояса, сыгравшего ведущую роль при формировании Тянь-Шаньского орогена и, в меньшей степени, Алтайского. Разрывные нарушения отмечаются как в фундаменте, так и в осадочном чехле. Часто древние (PZ–MZ) разломы имеют тенденцию к омоложению в новейшее время. Наиболее дислоцированными являются прибортовые части ОБ [9, 10].



Рис. 1. Район исследований