

УДК 622.342.1

Ренессанс золотодобычи в Египте

Х.Э. Шарафелдин, А.А. Верчеба

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, 117485, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23. E-mail: aa_ver@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 24 декабря 2018 г.)

Приведены сведения о золотодобыче в Египте за почти 4000-летнюю историю государства. Несмотря на богатое прошлое, в нынешнем состоянии золотодобывающая промышленность Египта не является ведущей отраслью в экономике страны. Интерес к добыче египетского золота постепенно растет, чему способствовали успехи золотодобывающей компании “Centamin” на руднике Сукари. Воспроизводство минерально-сырьевой базы золота может быть основано на освоении важнейших золоторудных формаций и геолого-промышленных типов золоторудных месторождений. Наибольшее геолого-экономическое значение для прироста запасов и ресурсов представляют золотосульфидно-кварцевые руды в интрузивных телах коллизионных гранитоидов. Для данного типа месторождений разработан рациональный прогнозно-поисковый комплекс геологоразведочных работ в Восточной пустыне Египта.

Ключевые слова: *золотодобывающая промышленность Египта, геолого-промышленные типы месторождений, прогнозно-поисковый комплекс.*

DOI: 10.17072/psu.geol.18.2.165

Золото – основной валютный металл современной цивилизации. Его многообразные функции – богатства, денег, товара, сокровищ, произведений искусства – являлись основой преобразований в мире, возникновения и падения цивилизаций. Особо значимым было золото в ранней истории человечества.

Согласно авторской оценке, человечеством за последние 50 лет накоплено более 120 000 т золота в виде золотого запаса стран, и лишь частично оно находится в виде ювелирных изделий, а также используется в мировой сфере материального производства и науки. Ресурсный потенциал золота (в %):

Африка (43), Азия (17), Северная Америка (16), Южная Америка (140, Австралия (7), Европа (2,5) (Беневольский и др. 1995). В истории цивилизаций мировая добыча золота удваивается каждые 30-40 лет. Суммарная годовая добыча золота оценивается приблизительно в 3150 т, из них 440 т приходится на Китай, 300 на Австралию. Россия добыла из недр 255 т и находится на третьем месте в мире. Остальное количество добывается в основном в Перу, Канаде, Индонезии, США, ЮАР, Бразилии. Незначительная золотодобыча ведется в других странах (таблица).

Производство золота в странах мира, т (источник: U.S. Geological Survey)

Страна	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Китай	341	371	413	438	478	450	453	440
Австралия	261	259	251	268	274	279	290	300
Россия	189	200	213	232	247	249	253	255
США	231	233	231	230	209	218	236	245
Индонезия	140	120	89	111	116	176	168	180
Канада	104	108	108	133	152	159	165	180
Перу	185	188	180	188	173	176	164	155
ЮАР	203	202	177	177	159	151	150	145
Всего в мире	2734	2829	2850	3042	3131	3208	3222	3150

Всего в мире было добыто 166 тыс. т золота. Разведанные запасы золота составляют 31000 т, из них подсчитанные – не более

15000 т (Итоги ..., 2018). Это означает, что при современных темпах разработки место-

рождений уже через пять лет может наступить глобальный финансовый кризис.

В настоящее время потребности в золоте как в валютном металле превышают добычу на 500 т. В 2017 г. стоимость 1 унции золота составляла на мировых рынках 1200 долл.

Критической для золотодобывающей отрасли считается цена в 1000 долл. В этом случае крупные продуценты продолжают освоение месторождений золота с высокой степенью готовности. В сложном положении окажутся рудники, эксплуатирующие малотоннажные и (или) относительно низкокачественные месторождения золота. Не исключено, что некоторые рудники будут остановлены, что может означать сокращение мировой добычи металла.

История золотодобычи насчитывает более 4 тыс. лет. Древний Египет по праву считается первым в мире золотодобывающим государством, «великой страной золота» и в истории его добычи занимает особое место. С древнейших времен, находя самородки золота, люди выделяли его особые свойства. Блеск и цвет самородков позволяли их сопоставлять с Солнцем. Египтяне обожествляли золото, сделав его главным материалом для изготовления украшений фараонов, которые были, согласно мифологии, сыновьями бога Солнца Ра (Старостин, 2014). *Nebu* является египетским символом для золота () (Dietrich et al., 2001).

Золото имело не только экономическую ценность, но и культовое значение. О царе, сыне Ра, говорится, что он – «Золотая гора, которая сверкает надо всем миром». Золото было металлом фараонов и царей, которым поклонялись наравне с божествами, и символом вечной жизни. Именно эта связь с Ра и вечной жизнью заставила фараонов коллекционировать золото в своих владениях и накапливать его в дворцах и сокровищницах. Палата, в которой помещали саркофаг фараона, была известна как «дом золота».

Первыми рудознатцами были египтяне, находившие золото в руслах сухих рек (вади) ещё 4-5 тыс. лет до н.э. Исторические данные и артефакты свидетельствуют о том, что Египет за свою многовековую историю сумел создать крупную для своего времени золотодобычу, которая была под контролем фараонов. Поэтому египетские фараоны

накопили у себя огромное количество драгоценного металла и ходили легенды в древнем мире об их богатстве. По данным исследователей, в Африке количество добытого золота в древние времена оценивается в 4185 т. Это золото в основном добыто египтянами. Древний Египет сыграл огромную роль как в истории человечества, так и в истории золота (Голенков, 2015).

Именно в Египте начались первые систематические поиски и масштабные разработки россыпных и рудных месторождений. В районе Вади-Хаммамат (высохшее еще в древности русло правого притока Нила) известно более 45 древних разработок, рядом с которыми были построены поселения золотодобытчиков, проложены дороги. Промывка и продувка песка, содержащего желтый металл, – такие способы применяли древнеегипетские старатели для промышленного извлечения мелкого золота. Они показали, что выгоднее перерабатывать всю толщу песков, нежели вылавливать отдельные самородки.

С распадом Древнего царства начался практически 200-летний упадок золотодобычи в Египте, которая возродилась лишь в бронзовом веке, когда Аравийско-Нубийская золотоносная провинция достигла наибольшего расцвета. За 900 лет здесь было добыто 1,6 тыс. т золота. Во время правления фараона Тутмоса III (1479–1425 гг. до н.э.) добыча золота порой превышала 40 т в год. В Луксоре была найдена надпись времен фараона Рамзеса II (1301-1251 гг. до н. э.), в которой упоминается 21 золотоносный район Египта (Dietrich et al., 2001).

Артефактом существования золотой лихорадки в Древнем Египте является карта местоположения золотых рудников. Это самая древняя в мире карта золоторудных месторождений, известная историкам как Туринский папирус, изготовлена на папирусе естественного коричневого цвета (рис. 1). Этот папирус изображает 15-километровый участок Вади-Хаммамат с указанием деревень, холмов, золотых копей и каменоломен, а также расстояния между ними (рис. 1). Карта выполнена около 1160 г. до н.э. для участников организованной Рамзесом IV экспедиции. Дома золотоискателей и святилища бога Амона окрашены в розовый цвет.

«Гора золота», как разрабатываемое месторождение, показана темно-красным цветом (Harrell and Brown, 1992b).

Карта соответствует времени царствования фараона Рамзеса II, если полагать, что на ней обозначена Чистая гора, которая упомянута в Луксорском перечне золотоносных районов Древнего Египта. Крупные габариты здания святилища бога Амона показывают, что поселок золотоискателей был большим и время разработки золота весьма продолжительным.

С геологической точки зрения территория на карте изображена очень подробно, как на детальных картах. Разные цвета окраски «гор золота», очевидно, отражают разную

степень изучения и освоения месторождений.

Историческая золотодобыча была сосредоточена полностью на поверхностной разработке кварцевых жил и россыпей высохших аллювиальных отложений.

Доказательствами исторической деятельности горного производства являются древние горные выработки глубиной менее 20 м в кварцевых жилах и отвалы горной массы, указывающие на места древних разработок.

Великую золотую историю Египта завершил железный век (1200–50 гг. до н.э.), а всего ко времени захвата Римом египтяне добыли около 6 тыс. т золота.

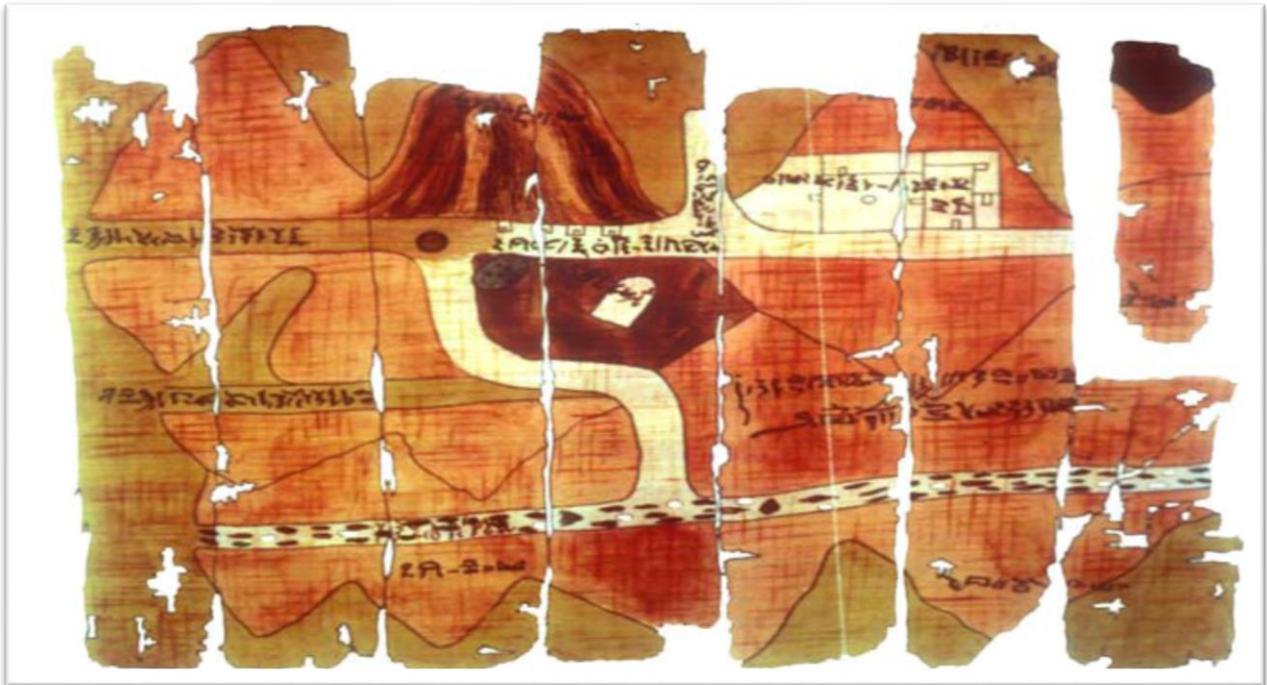


Рис. 1. Карта на папирусе изображает 15-километровый участок Вади-Хаммамат (Harrell and Brown, 1992b)

Крупной золотоносной провинцией Египта, освоение которой началось еще в додинастические времена, является территория западного побережья Красного моря. Эта восточная часть территории Египта (Восточная пустыня) в геологическом отношении представляет собой фрагмент Аравийско-Нубийского докембрийского массива, частично перекрытого чехлом меловых и эоценовых отложений. Породы фундамента обнажаются в Восточной пустыне между долиной Нила и побережьем Красного моря в

форме клина северной широты. Они представлены офиолитовыми и островодужными породными ассоциациями и интрузивными комплексами, сформированными в условиях континентальной окраины (андезит-дацит-риолиты). В Восточной пустыне Египта известно более 110 месторождений золота. Большинство месторождений золота приурочено к породам фундамента. Разработка золота в крупных месторождениях продолжается со времен фараонов до настоящего времени (рис. 2).

Месторождения объединены в золоторудные пояса северо-западного направления. Восточный пояс примыкает к зеленокаменным породам фундамента, к нему приурочены месторождения золота Умм Рас, Атида, Сукари, Хангали, Умм Ида и ряд рудопроявлений. Известно, что на месте рудника Сукари в древности находились разработки рудознатцев.

Главная особенность пространственного положения оруденения – проявление рудной минерализации между сближенными трещинными нарушениями в гранитоидах, сопровождающимися мелкими сколами сульфидно-кварцевых жил и слабозолотоносных метасоматитов (Шарафелдин, 2018).

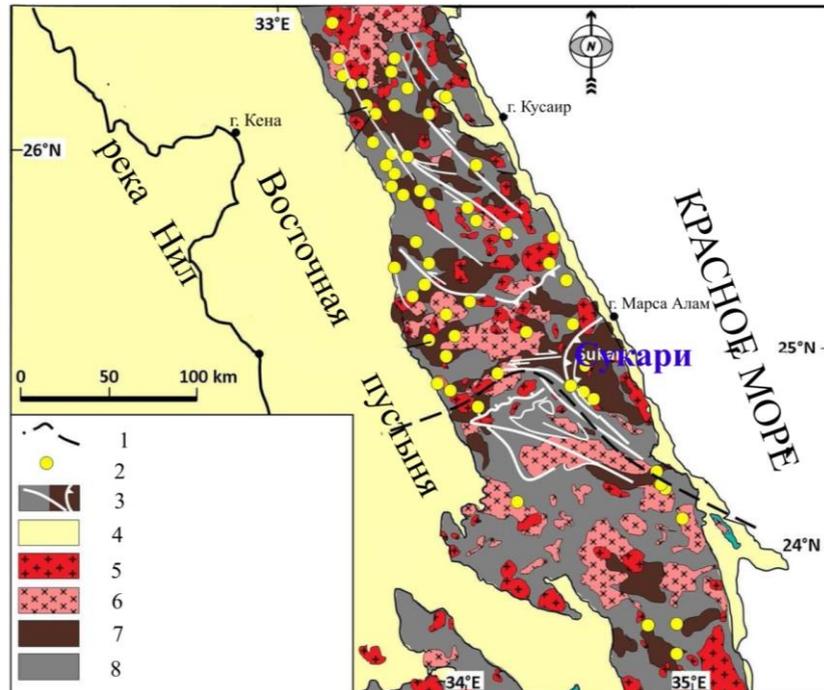


Рис. 2. Схема расположения месторождений и рудопроявлений золота Восточной пустыни Египта (Helmy, Zoheir, 2015): 1 – тектонические границы; 2 – месторождения и рудопроявления золота; 3 – сбросы и надвиги; 4 – аллювиальные отложения; 5 – посторогенные граниты; 6 – синорогенные гранитоиды; 7 – породы офиолитового меланжа; 8 – вулканогенные породы.

В последние несколько лет золотодобывающая отрасль Египта развивается. В настоящее время производство золота в Египте сосредоточено в трех местах в Восточной пустыне: Сукари (Centamine Limited и Pharaoh gold mine), Хамаш (Hamash Company) и Вади-Аллаки (Shalatin Exploration Company). Тем не менее, на данный момент единственным крупным промышленным золотодобывающим предприятием Египта остается рудник Сукари.

Добыча на месторождении Сукари началась в 2010 г. Производство золота на руднике Сукари в 2017 г. составило 15,5 т, себестоимость добычи унции золота в 2017 г. – 554 долл.). Переработанная руда обогащается методом флотации. Флотационный концентрат поступает на тонкое измельчение и

цикл СЦ, хвосты отправляются в хвостохранилище. Золото из обогащенного на цикле СЦ раствора извлекается методом элюирования и электролиза (среднее извлечение золота – 88,8 %).

Доказанные и вероятные ресурсы и запасы золота на месторождении оцениваются в 340 т. В настоящий момент на объекте производится доразведка глубоких горизонтов, направленная на наращивание подземной добычи руды с высоким содержанием металла (Шарафелдин, 2018). Кроме того, ведется изучение всего участка на предмет возможного наличия попутных компонентов.

Золото разрабатывается на месторождении Хамаш, которое приурочено к интрузивным породам, прорывающим породы серпентинитового меланжа и островодужно-

го комплекса, разделенные региональным разломом (Sakran et al., 2009). Породы меланжа сложены блоками серпентинита и метагаббро, включенными повсеместно в деформированную матрицу сланцев. Островодужные породы сложены метабазальтами, метаандезитами и метадацитами. На руднике Хаммаш используется физико-химическая технология кучного выщелачивания для извлечения драгоценного металла. Кучному выщелачиванию предшествуют дробление руды до 10 мм и агломерация с использованием цемента в качестве связующего материала. Сформированные кучи опрыскивают раствором цианида с концентрацией 0,5% - 1,0% при pH 10-11 в течение примерно 80-100 дней. Полученный раствор пропускается через активированный уголь для адсорбции золота. Насыщенный активированный уголь заливают горячим раствором цианида. Золото извлекается электролизом, а затем очищается для получения золотых слитков, содержащих более 99,5% золота.

Современное состояние минерально-сырьевой базы золота Египта не отличается высоким уровнем развития. Запасы золота (Proved + Probable) составляют 256 т, прогнозные ресурсы (Identified) оценены в 478 т.

В то же время территория Египта достаточно перспективна для разведки уже известных и новых месторождений золота. Стоит заметить, что до недавнего времени разведкой с помощью современных технологий никто не занимался, поэтому египетские недра изучены достаточно слабо.

Воспроизводство минерально-сырьевой базы золота возможно на основе приоритетного исследования и освоения на территории Восточной пустыни Египта геолого-промышленных типов золоторудных месторождений. Мировой опыт освоения таких месторождений показывает, что в пределах фундамента древних щитов, к которому относится Аравийско-Нубийский щит, промышленный интерес могут представлять месторождения трёх типов золоторудных формаций.

К первому типу относятся месторождения золотосульфидно-кварцевых руд в зеленокаменных поясах древних щитов, которые за-

легают среди метаморфизованных вулканитов основного, реже ультраосновного или среднего, состава с прослоями терригенных пород (обычно кварцитов). В последние годы увеличились запасы золотосульфидно-кварцевых месторождений в зеленокаменных поясах, особенно в Канаде. Здесь велась доразведка ранее разрабатываемых крупных месторождений, таких, например, как Детур-Лейк, а также вновь открытых объектов.

Крупные объекты этого типа связаны с протяженными системами разломов. Рудные залежи имеют форму жил и прожилковых зон и часто приурочены к зонам дробления и рассланцевания пород, пересекающим смятые в складки метавулканиты. Руды кварцевого состава обычно малосульфидные, с высокопробным золотом, образующим сравнительно крупные (до 3-5 мм) включения в кварце. Оруденение отличается самым большим для эндогенных месторождений вертикальным размахом. Крупными запасами обладают такие месторождения, как Боддингтон (Австралия), Детур-Лейк (Канада) и др. Многие месторождения этого геолого-промышленного типа вследствие многолетней активной эксплуатации уже полностью отработаны. На территории Египта месторождения данной рудной формации могут быть установлены в складчатых структурах неопротерозоя в линейных региональных зонах тектонического смятия метавулканитов и углеродисто-кремнистых сланцев. В рифейско-кембрийском зеленокаменном поясе на Аравийско-Нубийском щите кроме жильных кварц-золоторудных месторождений золото накапливается также в медно-полиметаллических рудах, особенно в зоне нижних субмаринных брекчий (штокверковый тип).

Второй формационный тип представлен месторождениями золотосульфидо-кварцевых руд, приуроченных к интрузивным телам. Следует отметить существенно возросший потенциал объектов, избирательно локализующихся в сравнительно хрупких (компетентных) геологических образованиях – малых интрузивах, поясах и сериях даек.

На основе геолого-экономической оценки месторождений коренного золота на территории Египта месторождения жильного типа

в малых интрузивах гранитоидов и дайках фельзитов являются важными продуцентами золота.

Кварцево-жильные месторождения являются наиболее экономически важным и основным источником золота в Египте. Почти все исследователи отмечают пространственную связь минерализации золота в Восточной пустыне с гранитоидными породами, которые интродировали протерозойские мафиты и ультрамафиты. Рудовмещающие гранитоиды представлены двухфазными гранодиоритами и монцогранитами. По петрогеохимическим особенностям гранитоиды соответствуют коллизионным гранитам. Возраст рудоносных гранитоидов кальциево-щелочной специализации определен – 559 ± 6 млн. лет. Поскольку большинство известных месторождений золота приурочены к кварцевым жилам, исторически исследователи концентрировали внимание на этом типе месторождений.

В малых интрузивах размещаются рудные тела крупнейших разрабатываемых месторождений: Сукари в Египте, Васильковское в Казахстане, Ливенгуд в США.

Третий тип месторождений представлен золотоносными россыпями, которые по-прежнему остаются промышленно значимыми для минерально-сырьевой базы стран Южной Америки, России и Китая. Однако они теряют свою значимость в мировом распределении запасов. Аэрокосмическими методами дистанционного зондирования на территории Восточной пустыни Египта выявлены древние палеоруслы, которые могут быть золотоносными или содержать промежуточные коллекторы золота.

Ускоренное воспроизводство минерально-сырьевой базы Египта может быть обеспечено за счет применения современных инновационных технологий и выбора рационального прогнозно-поискового комплекса на наиболее перспективном геолого-промышленном типе месторождений. Этот геолого-промышленный тип представлен золотосульфидно-кварцевой формацией руд в малых интрузивных телах и дайках, внедрившихся в складчатые докембрийские метаморфизованные вулканогенно-осадочные отложения островных дуг и серпентинитового меланжа. На перспективных площадях

ранга рудных районов следует провести опережающие поисковые работы и выполнить беспилотные (квазиназемные) аэромагнитные и аэроспектрометрические съемки. Данные магнитной съемки масштаба 1:50 000 позволят картировать зоны гидротермально-метасоматических изменений, связанные с золоторудным оруденением, и зоны сдвиговых и складчато-взбросовых деформаций горных пород. Аэрогамма-спектрометрические съемки позволят оконтурить скрытые щелочные коллизионные гранитоиды и ореолы калишпатовых изменений околорудных пород в зонах тектонических нарушений (Коротков и др., 2016). При положительных результатах аэрогеофизических работ в пределах перспективных участков следует проектировать детальные наземные геофизические работы на рудоперспективных структурах для определения зон гидротермально-метасоматических изменений, месторождений золотосульфидно-кварцевой формации. В прогнозно-поисковый комплекс геофизических работ следует включить электроразведочные работы методами вызванной поляризации и электротомографии сопротивления для выявления зон окварцевания и сульфидизации и связанной с ними золотой минерализации, а также определения мощности перекрывающих гранитоиды отложений. Предложенный рациональный комплекс прогнозно-поисковых методов позволит установить промышленные проявления золота в центральной части Восточной пустыни Египта и увеличить ресурсный потенциал золота данного региона

Библиографический список

Беневольский Б.И., Ганеев И.Г., Скрипченко В.В. и др. Рудные ресурсы и их размещение по геозонам. Благородные металлы (металлы платиновой группы, золото, серебро): справочное пособие. М.: Недра, 1995. 223 с.

Голенков В.А. История добычи золота в разных регионах мира // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4-1 (57). С. 625-628.

Итоги золотодобывающей отрасли в 2017 г. // Золото и технологии. 2018. № 1 (39). С. 6-13.

Коротков В.В., Овсянникова Т.М., Ржевская А.К. и др. Инновационные технологии прогнозирования, поисков и оценки месторождений твер-

дых полезных ископаемых: (информационно-аналитический обзор / ВИМС. М., 2016, 56 с.

Старостин В.И. Минеральные ресурсы и цивилизация: учеб. пособие по межфакультетскому курсу лекций. М.: МАКС Пресс, 2014. 160 с.

Шарафелдин Х. Э. Позднеорогенные месторождения золота Египта// Горные науки и технологии. 2018. Вып. 1. С. 89-96.

Centamin. Annual reports 2009-2017
URL: <http://www.centamin.com/investors/other-publications/2017>

Dietrich K., Rosemarie K., Andreas M. Gold of the Pharaohs – 6000 years of gold mining in Egypt and Nubia// Journal of African Earth Sciences. 2001. Vol. 33. Is. 3–4. P. 643-659.

Harrell J.A. and Brown V.M., 1992b, The oldest surviving topographical map from ancient Egypt : (Turin Papyri 1879, 1899 and 1969)// Journal of the American Research Center in Egypt. 1992. Vol. 29. P. 81-105.

Helmy H.M., Zoheir, B. Metal and fluid sources in a potential world class gold deposit: El-Sid mine// Egypt. International Journal of Earth Sciences. 2015.Vol.104 (3). P. 645-661.

Sakran Sh. M., Said A., El Alfy Z., El Sharkawi M.A. Hammash releasing bend and its control of gold mineralization, Hammash gold mine area, south eastern desert, Egypt// Egyptian Journal of Geology. 2009. Vol. 53. P. 87-99.

Renaissance of Gold Mining in Egypt

Kh.E. Sharafeldin, A.A. Vercheba

Russian State University of Geological Exploration named after Sergo Ordzhonikidze, 23 Miklukho-Maklay Str., Moscow 117485, Russia. E-mail: aa_ver@mail.ru

The article provides information about gold mining in Egypt over a period about 4,000 years of republic history. Despite its rich past, in its current state, Egypt's gold mining industry is not a leading sector in the country's economy. Interest in Egyptian gold mining is gradually increasing, gained by the success of the gold mining company "Centamin" at the Sukari mine. The reproduction of the mineral resources of gold can be based on the development of the most important gold formations and geological-industrial types of gold deposits. Gold-sulphide-quartz ores in the intrusive bodies of collisional granitoids represent the greatest geological and economic values for the growth of reserves and resources. For this type of deposits, a rational forecasting-exploration complex has been developed for geological prospecting in the Eastern desert of Egypt.

Key words: *Egyptian gold mining industry; geological-industrial types; deposits; forecasting-exploration complex.*

References

Benevolskiy B.I., Ganeev I.G., Skripchenko V.V et al. 1995. Rudnye resursy i ikh razmeshchenie po geopokham. Blagorodnue metally (metally platino-voy gruppy, zoloto, srebro) [Mineral resources and their allocation within geoechoses. Noble metals (metals of Pt group, gold, and silver)]. Moskva, Nedra, p. 223. (in Russian)

Golenkov V.A. 2015. Istoriya dobychi zolota v raznykh regionakh mira [History of gold mining in different world regions]. Ekonomika i predprinimatelstvo. 4-1(57):625-628. (in Russian)

Itogi zolotodobyvayushchey otrasli v 2017 g. [Summary gold mining industry in 2017]. Zoloto I tekhnologii. 2018. 1(39):6-13. (in Russian)

Korotkov V.V., Ovsyannikova T.M., Rzhetskaya A.K. et al. 2016. Innovatsionnye tekhnologii prognozirovaniya, poiskov i otsenki mestorozhdeniy tvyordykh poleznykh iskopaemykh [Innovative technologies of forecasting, prospecting and assessment of mineral deposits]. VIMS. (in Russian)

Starostin V.I. 2014. Mineralnye resursy i tsivilizatsiya [Mineral resources and civilization]. Moskva, MAKS Press, p. 160. (in Russian)

Sharafeldin Kh.E. 2018. Pozdneorogennye mes-torozhdeniya zolota Egipta [Late-orogenic gold deposits of Egypt]. Gornye nauki i tekhnologii. 1:89-96. (in Russian)

Centamin. Annual reports 2009-2017 Retrieved from <http://www.centamin.com/investors/other-publications/2017>

Dietrich K., Rosemarie K., Andreas M. 2001. Gold of the Pharaohs – 6000 years of gold mining in Egypt and Nubia. Journal of African Earth Sciences. 33(3–4):643-659.

Harrell J.A. and Brown V.M. 1992. The oldest surviving topographical map from ancient Egypt: (Turin Papyri 1879, 1899 and 1969). Journal of the American Research Center in Egypt. 29:81-105.

Helmy H.M., Zoheir B. 2015. Metal and fluid sources in a potential world class gold deposit: El-Sid mine. Egypt. International Journal of Earth Sciences. 104(3):645-661.

Sakran Sh. M., Said A., El Alfy Z., El Sharkawi M.A. 2009. Hammash releasing bend and its control of gold mineralization, Hammash gold mine area, south eastern desert, Egypt. Egyptian Journal of Geology. 53:87-99.