

© Э.А.Мамедов, Э.С.Ахмед, М.И.Чирагов, 2012

## ДОКЕМБРИЙСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛИХРОННЫХ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОНГЛОМЕРАТОВ НА ЮГЕ СИНАЯ (ЕГИПЕТ)

Э.А.Мамедов, Э.С.Ахмед, М.И.Чирагов

*Бакинский государственный университет**AZ1148, Баку, ул. 3.Халилова, 23**E-mail: elkhanau@yahoo.com, New\_Sayed@yahoo.com*

В статье рассматриваются условия формирования некоторых эксплуатируемых золотоносных конгломератов, приводятся общие сведения о докембрийских вулканогенных и плутоногенных коренных месторождениях золота на Аравийско-Нубийском щите на юге Синайского полуострова (Египет). Выделяется ряд разновозрастных этапов образования золоторудной формации, отделенных друг от друга значительным временным промежутком и связанных с различными интрузивными и вулканогенными магматическими формациями. При этом отмечается, что в период Панафриканского горообразования в инфракембрии, а позже – эпиплатформенного горообразования в нижнем мелу, среднем эоцене и плиоцене происходят интенсивное разрушение, эрозия разновозрастных коренных месторождений золота Аравийско-Нубийского щита и формирование полихронных докембрийских вулканогенных и фанерозойских терригенно-обломочных молассовых золотоносных конгломератов на юге Синая.

### Введение

Золотоносные конгломераты в молассовых бассейнах земной коры формируют месторождения с крупными запасами золота, иногда с ураном, платиной, алмазами, оловом, вольфрамом и другими полезными ископаемыми. В разные годы золотоносные конгломераты исследовались В.А.Обручевым, В.Линдгрейном, В.М.Крейтером, В.Эммонсоном, Ю.А.Билибиным, А.М.Бетманом, И.С.Рошковым, Ю.П.Ивенсоном, Дю Тойтом, Р.Рамдором, Г.Девидсоном, Ф.П.Кренделевым, В.А.Михайловым и другими. Многочисленные и систематические публикации о золотоносных конгломератах, в особенности древних, содержатся на страницах журнала “Экономическая геология” (США) и в материалах международной конференции “Мирное использование атомной энергии”. Ряд вопросов, касающихся генезиса древних месторождений золотоносных конгломератов, является спорным. Территория Египта, в том числе Синая, богата докембрийскими коренными месторождениями золота. Они размещены в докембрийской золоторудной провинции Аравийско-Нубийского щита, которая подвергалась неоднократному полихронному разрушению в период горообразования и синхронному сносу обломков в молассовые бассейны, формированию разновоз-

растных горизонтов золотоносных конгломератов. Поэтому здесь есть все геологические предпосылки для образования золотоносных конгломератов.

### Геологические условия формирования некоторых мировых промышленных месторождений золотоносных конгломератов

На древних островных дугах Трансваальского щита, в связи с докембрийским вулканизмом внутри ряда золотоносных вулканических аппаратов были сформированы месторождения золотоносных вулканогенных конгломератов Витватерсранд (ЮАР). В период эпиплатформенного горообразования в отложениях чехла Центральноамериканской платформы на склонах докембрийской золотоносной провинции были образованы позднекембрийские месторождения терригенно-обломочных золотоносных конгломератов Блек-Хиллс (США).

**Месторождение докембрийских золотоносных вулканогенных конгломератов на островных дугах Витватерсранд.** В геологическом отношении месторождение локализовано в сближенных вулканических аппаратах на островных дугах. Это самый крупный золотоносный район мира. Наряду с золотом здесь добывается уран, платина и алма-

зы, что намного повышает рентабельность предприятий. Группа месторождений, которые локализованы вокруг вулканических аппаратов в вулканогенном молассовом конгломератовом бассейне Витватерсранд, имеет размеры 800x250 км. Несмотря на многочисленные исследования (Дю Тойт, 1958; Simanovich, 2009), ряд положений, в частности о вулканизме и связи месторождений с островными дугами, имеющих большое значение для прогнозирования аналогичных месторождений в других регионах, является наиболее слабо разработанным. На отдельных участках месторождений Витватерсранд выступают архейские гранит и гнейсы, являющиеся фундаментом Южно-Африканской платформы. На граниты и гнейсы трансгрессивно и с размывом накладываются три докембрийские системы Витватерсранд, Вендерсдорп и Трансвааль, которые представлены многократным чередованием кварцитов, сланцев, а также вулканогенных конгломератов с обломками кварцевых порфиров, андезитов, риолитов, диабазов и фельзитов. Характеристика тектоники древних щитов наиболее детально приведена в работе (Белоусов, 1962), в которой отмечается широкое развитие древних, часто сблизженных кольцевых гранитно-гнейсовых купольных структур, чье формирование связано с магматизмом. Становление таких куполов на Трансваальском щите сопровождается проявлением многоэтапного разновозрастного золотоносного вулканизма в режиме островных дуг. Формирование золотоносных островных дуг в режиме растяжения и сжатия сопровождается одновременным размывом, эрозией вулканических аппаратов и образованием многослойных горизонтов золотоносных вулканогенных конгломератов. Естественно, в такой палеогеографической обстановке золотоносные вулканогенные конгломераты россыпного происхождения частично сохраняют свою первичную гидротермальную природу, однако это является предметом для острых споров. Так, при связи золотоносных конгломератов с вулканическими аппаратами на островных дугах, то есть если они являются месторождениями близкого сноса золота, они обладают как признаками осадочного генезиса, так и гидротермального происхождения. Такая но-

вая интерпретация геологических условий их формирования дает возможность прогнозировать месторождения вулканогенных золотоносных конгломератов на других вулканических золотоносных поясах земной коры.

**Месторождения золотоносных конгломератов в отложениях платформенного чехла Блек-Хиллс (США).** Крупнейшим месторождением золотоносных конгломератов в отложениях основания Центральноамериканской платформы является месторождение Блек-Хиллс. Оно находится на некотором удалении, то есть в периферии докембрийского гидротермального золотого месторождения Хомстек. За период с 1878 по 1967 годы на месторождении Хомстек было добыто около 800 тонн золота и 200 тонн серебра. Здесь на некотором удалении от размытого докембрийского золоторудного месторождения Хомстек трансгрессивно с угловым несогласием залегают золотоносные базальные конгломераты позднего кембрия. Образования докембрийского золоторудного месторождения Хомстек и позднекембрийских золотоносных конгломератов Блек-Хиллса оторваны во времени друг от друга. Состав и окатанность валунов конгломератов свидетельствует о том, что они формировались в прибрежно-морских мелководных условиях. Промышленные концентрации золота составляли 3-4 г/т. Добываемое золото характеризовалось относительной крупностью. Нередко встречались самородки весом 3,0-4,5 г.

Таким образом, позднекембрийские золотоносные конгломераты Блек-Хиллса формировались при горообразовании в отложениях платформенного чехла на некотором удалении от докембрийского золоторудного месторождения Хомстек.

#### **Основные черты геологического строения юга Синая**

В геологическом строении юга Синая принимают участие докембрийский комплекс фундамента Аравийско-Нубийского щита, фанерозойский платформенный чехол Африкано-Аравийской платформы, неогеновые молассовые отложения рифтовой системы Суэцкого залива и залива Акаба.

Аравийско-Нубийский щит сложен метаморфическим комплексом, который пред-

ставлен ортоамфиболитами, гнейсами, мигматитами, тальковыми и графитовыми сланцами, метакальцитопелитами, метапсаммопелитами, параамфиболитами, а также метавулканитами. При растяжении коры континентального типа были внедрены ультраосновные и основные интрузии. Метаморфизм комплекса основания принадлежит к амфиболитовой фации и фации зеленых сланцев. Определение абсолютного возраста метаморфического комплекса указывает на 820 млн. лет, что соответствует верхнему рифею верхнего протерозоя. Далее наступил период Панафриканского орогенеза, интенсивного интрузивного магматизма. Формировались древние серые граниты, а затем на значительной площади внедрялись докембрийские многофазные плутоны ( $G_1, G_2, G_3$ ), такие как граниты, сиениты, монцониты, монцодиориты, а также самостоятельные малые интрузии фельзитов и риолитов. Абсолютный возраст (635-590 млн. лет) вполне соответствует инфракембрию (венду). На стадии взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов растяжения и сжатия на островных дугах была сформирована вулканогенная серия Дохан и вулканогенные молассовые отложения Хаммамат. Эта серия отложений известна как серия Дохан-Хаммамат или же формация Хейб (Eliwa et al., 2010). Вулканизм – многоэтапный и последовательно дифференцированный, то есть базальто-андезит-риолитовый. Вулканогенно-осадочные горизонты представлены вулканогенными конгломератами Вади Кид, граувакками, брекчиевыми конгломератами (Abu El-Ene, Makroum, 2003; El-gaby et al., 1991). Абсолютный возраст метавулканитов и метаконгломератов Вади Кид (640-622 млн. лет) соответствует инфракембрию (венду). Африкано-Аравийский фанерозойский платформенный чехол на юге Синая представлен почти горизонтальными пластами от карбонового до эоценового возраста, внутри них отмечаются отдельные пласты конгломератов. Карбоновые отложения горы Эль Тих и высокого плато Гебель Игма представлены мощной толщей песчаников, которые трансгрессивно залегают на докембрийском фундаменте Аравийско-Нубийского щита. Их мощность – от 140 до 282 м. В восточной части Синая карбоновые отложения отсутствуют. Здесь нижний

мел представлен нубийскими песчаниками с конгломератами в основании. Конгломераты непосредственно залегают на докембрийских метаморфических и интрузивных породах. Их мощность – от 20 до 40 м. Палеоценовые отложения представлены глинистыми сланцами мощностью от 35 до 55 м. Известняки плато Игма с прослоями кремня нижнеэоценового возраста слагают огромную площадь центральной части Синайского полуострова. Их мощность – до 83 м. На известняках плато Игма несогласно залегают массивные известняки, принадлежащие к среднему эоцену. Отсутствие отложений в верхней части среднего эоцена и наличие конгломератов в верхнем эоцене приводит ряд исследователей к выводу о том, что в этот период проявилось эпиплатформенное горообразование. Рифтовая система Синая является составной северной частью более обширной, протяженной на несколько тысяч километров в длину и несколько сотен километров в ширину Восточно-Африканской рифтовой системы. Последняя относится к крупнейшим самостоятельным тектоническим структурам, которые контролируются сверхглубинными разломами восточной Африки и западной Аравии. Многие вопросы механизма формирования рифтовых систем Земли, их связи с верхней мантией, развития, перемещения при частичном вращении континентальных плит в свете концепции новой глобальной тектоники и металлогении нашли отражение в ряде фундаментальных трудов и материалов международных проектов. Рифтовая система Синая включает несколько элементов и состоит из сводово-глыбовых поднятий активизированной докембрийской золоторудной провинции Аравийско-Нубийского щита, активизированного чехла Африкано-Аравийской платформы и нескольких рифтовых грабенов, таких как Эль Каа, Шарм Эль Шейх и другие. В миоцене, плиоцене и в четвертичный период древняя золоторудная провинция Аравийско-Нубийского щита была неоднократно активизирована и вовлечена в эпиплатформенное горообразование, сопровождающееся одновременным формированием крупных сводово-глыбовых поднятий и гигантских молассовых конгломератовых рифтовых грабенов, размещенных в прибрежных зонах Суэцкого залива и залива Акаба. В

рифтовых грабенах отмечается цикличное осадконакопление. Так, в нижнем миоцене трансгрессивные серии литогенеза начинаются шельфовыми конгломератами, на них залегают морские мергели, а затем эвапориты среднего миоцена. В плиоцене отмечаются конгломераты мощностью более 20 м, которые в верхах плиоцена и в четвертичное время заменяются рифтовыми известняками в молассовом грабене Эль Каа и Шарм Эль Шейх.

#### **Докембрийские золоторудные месторождения на юге Синая**

Золоторудные месторождения Аравийско-Нубийского щита в Египте имеют довольно широкое распространение. Здесь известны многочисленные эндогенные месторождения золота, которые объединяются в ряд золоторудных формаций, краткая характеристика которых приводится ниже.

**Золото-железорудная формация.** В метаморфическом комплексе основания Аравийско-Африканского щита на юге Синая в вулканогенно-осадочных туфах Вади Кид и Вади Мадсус размещены стратиформные вулканогенные кремнистые месторождения, принадлежащие к золото-железорудной формации, с содержаниями в трех пробах соответственно (в %):  $\text{SiO}_2$  – 31,41; 32,7; 41,05;  $\text{Fe}^{+3}$  – 48,85; 60,31; 60,33;  $\text{Fe}^{+2}$  – 1,7; 2,61; 2,63, а также (в г/т): Au – 0,98; 1,1; 0,89 и Ag – 13,5; 16,4; 18,2. Отношение золота к серебру – 0,07:1; 0,07:1 и 0,04:1 – довольно низкое.

**Золото кварцевая сульфидная (лиственитовая) формация.** К этому типу формации относится месторождение жильного типа в Ум Зарриг (Mamedov et al., 2012). Месторождение расположено в зоне глубинных разломов субмеридионального простирания, вдоль которых внедрились породы офиолитовой формации юга Синая, состоящие из перидотитов с подчиненным развитием пироксенитов и габбро верхнерифей-верхнепротерозойского возраста. На территории месторождения получили широкое развитие листвениты и частично серпентиниты, то есть кварц-карбонатные гидротермально-измененные породы. Из рудных и нерудных минералов на месторождении отмечаются: самородное золото, самородное серебро, самородная медь, халькопирит, кварц, незначительное количество галенита и сфалерита,

арсенопирита, магнетита, рутила и ильменита. Содержание (в г/т): золота – до 10, а серебра – от 2,70 до 15,5, Cu – от 0,13 до 0,2%, Pb – от 0,0035 до 0,071%, Zn – от 0,0097 до 0,0820%, Ba – до 0,04%.

**Золото-алюмосиликатная (скарновая) формация.** Данная формация связана с древними гранитоидными плутонами. Она возникла за счет контактового метасоматизма гранитоидного плутона с метапелитами формации Ум Зарриг. Руды сложены из волластонита, кварца, фельдшпата, гроссуляра, пренита, биотита, а также из самородного золота, халькопирита, борнита, пирита, сфалерита, галенита и незначительного количества кобальтина, арсенопирита, фрейбергита и вуланжерита. Содержание золота – 1,8 г/т, серебра – от 67,6 до 180 г/т, цинка – от 0,21 до 8%, свинца – 2%.

**Золото кварцевая плутогенная формация.** С комплексом многофазных гатарских плутонов в Восточной Пустыне и на юге Синая связан ряд месторождений золота, таких как Баррамия, Сукари, Ум Рус, Ум Самра и другие. Они принадлежат к золото кварцевой плутогенной формации и состоят из минералов золотоносного пирита, самородного золота, арсенопирита, галенита, шеелита, вольфрамиты с развитием минералов тантала, ниобия и полосчатого кварца. По минеральному типу эти месторождения относятся к золотопиритовому, иногда с оловом, вольфрамом, танталом и ниобием. Содержание золота довольно высокое – от 6,1 до 29,45 г/т.

**Золото сульфидная (колчеданная) вулканогенная формация.** На юге Синая с последовательно дифференцированным базальт-андезит-риолитовым комплексом вулканогенной серии Дохан-Хаммамат, в особенности с риолитовой формацией, связаны образования многочисленных месторождений золота разных, но близких по времени формирования, морфологических типов. Это – золотоносные гидротермально-измененные зоны (штокверки), золотоносные жилы и вкрапленное золотоносное пиритовое оруденение (месторождения Вади Ум Зарриг, Вади Кид, Вади Самра и др.). Гидротермально-измененные зоны содержат: Au – от 0,3 до 5,0 г/т, Ag – от 0,9 до 5,4 г/т, Cu – от 0,04 до 2%, Pb – от 0,004 до 0,28%, Zn – от 0,04 до 0,59%, при этом

минералы представлены самородным золотом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом, пиритом, пирротинном, ильменитом, магнетитом, борнитом и ковеллином. Жильный тип, представленный полосчатым кварцем, самородным золотом, редко золотоносным пиритом, галенитом и халькопиритом, содержит Au от 0,3 до 7,72 г/т, а Ag – от 0,3 до 4,7 г/т. На юге Синая риолитовые дайки несут вкрапленную пиритовую минерализацию, часто золотоносную. В рудах основными минералами являются золотоносный пирит и кварц, примесями – халькопирит, тетраэдрит, борнит, серицит, хлорит, sporadически встречаются минералы золота, серебра, меди, сфалерит и галенит. Содержание (в г/т) Au – 5,8, Ag – больше 5,9 и Cu – более 0,2%. Отношение Au : Ag =1:1.

#### **Золото-медно-порфировая формация.**

С малыми интрузивами, такими как фельзиты, трахиты и диабазы, в Восточной Пустыне ассоциируют месторождения Монгул, Абу Марват, Курдеман, принадлежащие к золото-медно-порфировой формации с золото-халькопирит-молибденовым минеральным типом. Содержание золота – от 0,6 до 2,39 г/т.

Таким образом, в регионе широко распространены месторождения золота, принадлежащие к золото-железородной, золото-кварцево-сульфидной листвениновой, золото-алюмосиликатной (скарновой), золотокварцевой плутогенной, золото-медно-порфировой и золотосульфидной (колчеданной) вулканогенной формациям (Botros, 2004; Mamedov, Faissal, 2010; Mamedov, 2007; Noor, Botros, 2008).

#### **Прогнозирование полихронных золотоносных конгломератов на юге Синая**

Месторождения золотоносных конгломератов разделяются в зависимости от расстояния от источника питания золотом на месторождения близкого и дальнего сноса золота.

**Вулканогенные золотоносные конгломераты близкого сноса золота.** В Синае в докембрий (инфракембрий), в период панафриканского горообразования происходит многократное разрушение вышеотмеченных коренных вулканогенных месторождений золота, синхронное отложение их в вулканогенных молассовых бассейнах и формирование золотоносных вулканогенных конгломерато-

вых горизонтов. На островной дуге Кид, в районе вулканогенного золотосульфидного месторождения Хашм Эль Фах впервые нами были выделены два горизонта вулканогенных золотоносных конгломератов мощностью в 3,0 и 20,0 м и значительной протяженности, принадлежащие к серии Дохан-Хаммамат. Валуны и брекчии этих конгломератов состоят из обломков пород вулканогенного золотосульфидного месторождения Хашм Эль Фах (рис.). Минеральный тип таких конгломератов соответствует минеральному типу подвергшихся разрушению коренных золотосульфидных (полиметаллических) месторождений и содержит (в г/т): Au – от 0,3 до 1,4, Ag – от 0 до 3,0, Mo – от 0,0009 до 0,0065%, Cu – от 0,0089 до 1,43%, Zn – от 0,002 до 0,05%, Pb – от 0,005 до 0,054%.

**Золотоносные конгломераты дальнего сноса золота.** В отложениях Африкано-Аравийского платформенного чехла конгломератовые горизонты отмечаются в нижнем мелу, верхнем эоцене и плиоцене, встречаются на некотором удалении от коренных источников золота. Потенциально золотоносные конгломераты нижнего мела общей мощностью от 20 до 40 м размещены в юго-восточной части Синая, в западном обрамлении золоторудной провинции Аравийско-Нубийского щита и находятся на некотором удалении от золотоносной островной дуги Кид, Нувейба и Катрин. Конгломераты верхнего эоцена встречаются от пирамиды Гизы до западного обрамления золоторудной провинции Аравийско-Нубийского щита в Синае. В прибрежной зоне Суэцкого и Акабского заливов потенциально золотоносные конгломераты установлены в плиоцене. В период эпиплатформенного орогенеза происходит неоднократная активизация золоторудной провинции Аравийско-Нубийского щита, разрушение золоторудных месторождений, их эрозия и отложение в его обрамлении рифтовых молассовых грабен Эль Каа и Шарм Эль Шейх. Здесь потенциально золотоносные конгломераты в плиоцене имеют общую мощность до 20 м. Формирование таких горизонтов происходит за счет разрушения и перетотложения как докембрийских коренных месторождений золота, так и докембрийских вулканогенных золотоносных конгломератов.



Докембрийские вулканогенные золотоносные конгломераты. Район золотосульфидного вулканогенного месторождения Хашм Эль Фах

Таким образом, характеристика геологических условий формирования месторождений золотоносных конгломератов, их коренного источника золота показывает, что докембрийские вулканогенные золотоносные конгломераты близкого сноса золота, принадлежащие к вулканогенно-осадочной серии Дохан-Хаммамат, являются аналогами вулканогенных золотоносных конгломератов крупнейшего месторождения Витватерсранд (Южная Африка). Фанерозойские потенциально золотоносные конгломераты дальнего сноса золота в отложениях чехла Аравийско-Африканской платформы и в рифтовых системах связаны с докембрийским плутономизмом и вулканизмом Синай.

Освоение таких полихронных месторождений золотоносных конгломератов на Синае позволит расширить минерально-сырьевую базу золотодобывающей промышленности Египта.

#### ЛИТЕРАТУРА

- БЕЛОУСОВ, В.В. 1962. Основные вопросы геотектоники. Госгеотехиздат. Москва.
- ДЮ ТОЙТ, А. 1958. Геология Южной Африки. ИЛ. Москва.
- ABU EL-ENEN, M.M., MAKROUM, F.M. 2003. Tectono-metamorphic evolution of the northeastern Kid Belt, SE Sinai, Egypt. *Annals of geological Survey of Egypt*, XXVI, 19-37.
- BOTROS, N.S. 2004. A new classification of the gold deposits of Egypt. *Ore Geo Rev.*, 25, 1.
- EL-GABY, S., KHUDIER, A.A., ABDEL TAWAB, M., ATALLA, R.F. 1991. The metamorphosed volcano-sedimentary succession of Wadi Kid, southeastern Sinai, Egypt. *Annal. Geol. Surv. Egypt*, XVII, 19-35.
- ELIWA, H. et al. 2010. Depositional style of Early Ediacaran terrestrial volcano-sedimentary succession in Gebal El Urf area North Eastern Desert. *Journal of African Earth Science*, 57, Egypt, 328-344.
- MAMEDOV, E.A. 2007. Industrial Types of the auriferous conglomerates and creation of the large mineral-raw base of the gold mining industry of Egypt. *Abstracts (GRMENA-II)*, Cairo University, 93-95.
- MAMEDOV, E.A. AHMED, E.S., CHIRAGOV, M.I. 2012. Mineralogy, types and genesis of the copper-gold-sulphide ore mineralization of Um Zerriq Area, metallogenic Kid Belt in Southeastern Sinai, Egypt. Malaysia. *Caspian Journal of Applied Sciences Research*, 1(10), 42-53.
- MAMEDOV, E.A., FAISSAL, A.A. 2010. Industrial types and search on deposits of gold-bearing conglomerates in Egypt and Sudan (North Africa). *Egypt. Al-Azhar University Engineering Journal, JAUES*, 5, 4, 42-63.
- NOOR, A.M., BOTROS, N.S. 2008. Gold potentiality in southern Sinai, Egypt with spatial emphasis to El Samara area. *Annals Geol. Surv. Egypt.*, V, XXX, 353-372.
- SIMANOVICH, I.M. 2009. Auriferous precambrian conglomerates of Witwatersrand. *Lithology and Mineral Resources*, 44, 5, 497-509.

**Рецензент: д.г.-м.н. Н.А.Новрузов**