

# Особенности размещения золоторудных месторождений Алжира

Фуаз ГУГАЛИ\*

Александр Евгеньевич КОТЕЛЬНИКОВ\*\*

Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия

## Аннотация

**Актуальность и цель работы.** На мировом рынке драгоценных металлов стоимость золота постоянно растет, что определяет увеличение объемов добычи и необходимость прироста ресурсов за счет поиска и разведки новых месторождений. Известные месторождения золота в Алжирской Народной Демократической Республике (Алжир) сосредоточены в южной ее части, в районе нагорья Ахаггар, на территории, известной как Ин-Уззальский золоторудный район. Поиски новых месторождений можно осуществлять после понимания геологических особенностей строения территории и установления закономерностей приуроченности золоторудной минерализации к определенным геологическим элементам.

**Методы исследования.** Исследования проводятся на основе анализа опубликованных работ предшественников. В работе приводится анализ геологического строения региона щита Ахаггар, в пределах которого располагается золоторудный Ин-Уззальский район.

**Результаты исследования.** Рассмотрено структурно-тектоническое строение района. Выявлены основные особенности золоторудных объектов южной части Алжирской Сахары (щит Ахаггар), которые позволяют отнести известные месторождения к трем трипам по ассоциации с группами пород: милониты и ультрамилониты (Тирек, Амесмесса); граниты и синтектонические граниты (Текойат); метаосадочные породы (Тиририн, Абегги). Обнаружена их приуроченность к зеленокаменным поясам протерозойского возраста и принадлежность к золото-кварц-сульфидной формации. Даны рекомендации для дальнейшего изучения.

**Выводы.** Золотая минерализация выявлена в объектах Ин-Уззальского региона в районе щита Ахаггар. Опираясь на геологическое строение района, его изученность и условия локализации золоторудной минерализации, исследуемую территорию можно считать достаточно перспективной на обнаружение золоторудных объектов и пополнения минерально-сырьевой базы Алжира.

**Ключевые слова:** Ахаггар, Туарегский щит, Ин-Уззальский золоторудный район, Амесмесса, Тирек, золото-кварц-сульфидная формация, золото, Алжир.

## Введение

Условия глобализации затронули минерально-сырьевой сектор, начался процесс экспансии иностранных компаний в горно-геологический бизнес. Как и многие страны мира, Алжир стремится увеличить свой запас золота, выявить на своей территории новые месторождения золота для развития минерально-сырьевой базы, что укрепит национальную экономику Алжира. Глобальный кризис и пандемия 2020 г. поспособствовали еще большему увеличению значимости золота и повышению его актуальности для горно-геологической отрасли Алжира.

Наличие золотой минерализации в Алжирской Сахаре, в юго-западной части докембрийского щита Ахаггар (Hoggar), впервые обнаружено французскими геологами в 1950-х гг. Однако лишь в 1970–1990 гг. после совместных работ российских и алжирских геологов был выявлен и разведан ряд золоторудных объектов промышленных масштабов [1]. Наиболее значительным из них является месторождение Амесмесса (Amesmessa) с запасами 60 т при среднем содержании Au 18 г/т (координаты 21°03'30» с. ш. и 2°29'25» в. д.). В 50 км севернее находится месторождение

Тирек (Tirek) с запасами 15 т при среднем содержании Au 25 г/т (рис. 1). Между ними известны более десяти рудопроявлений, локализующихся вдоль субмеридионального Восточно-Ин-Уззальского регионального разлома. Все эти объекты входят в состав Ин-Уззальского золоторудного района, являющегося достаточно перспективным для расширения сырьевой базы алжирского золота [2].

### Геологическое строение региона щита Ахаггар

Золоторудный район Ин-Уззал расположен в регионе щита Ахаггар, являющегося древнейшей геологической структурой Алжира (Центральная Сахара, восточная сторона от массива Регибат). Он представляет собой глыбово-складчатую область площадью около 0,5 млн км<sup>2</sup>, находящуюся в центре Сахары, протягивается с запада на восток на 850 км, с севера на юг – на 600 км (рис. 2) [1].

Вулканизм щита Ахаггар в Центральной Сахаре имеет возраст от эоцена до четвертичного периода (от 35 до 0 млн лет). Щит расположен в пределах Африканской плиты, далеко от Восточно-Африканской рифтовой системы. Ассоциируется с поднятием диаметром 1000 км. Ахаггар-

✉ faouaz90@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3455-4805>

\*\*kotelnikov-ae@rudn.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0622-8391>

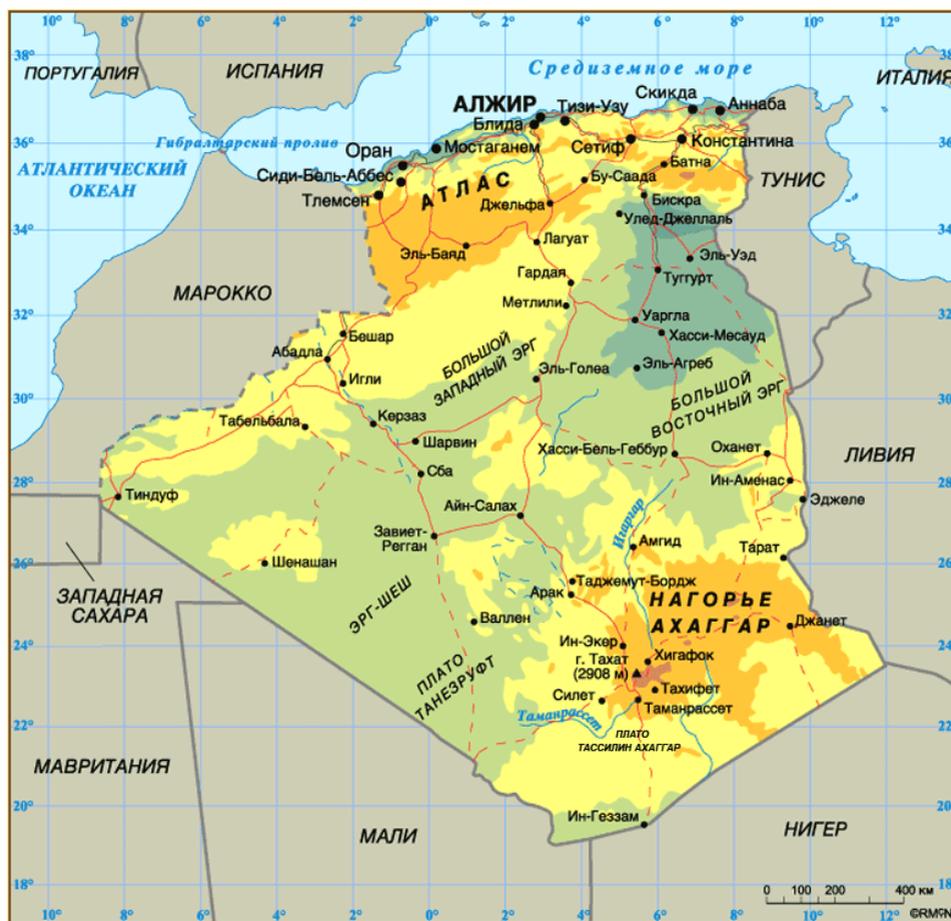


Рисунок 1. Расположение месторождений Тирек и Амессме в Ин-Узальском золоторудном районе на юге Алжира  
Figure 1. The location of the Tirek and Amesmesa deposits in the In-Uzzal gold ore region in southern Algeria

ский кайнозойский вулканизм считается продуктом мантийного плюма [3].

#### Докембрийский фундамент

Ахаггар является северной частью Туарегского щита, сложенного в основном из архейского, палеопротерозойского и неопротерозойских террейнов. Они объединились в конце неопротерозойского панафриканского орогена в результате конвергенции Западноафриканского кратона и Сахарского метакратона.

На второй стадии было региональное тектоническое отступление туарегских террейнов на север из-за косоугольного столкновения с Западно-Африканским кратоном. Он характеризуется мощными зонами сдвига в направлении север–юг. На данном этапе происходит метакратонизация микроконтинента Латея (Центральный Ахаггар), т. е. сжатие твердого тела, которое было разорвано на несколько движущихся блоков. Это вызвало скольжение вдоль мегасдвиговых зон (север–юг) и внедрение гранитоидных батолитов (615–580 млн лет) [4, 5].

#### Ахаггар во время палеозоя и мезозоя

В начале фанерозоя Туарегский щит был полностью разрушен и покрыт песчаниками ордовика, область образования которых находилась в южной части. Щит не являлся препятствием для потока осадконакопления.

Наличие редких континентальных остатков мелового периода, лежащих непосредственно на вершине докем-

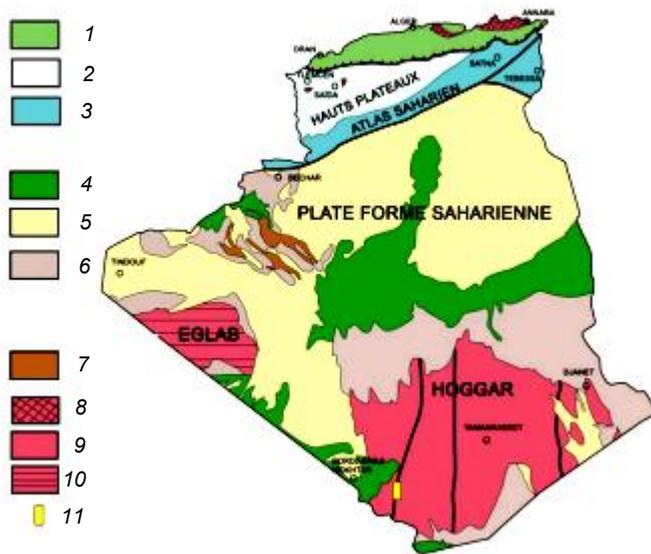
брийского Ахаггара, указывает на то, что щит уже был поднят и немного подвергся повторной эрозии до мелового периода. Палеотечения в меловых отложениях вокруг щита указывают на то, что Хоггар был обойден потоком отложений с севера. Ахаггар, как и массивы Эглаб и Тибести, был островом в меловом периоде, будучи покрыт континентальными озерами. Это говорит о том, что зыбь уже существовала в меловый период. Однако нынешнее присутствие меловых отложений на высоте 2000–3000 м указывает на важность поднятия в кайнозое. Это меловое поднятие может быть связано с развитием серии меловых вытянутых бассейнов в Западной Африке.

#### Кайнозой

Последняя вулканическая активность началась в позднем эоцене (35–50 млн лет назад) и продолжалась, вероятно, до верхнего палеолита или даже неолита. Это произошло в нескольких районах Центрального Ахаггара (рис. 2). После этого вулканизма образовался расчлененный рельеф, высота более 2000 м, завершением которого является Атакор (гора Тахат высотой 2918 м). Зыбь Ахаггара достигает 350–400 м по краю и 1000–1500 м в центре. Некоторые отложения докембрийского фундамента наблюдались в Атакоре на высоте до 2600 м.

В вулканизме Ахаггара можно выделить три основные стадии [6]:

1. Самая древняя – от верхнего эоцена до олигоцена, присутствует только в районе Анахеф. Это соответству-



**Рисунок 2. Упрощенная геологическая карта Алжира:** 1–3 – область альпийской складчатости: 1 – область Атласа; 2 – высокие плато; 3 – Сахарский Атлас; 4–6 – область Сахарской платформы: 4 – меловые отложения; 5 – неоген-четвертичные отложения; 6 – нерасчлененные палеозойские отложения; 7 – герциниды Угарты; 8–10 – выходы кристаллического основания: 8 – палеозоидов на севере Алжира; 9 – щита Ахаггар (Хоггар); 10 – древнего щита Эглаб; 11 – положение Ин-Узальского золоторудного района

**Figure 2. Simplified geological map of Algeria:** 1–3 – area of alpine folding: 1 – Atlas area; 2 – High plateaus; 3 – Saharan Atlas; 4–6 – the area of the Sahara Platform: 4 – Cretaceous deposits; 5 – Neogene-Quaternary deposits; 6 – undifferentiated Paleozoic deposits; 7 – hercynides of Ugartha; 8–10 – outcrops of the crystalline base: 8 – paleozoic in the north of Algeria; 9 – the Ahaggar shield (Hoggar); 10 – the ancient Eglab shield; 11 – the position of the In-Uzzal gold mining area

ет толеитовым базальтам естественного происхождения (мощность 600 м; 35–50 млн лет), пронизанным десятками субвулканических кольцевых комплексов (около 29 млн лет для Ачкальского комплекса, состоящие из габбро, диоритов, монзонита, щелочно-полевешпатовых сиенитов и нефелиновых сиенитов). Самым крупным является кольцевой комплекс Теллтертеба, размер которого составляет 8 ´ 5 км. Комплексы покрыты щелочными риолитами, возраст которых (около 24 млн лет) подразумевает поднятие 0,4 мм/год. Более глубокие обнаженные ярусы в районе Анахеф связаны с одновременным подъемом Ахаггара;

2. Второй этап наиболее обширный и хорошо представлен в районе Атакор. Он происходил между 20 и 12 млн лет, 7 и 4 млн лет и содержит 80 % базальтов и 18 % трахитов, фонолитов (рис. 2);

3. Последняя стадия – поздний плиоцен – поздний четвертичный период (от 3 млн лет до верхнего палеолита). В Атакоре данный вулканизм включает только базаниты и нефелиниты, которые следуют по долинам и могут покрывать террасы верхнего палеолита. В районе Тахалра, а также, вероятно, в менее известных Манзазе, Эгере и Адраре – районы Наджер – большая часть вулканической активности произошла между 3,5 и 2,5 млн лет назад. Его состав – 95 % щелочные базальты (базанитовые и гавайитовые потоки). Некоторые вулканы появились совсем недавно, а некоторые покрывают террасы эпохи неолита.

В общем, структура Ахаггара – это промежуточная часть между подвижным поясом и кратоном. Это соответствует представлению о метакратоне. Местонахождение Ахаггара вдоль сдвиговых зон внутреннее или на границах метакратонов (рис. 2). Можно сделать вывод, что вулканизм Ахаггара – это следствие омоложения панафриканских структур, которое связано с коллизией Африки и Европы.

**Тектоническое строение щита Ахаггар**

Тектонический облик щита Ахаггар определяет система меридионально вытянутых грабено- и горстообразных блоков, разделенных глубинными разломами, представляющими собой зоны дробления, милонитизации и метасоматоза. Грабенообразные блоки сложены преимущественно гранит-зеленокаменными комплексами неопротерозоя, а горстообразные – гранито-гнейсовыми породами и гранитоидными образованиями архейско-раннепротерозойского возраста (рис. 3) [1, 7–9].

Эти образования формируют линейную складчатоблоковую структуру Ахаггара. В центре его находится Центрально-Ахаггарский горст-антиклинорий, сложенный преимущественно нижнепротерозойскими породами. С запада к нему примыкает Западно-Ахаггарский мегасинклинорий, а с востока – краевая переходная синклинорная зона; обе эти структуры выполнены в основном верхнепротерозойскими породами. На крайнем западе располагается Западно-Ахаггарский горст-антиклинорий, сложенный, как и Центрально-Ахаггарский, нижнепротерозойскими образованиями, а также наиболее древними отложениями архейского гранулит-чарнокитового Ин-Узальского комплекса, охарактеризованными ранее. В самой восточной части Ахаггара находится Джанетская антиклинорная зона, где преимущественно также развиты нижнепротерозойские породы. Границы указанных структурно-формационных зон проходят по крупным древним тектоническим нарушениям преимущественно субмеридионального простирания. Особенно четко в структуре и рельефе проявлен разлом 4°50', образующий зону милонитизации и расланцевания шириной 2–3 км [8, 10].

**Золотое оруденение южного Алжира**

Наиболее крупные месторождения известны на юге Сахары – Ин-Узальский золоторудный район. Разведано 5 месторождений и обнаружен ряд рудопроявлений (рис. 4). В пределах Ахаггарского щита по приуроченности к различным геологическим обстановкам золотую минерализацию можно объединить в три типа, которые ассоциируют со следующими группами пород [11–13]:

- милониты и ультрамилониты (Тирек, Амессмесса);
- граниты и синтетектонические граниты (Текойат);
- метаосадочные породы (Тиририн, Абегги).

**Первый тип**

Месторождение золота Тирек, расположенное в районе Ахаггарского щита, является одним из богатейших источников золота для Алжира. Месторождение контролируется зоной сдвига Восточного Уззала (Восточно-Ин-Узальская разломная зона – ВУРЗ) – трансконтинентальным С-З литосферным разломом. ВУРЗ представляет собой позднюю панафриканскую зону сдвига, разделяющую две докембрийские области: архейский

блок Уззала на западе и средний протерозойский блок на востоке, вовлеченные в панафриканское событие около 600 млн лет назад.

Золотоносные кварцевые жилы ориентированы в двух направлениях: С-Ю направления в милонитовых породах и жилы СВ-ЮЗ, расположенные в габбро или гнейсовых породах. Жилы СВ-ЮЗ содержат самую богатую руду. Золотая руда находится в кварцевых жилах и линзах. Гидротермальные изменения, связанные с этими жилами, характерны для карбонатно-серицито-альбит-пиритового комплекса.

Золото рассеяно в кварце вдоль микротрещин в виде изометричных и вытянутых зерен и во вмещающих породах в виде микроскопических изометричных зерен.

На месторождении Тирек минерализация приурочена к зоне сдвига, по которой происходило движение гидротермальных растворов. И, как следствие, – взаимодействие между флюидами и основными вмещающими породами и CO<sub>2</sub> также способствовало образованию гидротермальных месторождений золота в Тиреке.

*Второй тип*

Золоторудная минерализация, содержащаяся в гранитах месторождения Текойат. В центральной части Туарегского щита – золотое оруденение, находится в граните ювенильного террейна Искель.

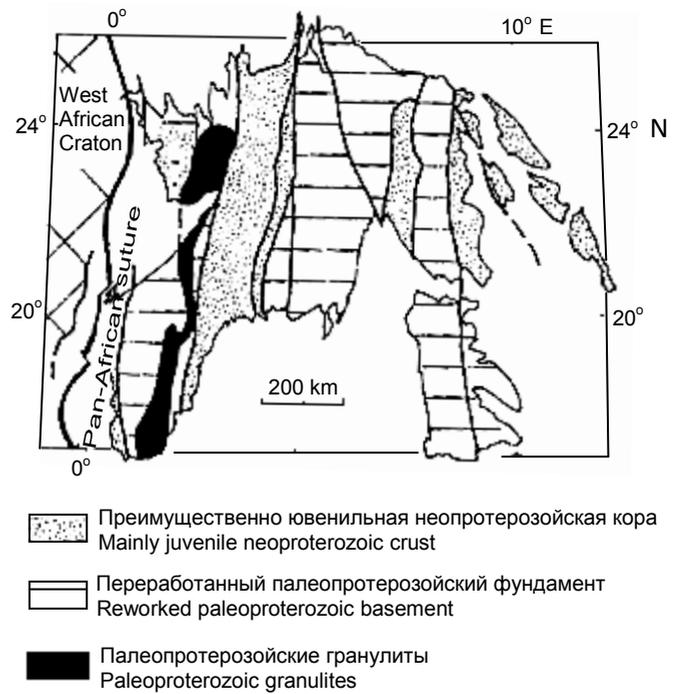


Рисунок 3. Тектоническое районирование района щита Ахаггар  
Figure 3. Tectonic zoning of the Akhaggar Shield area

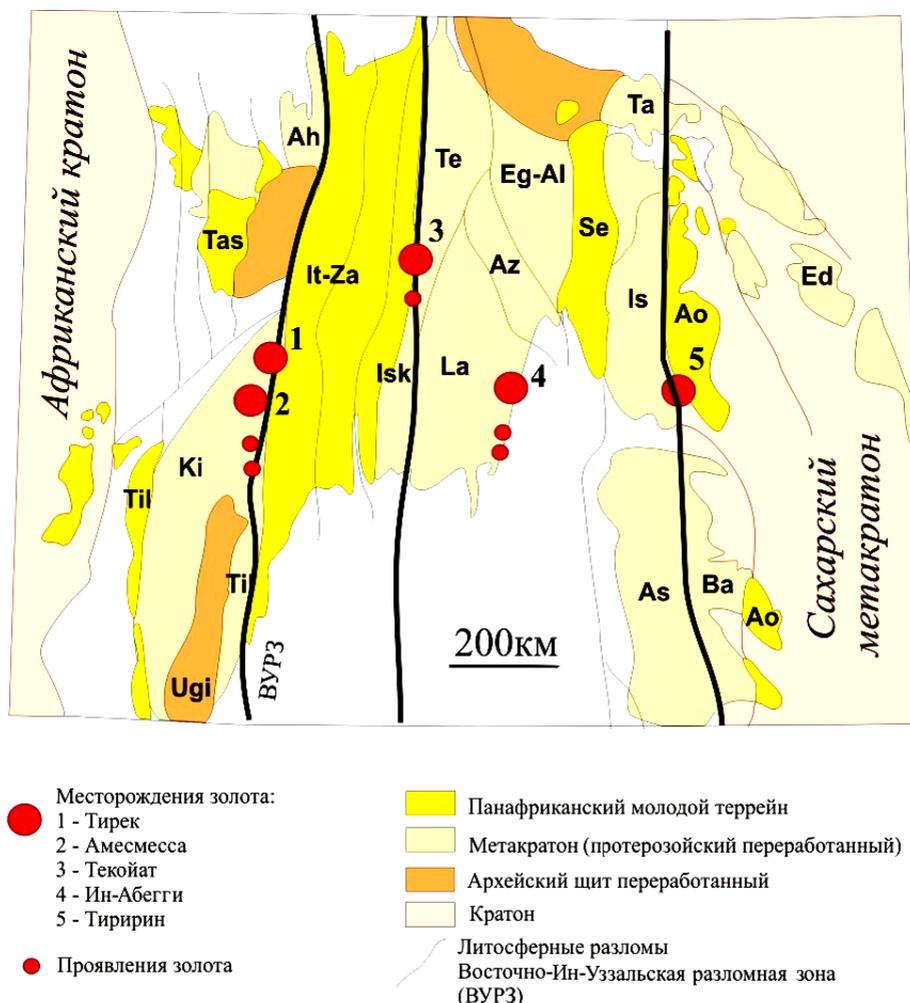


Рисунок 4. Расположение золотых месторождений и террейнов в районе Ахаггар  
Figure 4. Location of gold deposits and terranes of the Hoggar Shield

Минерализация находится в батолите основного состава Тин-Текадиут северо-западного простирания, который был сформирован около 870–840 млн лет назад.

Кварцевые жилы, присутствующие по всему батолиту, минерализованы только в полосе шириной в несколько километров, где подвержены милонитовой или катакластической деформации. При этом минерализованные жилы ориентированы на 50° на восток параллельно раннему милонитовому расщеплению. Эта полоса деформации лежит на границе террейнов Искель и Тедейни, которая отмечена зоной сдвига в масштабе литосферы.

Полоса деформации была подвержена пропилитизации, включающей хлоритизацию Fe–Mg минералов, присутствующих в граните. Можно отметить, что пропилитизация по-разному накладывается либо на кварц-серицит-пирит-карбонатное изменение, либо на грейзенизацию.

На месторождении обычно самородное золото ассоциируется с сульфидами, а именно с пиритом, халькопиритом, галенитом и арсенопиритом, причем золото имеет положительную корреляцию с галенитом. Возраст около 950 млн лет, полученный путем исследования галенита, который является характерным минералом в районе Текойат, интерпретируется как соответствующий возраст выщелачивания золота и свинца из Искельской ювенильной панафриканской коры. Однако считается, что размещение золота в батолите Тин-Текадиут (около 870 млн лет) совпадает с вторжением плутонов Таурирта, у которых возраст  $523 \pm 1$  млн лет по U–Pb датировкам циркона и  $520,5 \pm 8,5$  млн лет по геохронологии Rb–Sr.

#### Третий тип

Золоторудная минерализация месторождений Тиририн и Ин-Абегги локализуется в метаосадочных породах. Месторождение Тиририн расположено в пределах террейна Аузегер Восточного Ахаггара. Золотоносные жилы в основном расположены в пределах вулканогенно-осадочных толщ формации Тиририн. Данная формация была подвержена зеленосланцевому метаморфизму. Содержание золота в этой зоне колеблется от 8 до 30 т.

Минерализованные кварцевые жилы в районе Тиририна расположены в лево- и правосторонних разломах, считаются частью системы крупных кварцевых жил массива Айр. Жилы, расположенные в системе разломов, датирующиеся зоной сдвига Рагана, в основном неминерализованы. А минерализованы вблизи зоны расщепления, как в Айре и Тиририне. U–Pb-датирование цирконов из риолитовых даек, пересекающих кварцевые жилы на юге Айра и палеопротерозойские гнейсы рядом с кварцевыми жилами, –  $529 \pm 11$  млн лет и  $524 \pm 7$  млн лет соответственно. Этот возраст соответствует периоду гидротермальной активности, связанной с минерализацией. Территория недостаточно хорошо изучена, но постоянные разработки аллювиальных отложений артелью старателей предполагают возможность значительной концентрации в первичных жилах.

Месторождение Ин-Абегги, расположенное в террейне Лауни в регионе Латеа, находится преимущественно в габбро-диоритовом плутоне, который внедрился в неопротерозойскую толщу. Неопротерозойская толща состоит из ювенильных вулканогенно-осадочных пород, которые были подвергнуты складчатости и метаморфизму

низких давлений и высоких температур, серии риодацитовых игнимбритов и несогласно перекрывающего осадочного чехла, который образовался в раннем палеозое. Золотая минерализация приурочена к кварц-турмалиновым жилам и прожилкам в диоритово-габбровых породах.

В неопротерозойскую толщу внедряются магматические породы, которые включают биотитовые граниты и диорито-габброидные породы. Магматические интрузии пересечены многочисленными мафическими и преобладающими фельзитовыми дайками в диорито-габброидных породах. Золотая минерализация приурочена к кварц-турмалиновым жилам и прожилкам в диорито-габбровых породах. Длина минерализованных жил колеблется от нескольких метров до первых десятков метров. Предполагается, что золотосодержащие кварц-турмалиновые жилы в Ин-Абегги являются одновременными с гранитным магматизмом, имеющим тот же возраст, что и редкометалльные граниты, датируемые 520 млн лет, из-за присутствия топаза в аплите, связанного с золотоносными гранитоидами [14].

Месторождение Амесмесса, расположенное на юге Сахары (Ин-Уззальский золоторудный район), по своим масштабам является не только значительным, но и ключевым для понимания всей геологии. Структурная позиция оруденения определялась путем анализа детальных геолого-структурных карт, схем, планов, разрезов, полученных в ходе геологоразведочных работ, проведенных предшественниками [6, 15]. Изучение этапности складчато-разрывных деформаций, приведших к формированию рудовмещающих структур, осуществлялось при помощи историко-геологического анализа. Следует отметить значимость разрывных парагенезов, возникших в ходе геодинамического развития регионального Восточно-Ин-Уззальского разлома, в вопросах контроля золоторуденения. Абсолютный возраст золоторуденения находится в интервале 2050–1940 млн лет, что отвечает проявившемуся в Африке Эбурнейскому тектономагматическому циклу, который охватывает период 2170–1750 млн лет [6, 16]. Золоторудные объекты данного района часто приурочены к полям развития метаморфизованных габбро-диоритов, распространенных преимущественно в пределах протерозойского гранит-зеленокаменного пояса. Данный тип золоторуденения относится к золото-кварц-малосульфидной формации [17].

По генетическим признакам оруденение схоже с золоторудными месторождениями пояса Абитуби в Канаде.

На месторождении в протерозойских гнейсах обнаружено более 50 жил существенно кварцевого состава, в 35 из них присутствует золото, но лишь в 18 – в промышленных концентрациях. Наиболее протяженные (до 600 м) и мощные (до 3 м) золотокварцевые жилы развиты в трехкилометровом отрезке милонитизированных гнейсов, возникших вблизи главных швов IODZ, образуют эшелонированную серию золоторудных тел. На глубине оруденение прослежено до 400 м.

#### Выводы

В результате проведенного анализа материалов можно сделать выводы, что в пределах Алжира:

– золотая минерализация выявлена предшественниками в объектах Ин-Уззальского региона в районе щита

Ахаггар, приурочена к зеленокаменным поясам и относится к протерозойскому возрасту;

– золоторудные объекты пространственно тяготеют к Восточно-Ин-Узальскому разлому;

– золоторудная минерализация ассоциирует с кварце-

выми жилами и встречается в трех группах пород: мило- ниты и ультрамилониты; граниты; метаосадочные породы.

В целом территория в районе щита Ахаггар является перспективной на обнаружение новых золоторудных месторождений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аули Э. Закономерности локализации и условия формирования золотого оруденения месторождения Амесмесса (Алжирская Сахара): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.11. М.: РГГУ, 2016. 24 с.
2. Кряжев С. Г., Белов С. В., Игнатов П. А., Васюта Ю. В., Аули Э. Флюидный режим формирования золото-кварцевых месторождений Амесмесса и Тирек в Алжирской Сахаре // Руды и металлы. 2017. № 1. С. 91–96.
3. Зигхми К. Некоторые особенности геологического строения щита Ахаггар (Алжир) // Геолого-минералогический вестник. 2004. № 2. С. 86–90.
4. Салоп Л. И. Докембрий Африки. Л.: Недра, 1977. 490 с.
5. Bertrand J. M. L. Évolution polycyclique des gneiss précambriens de l'Aleksod serie (Hoggar Central, Sahara algerien): aspects structuraux, pétrologiques, géochimiques et géochronologiques. Paris: Serv. Geol. CNRS, 1974. No. 19. 307 p.
6. Liégeois J.-P. [et al.]. The Hoggar swell and volcanism: Reactivation of the Precambrian Tuareg shield during Alpine convergence and West African Cenozoic volcanism // Plates, plumes, and paradigms; ed. by G. R. Foulger, J. H. Natland, D. C. Presnall, D. L. Anderson. Boulder, Colorado, U. S.: Special Paper of the Geological Society of America, 2005. Vol. 388. P. 379–400. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2388-4.379>
7. Белов С. В., Квиникадзе М. С., Гасем С. Граниты Таурире в Алжирской Сахаре // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 10. С. 84–92.
8. Аули Э., Белов С. В. Геодинамические условия формирования золотого оруденения зоны Ин-Уззал в Алжирской Сахаре // Благородные, редкие и радиоактивные элементы в рудообразующих системах: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. К 120-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР, профессора Ф. Н. Шахова. Новосибирск, 2014. С. 37–56.
9. Boissonnas J. Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Ahaggar (Sahara Central). Paris: Serv. Geol. CNRS, 1973. No. 16. 270 p.
10. Zaba J. Structural evolution of west Hoggar and Adrar des Ifiras in Pan-African Orogeny (Central Sahara and Mali); a compilation; Geological problems of North-West Africa // Technika Poszukiwań Geologicznych. 1992. Vol. 31. P. 45–56.
11. Lelubre M. Recherches sur la géologie de L'Ahaggar central et occidental // Bull. Serv. carte géol. Algérie. 1952. Vol. 1–2. No. 22. Vol. 1 – 354 p.; vol. 2 – 386 p.
12. Аули Э., Белов С. В. Сахарское золото (к истории открытия и освоения месторождений золота на юге Алжира) // Всеобщая история. 2014. № 2. С. 47–55.
13. Аули Э., Белов С. В. Структурные и минералого-геохимические особенности золоторудного месторождения Амесмесса в Алжирской Сахаре // Известия вузов. Геология и разведка. 2015. № 3. С. 35–43. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2015-3-35-43>
14. Ahmed-Said Y., Leake B. E., Bouabsa L., Moulahoum O. The Central HoggarTaourirt and albite-topaz post Pan-African granites (southern Algeria); their petrology, geochemistry and petrogenesis // Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen. 1995. Band 170. Heft 1. P. 21–57. <https://doi.org/10.1127/njma/170/1995/21>
15. Белов С. В., Зверев С. Н., Аули Э. Структура и оруденение месторождения Амесмесса в Алжирской Сахаре // Разведка и охрана недр. 2015. № 2. С. 11–17.
16. Attoum A. Contribution à l'étude des zones de cisailment panafricaines: tectonique, microtectonique et cinématique des milonites de Tirek (Hoggar, Algeria) // Bulletin du Service Géologique de l'Algérie. 1993. Vol. 4. No. 2. P. 65–87.
17. Caby R. A review of the In Ouzzal granulitic terrane (Tuareg Shield, Algeria): its significance within the Pan-African Trans-Saharan Belt; Special issue on the In Ouzzal granulite unit, Hoggar Algeria // Journal of Metamorphic Geology. 1996. Vol. 14. Issue 6. P. 659–666. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1525-1314.1996.00048.x>

Статья поступила в редакцию 24 мая 2023 года

# The features of the placement of gold deposits in Algeria

Fouaze GOUGALI\*

Aleksandr Evgen'evich KOTEL'NIKOV\*\*

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

## Abstract

**Relevance and purpose of the work.** In the world market of precious metals, the value of gold is constantly growing, which determines the increase in production volumes and the need to increase resources through the search and exploration of new deposits. The famous gold deposits in the Algerian People's Democratic Republic are concentrated in its southern part, known as the In-Uzzali gold mining district.

The search for new deposits can be carried out after understanding the geological features of the structure of the territory and establishing patterns of the occurrence of gold mineralization to certain geological elements.

**Research methods.** The research is based on the analysis of the published works of the predecessors. The paper provides an analysis of the geological structure of the Ahaggar shield region, within which the In-Uzzali gold ore district is located.

**Results of the work.** The structural and tectonic structure of the district is considered. The main features of gold-ore objects of the southern part of the Algerian Sahara (Hoggar Shield) were revealed, which allow to attribute the known deposits to three trips by association with groups of rocks: mylonites and ultramylonites (Tirek, Amesmessa); granites and syntectonic granites (Tekoyat); meta-sedimentary rocks (Tiririn, Abeggi). They were found to be confined to greenstone belts of Proterozoic age and belonging to the gold-quartz-sulfide formation. Recommendations for further study are given.

**Conclusions.** Gold mineralization was detected in the objects of the In-Uzzali region in the area of the Hoggar shield. Based on the geological structure of the area, its study and conditions of localization of gold mineralization, the investigated area can be considered promising enough for the discovery of gold ore objects and replenishment of the mineral resource base of Algeria.

**Keywords:** Hoggar, Tuareg shield, In-Uzzali gold mining district, Amesmessa, Tirek, gold-quartz-sulfide formation, gold, Algeria.

## REFERENCES

1. Auli E. 2016, Regularities of localization and conditions of formation of gold mineralization of the Amesmessa deposit (Algerian Sahara): PhD thesis: 25.00.11. Moscow. 24 p.
2. Kryazhev S. G., Belov S. V., Ignatov P. A., Vasyuta Yu. V., Auli E. 2017, Fluid mode of formation of the Amesmessa and Tirek gold-quartz deposits in the Algerian Sahara. *Rudy i metally* [Ores and Metals], no. 1, pp. 91–96. (*In Russ.*)
3. Zighmi K. 2004, Some features of the geological structure of the Ahaggar Shield (Algeria). *Geologo-mineralogicheskiiy vestnik* [Bulletin of Geology and Mineralogy], no. 2, pp. 86–90.
4. Salop L. I. 1977, Pre-Cambrian Africa. Leningrad. 490 p.
5. Bertrand J. M. L. 1974, Évolution polycyclique des gneiss précambriens de l'Aleksod serie (Hoggar Central, Sahara algerien): aspects structuraux, pétrologiques, géochimiques et géochronologiques. Paris: Serv. Geol. CNRS, no. 19. 307 p.
6. Liégeois J.-P. [et al.]. 2005, The Hoggar swell and volcanism: Reactivation of the Precambrian Tuareg shield during Alpine convergence and West African Cenozoic volcanism. Plates, plumes, and paradigms. G. R. Foulger, J. H. Natland, D. C. Presnall, D. L. Anderson (eds). Boulder, Colorado, U. S.: Special Paper of the Geological Society of America, vol. 388, pp. 379–400. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2388-4.379>
7. Belov S. V., Kvinikadze M. S., Gasev S. 1991, Taurire granites in the Algerian Sahara. *Izvestiya AN USSR. Ser. geol.* [News of the AS USSR. Geological series], no. 10, pp. 84–92. (*In Russ.*)
8. Aouli E., Belov S. V. 2014, Geodynamic conditions for the formation of gold mineralization of the In-Uzzal zone in the Algerian Sahara. Noble, rare and radioactive elements in ore-forming systems: Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation. On the 120th anniversary of the birth of Professor F. N. Shakhov, corresponding member of the USSR Academy of Sciences. Novosibirsk. C. 37–56. (*In Russ.*)
9. Boissonnas J. 1973, Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne pan-africaine en Ahaggar (Sahara Central). Paris: Serv. Geol. CNRS, no. 16, 270 p.
10. Zaba J. 1992, Structural evolution of west Hoggar and Adrar des Ifiras in Pan-African Orogeny (Central Sahara and Mali); a compilation; Geological problems of North-West Africa. *Technika Poszukiwań Geologicznych*, vol. 31, pp. 45–56.
11. Lelubre M. 1952, Recherches sur la géologie de L'Ahaggar central et occidental. *Bull. Serv. carte géol. Algérie*, vol. 1–2, no. 22; vol. 1 – 354 p.; vol. 2 – 386 p.
12. Auli E., Belov S. V. 2014, Saharan gold (on the history of the discovery and development of gold deposits in the south of Algeria). *Universal History*, no. 2, pp. 47–55. (*In Russ.*)

✉ faouaz90@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3455-4805>

\*\*kotelnikov-ae@rudn.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0622-8391>

13. Auli E., Belov S. V. 2015, Structural and mineralogical-geochemical features of the Amesmessa gold deposit in the Algerian Sahara. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* [News of the Higher Institutions. Geology and Exploration], no. 3, pp. 35–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2015-3-35-43>
14. Ahmed-Said Y., Leake B. E., Bouabsa L., Moulahoum O. 1995, The Central Hoggar-Taourirt and albite-topaz post Pan-African granites (southern Algeria); their petrology, geochemistry and petrogenesis. *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, band 170, heft 1, pp. 21–57. <https://doi.org/10.1127/njma/170/1995/21>
15. Belov S. V., Zverev S. N., Auli E. 2015, Structure and mineralization of the Amesmessa deposit in the Algerian Sahara. *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and protection of mineral resources], no. 2. pp. 11–17. (In Russ.)
16. Attoum A. 1993, Contribution à l'étude des zones de cisailment panafricaines: tectonique, microtectonique et cinématique des milonites de Tirek (Hoggar, Algérie). *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, vol. 4, no. 2, pp. 65–87.
17. Caby R. 1996, A review of the In Ouzzal granulitic terrane (Tuareg Shield, Algeria): its significance within the Pan-African Trans-Saharan Belt; Special issue on the In Ouzzal granulite unit, Hoggar Algeria. *Journal of Metamorphic Geology*, vol. 14, issue 6, pp. 659–666. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1525-1314.1996.00048.x>

The article was received on May 24, 2023