

СТРУКТУРНЫЕ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМЕСМЕССА В АЛЖИРСКОЙ САХАРЕ

Э. АУЛИ¹, С.В. БЕЛОВ²

¹Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая д. 23, e-mail: e.auli@yandex.ru

²Общество с ограниченной ответственностью «ОЗГЕО»
119002, Россия, г. Москва, Староконюшенный пер. 33.

Описаны геологическое строение, структурные и минералого-геохимические особенности золотого оруденения кварцево-жильного месторождения Амессмесса, расположенного в Ин-Узальском районе щита Ахаггар (Алжирская Сахара). Рудный объект имеет протерозойский возраст и относится к золотокварц-мало-сульфидной формации. Основой его структуры и типовой геологической обстановкой нахождения рудных жил являются разрывные парагенезисы, возникшие в ходе развития крупной сдвиговой зоны во время Эбурнейского тектоно-магматического цикла. Данный объект относится к формации типичной для металлогенических зон зеленокаменных поясов древних щитов и имеет хорошие перспективы наращивания своего ресурсного потенциала.

Ключевые слова: Ахаггар; золото; Ин-Узальский район; месторождение Амессмесса.

STRUCTURE, MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE AMESMESSA GOLD ORE DEPOSIT IN THE ALGERIAN SAHARA

E. AOULI¹, S.V. BELOV²

¹Russian State Geological Prospecting University
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23, e-mail: e.auli@yandex.ru

²Limited Liability Company «OZGEO»,
119002, Russia, Moscow, Starokonyushenny per. 33, e-mail: belov.s-2011@yandex.ru

The geological structure, mineralogical and geochemical features of the Amesmess gold quartz-vein type ore deposit located in In-Uzzal region of Hoggar shield (the Algerian Sahara) are described. The ore-bearing object has Proterozoic age and belongs to the gold - quartz - low-sulfide formation. The basis of its structure and a typical geological setting of the ore veins location are the fault paragenesis that had arisen in a process of the development of a big fault zone during the Ebourneisky tectonic and magmatic cycle. This object belongs to a formation typical for the metallogenic zones of the green belts of the ancient shields and has good prospects of accumulation of the ore resource potential.

Key words: Hoggar; gold; In-Uzzal region; Amesmess mineral deposit.

Введение

Первые признаки золотой минерализации в Алжирской Сахаре в юго-западной части щита Ахаггар (Hoggar) впервые были обнаружены французскими геологами в 50-х гг. прошлого века [5]. Однако лишь в 70—90 гг. после совместных работ российских и алжирских геологов был выявлен и разведан ряд золоторудных объектов, в том числе наиболее значительное месторождение Амессмесса (Amesmess) с запасами 61 т Au, при среднем со-

держании золота 18 г/т. Координаты месторождения — 20°58'41" с.ш., и 2°29'2" в.д. Объект входит в состав Ин-Узальского золоторудного района. В нём помимо месторождения Амессмесса в 60 км к северу находится месторождение Тирек (Tirek) с запасами 14,8 т Au, при среднем содержании золота 25 г/т и около 10 рудопроявлений, локализуемых вдоль субмеридионального Восточно-Инузальского регионального разлома. Несмотря на то, что в настоящее время начата отработка месторождения Амессмесса, особенности его строения и ми-

нерализации не описаны в научной литературе. Настоящей публикацией авторы попытались восполнить данный пробел.

Геологическая позиция, особенности структуры и локализации оруденения

Месторождение Амесмесса является основным объектом Ин-Узальского золоторудного района и находится на юго-западной оконечности щита Ахаггар (рис. 1), в 350 км к юго-западу от неофициальной столицы алжирской Сахары г. Таманрассет. Оно приурочено к области сочленения архейского Западно-Ахаггарского горст-антиклинория, расположенного на западе, с протерозойскими гранит-зеленокаменными образованиями фарузского прогиба Западного Ахаггара, находящимися на востоке. Ключевым элементом структуры месторождения является меридиональная всбросо-сдвиговая зона Восточно-Инузальского разлома, кото-

рая делит его площадь на две части (рис. 2). На западе месторождение сложено архейскими ультра-метаморфическими образованиями инузальской серии (AR_{in}), в составе которой установлены лейкократовые гранито-гнейсы, кварциты и кальцифиры. В восточной половине месторождения развиты нижнепротерозойские породы серии Арешшум (PR_{ar}). Они представлены гнейсами и гранито-гнейсами с прослоями амфиболитов, кварц-альбит-серицитовых и хлорит-биотит-амфиболовых сланцев. Ширина разломной зоны колеблется от нескольких сотен метров до 2 км. Породы здесь рассланцованы, милонитизированы и подвергнуты бластезу. В шовной зоне разлома присутствуют линзы рассланцованных диоритов и габброидов.

Главными рудовмещающими структурами месторождения являются крупные сколовые трещины, параллельные шовной зоне Восточно-Инузальского разлома. Именно они вмещают наиболее

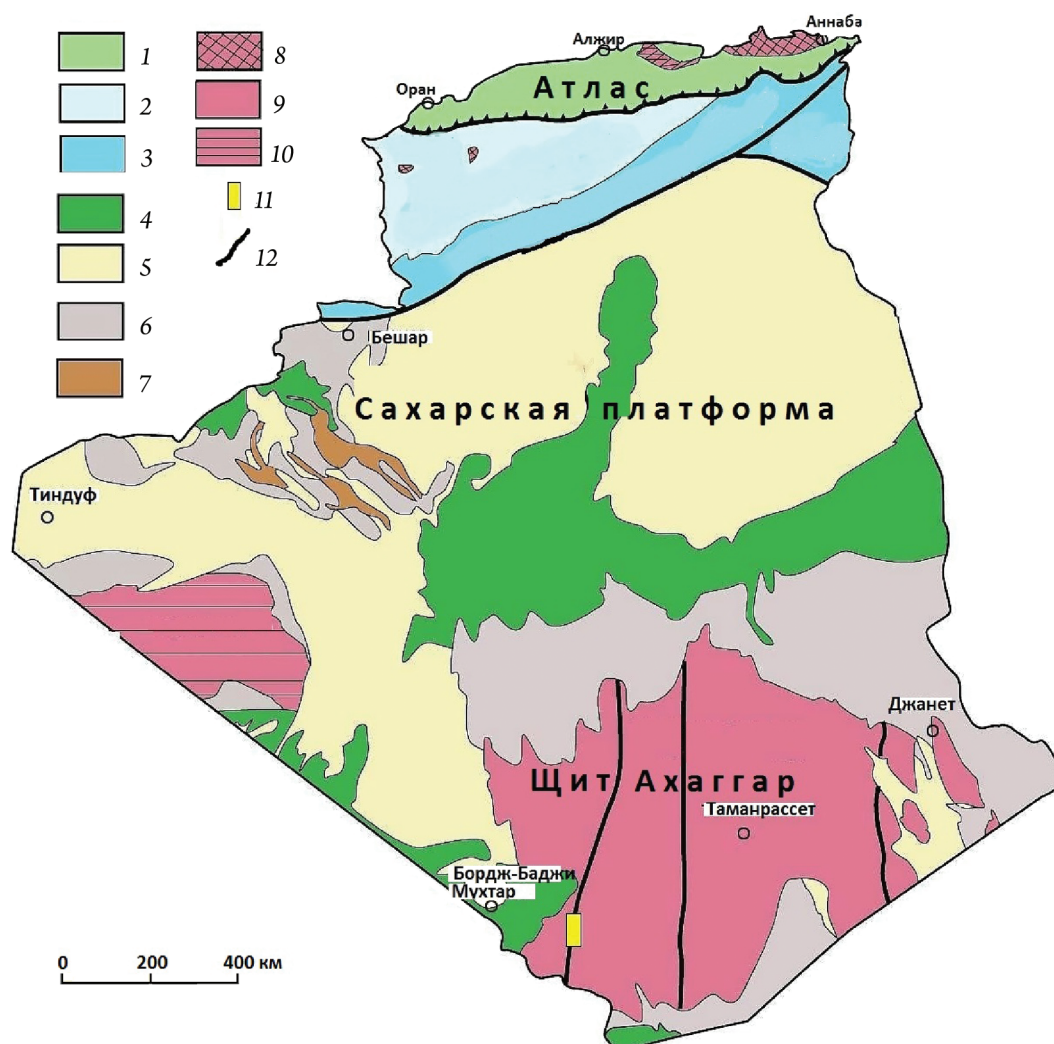


Рис.1. Схема геологического строения территории Алжира: 1–3 – область альпийской складчатости: 1 – область Атласа; 2 – Высокие плато; 3 – Сахарский Атлас. 4–6 – область Сахарской платформы: 4 – меловые отложения; 5 – неоген-четвертичные отложения; 6 – нерасчленённые палеозойские отложения; 7 – герциниды 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 с месторождением Амесмесса; 12 – основные разломы

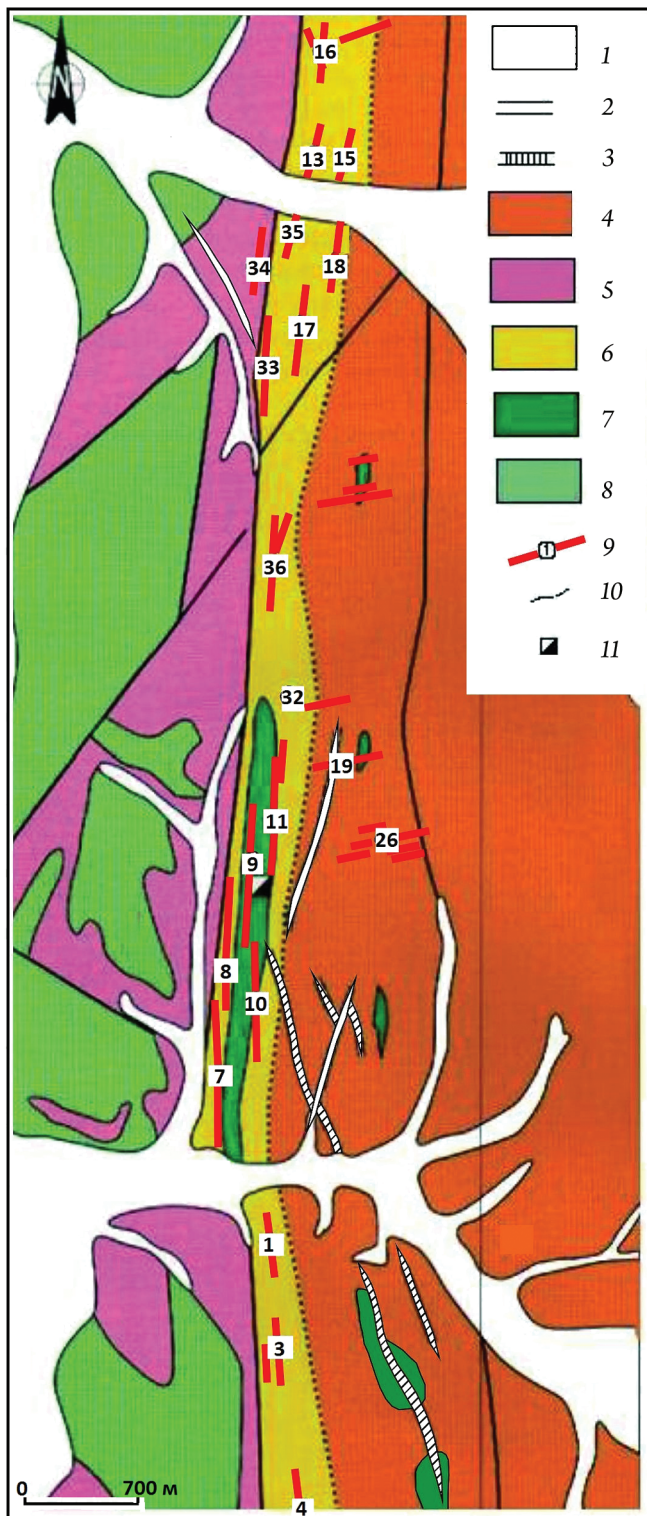


Рис. 2. Геологическое строение месторождения Амессмесса: 1 – четвертичные отложения; 2–4 – протерозойские породы: 2 – дайки диоритов; 3 – дайки фельзитов; 4 – породы серии Арешшум (PR_{1ar}) гнейсы и гранито-гнейсы с прослоями амфиболитов, кварц-альбит-серицитовых и хлорит-биотит-амфиболовых сланцев; 5 – архейские лейкократовые гнейсы инузальской серии (AR_{in}); 6 – милониты в зоне Восточно-Инузальского разлома; 7 – протерозойские габбродиориты; 8 – гранулиты основного состава инузальской серии (AR_{in}) представленные габбро, габбро-диоритами, пироксенитами; 9 – золотоносные кварцевые жилы (зоны); 10 – второстепенные разломы; 11 – ствол разведочной шахты

продуктивные золотоносные жильные зоны 7–11 в центре месторождения (рис. 2). В них сосредоточено около 75 % всех запасов руд. Протяжённость этих кварцево-жильных зон достигает 3 км. Мощность жильных зон от 2–3 до 25–30 м. Падение их крутое, западное, параллельно шовной плоскости Восточно-Инузальского разлома.

Максимальная глубина промышленного оруденения 440 м. Она установлена по зоне 9, где скважиной подсечен интервал 1,13 м, с содержанием золота 34,7 г/т. В целом, распределение золота по жилам достаточно неравномерное, коэффициент вариации по данным разведки меняется от 100 до 250 %, и преобладают содержания Au от 1 до 5 г/т (рис. 3). Вместе с тем центральные части жил часто существенно обогащены золотом, где содержания превышают 20 г/т, достигая 50 г/т и более (рис. 4).

В 3–4 км севернее находится ещё одна группа жильных зон (12, 17, 18, 13, 15, 16), по своей структурной позиции и морфологии аналогичных центральной группе жил. Они также залегают в сколовых крутопадающих трещинах, субогласных с шовной зоной Восточно-Инузальского разлома. В них сосредоточено 19,2% запасов месторождения. По направлению к югу от центральной группы жил расположены небольшие жильные зоны 1–4. Они представляют собой структурное продолжение центральных жил и также залегают в сколовых крутопадающих трещинах, шовной зоны Восточно-Инузальского разлома.

Помимо субмеридиональных жил, структурная позиция которых контролируется шовной зоной Восточно-Инузальского разлома, весьма примечательным феноменом общей структуры жильного поля месторождения Амессмесса является наличие в 300–500 м к востоку от полей субмеридиональных жил серии поперечных жил восток–северо-восточного направления. Протяжённость их от нескольких сотен до 800–900 м. Содержание золота в этих жилах существенно ниже. По своей структурной позиции и параметрам трещины, в которых они залегают, могут идентифицироваться как поперечные сдвиги (*R'*-сдвиги или антитетические сдвиги по Риделю), которые возникают в ходе развития крупных сдвиговых зон, располагаясь под углами 60–75° к главному разлому [6].

Возраст золотого оруденения, по данным изотопии свинца, находится в интервале 2050–1940 млн. лет, что соответствует так называемому Эбурнейскому тектоно-магматическому циклу, который охватывает период 2170–1750 млн. лет [2, 3].

Минеральный состав руд и стадийность рудообразования

Золото на месторождении Амессмесса является доминирующим полезным компонентом и представлено двумя разновидностями: гипогенной и гипергенной. Гипогенное золото, вследствие слабо

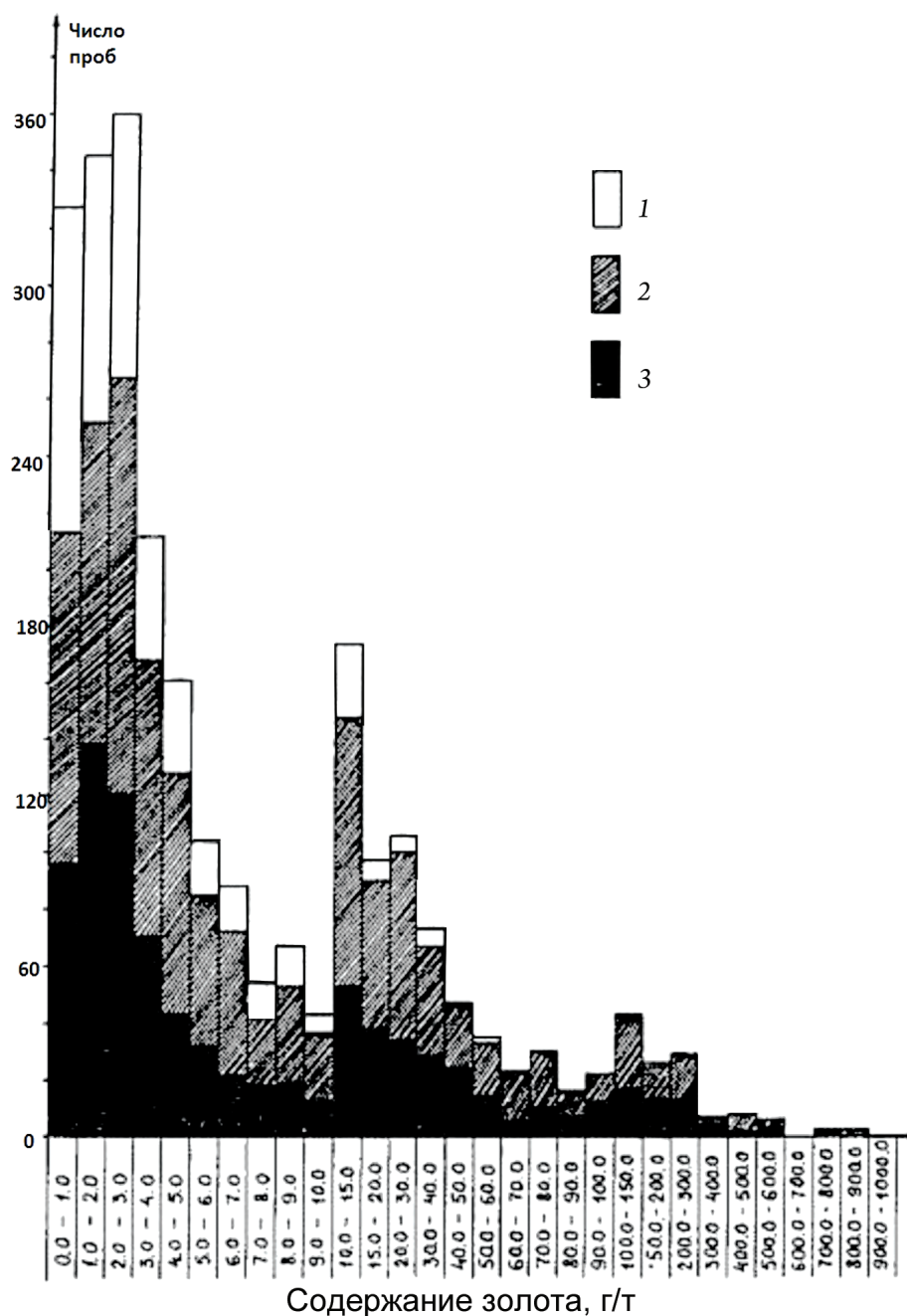


Рис. 3. Гистограмма распределения содержаний золота на месторождении Амесмесса: 1 — для всех жил месторождения; 2 — для жил, включённых в подсчёт запасов; 3 — для жилы № 9

развитой в условиях аридного климата Сахары зоны окисления и практически отсутствующей подзоне вторичного сульфидного обогащения, наиболее распространено. Оно представлено различными минеральными формами: самородное золото, электрум и купроаурит.

Самородное золото является главным носителем золота, присутствует в кварцево-рудных жилах и околорудных гидротермально-изменённых породах (зонах березитизации и калишпатизации). Выделено IV его генерации. Оно в виде неоднородной вкрапленности присутствует в кварце, пирите,

пирротине, халькопирите, имея форму изометричных или овальных зёрен размером в десятки микрон. В виде микропрожилков и сетчатых агрегатов встречается в пирите, сфалерите, галените и висмутине. Чаще всего свободное самородное золото локализуется в микротрещинках кварца, где образует микропрожилки мощностью от 20 до 30 мкм, редко до 0,5 мм (рис. 5, а, б). В зонах березитизации оно проявлено в основном среди железосодержащих хлоритов. Гипогенное самородное золото имеет пробу от 820 до 870 (табл. 1). Характерно наличие серебра, которое присутствует в виде приме-

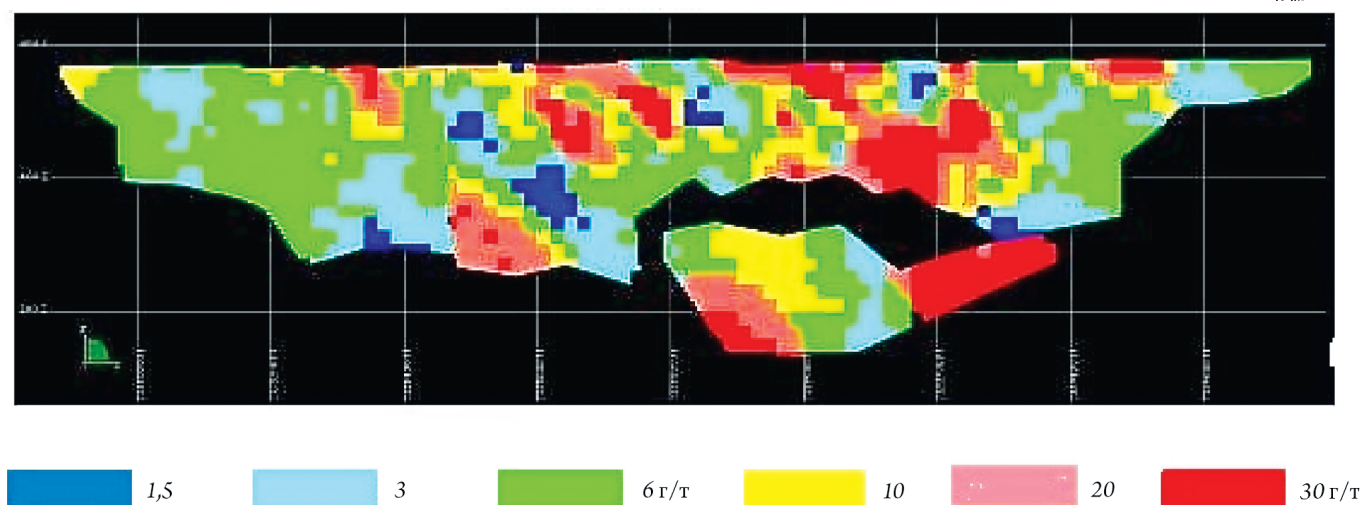


Рис. 4. Распределение золота в плоскости жил № 9 и № 8; видно обогащение их центральных частей

си в количестве от 11,4 до 15,6%. Постоянной примесью в золоте также является и ртуть, её количество колеблется от 0,67 до 2,32%. И порой в качестве примеси отмечается железо (0,23—0,53%). Иногда по геохимическим данным в золотосодержащем кварце фиксируются повышенные содержания свинца, вольфрама и меди (табл. 2).

Электрум устанавливается очень редко. Преимущественно на северном фланге месторождения. Он входит в тесную парагенетическую ассоциацию с галенитом, первичным халькозином и зелигманитом. Электрум образует зернистые корродированные агрегаты среди кварца размером от 40—50 мкм до 1 мм. Цвет его — соломенно-жёлтый с бронзовым отливом. Как можно видеть из табл. 1, он заметно обеднён золотом и в наибольшей степени обогащён серебром (28,16 %), а также ртутью (2,30 %).

Купроаурит также весьма редкий минерал золота. Для его состава характерно полное отсутствие ртути (табл. 1), незначительное содержание серебра и существенное обогащение медью (23,39 %).

Гипергенное самородное золото распространено очень редко, в основном на северном фланге месторождения. Его небольшие зёрна изометричные, иногда овальные, размером до 1 мм, связаны с лимонитом, гётитом, реже — с гидроксидами марганца. По данным микрозондового анализа (табл. 1) оно имеет низкую пробу, содержит больше серебра и меньше ртути по сравнению с гипогенным золотом.

Интересной особенностью месторождения Амесмесса является присутствие минералов группы висмута, представленных тетрадимитом, висмутином, самородным висмутом. Тетрадимит имеет

Таблица 1

Особенности золотой минерализации месторождения Амесмесса
(по данным микрозондового анализа на SUPERPROBE-733)

Номер п/п	Минеральная форма	Содержание, %					Всего
		Au	Ag	Hg	Fe	Cu	
1	Гипогенное самородное золото	87,32	11,40	1,27			99,90
2	То же	84,64	13,95	1,42			100,01
3	“—“	83,55	14,13	2,32			100,00
4	“—“	84,55	14,29	1,18			99,97
5	“—“	83,86	14,70	1,43			99,99
6	“—“	82,52	15,27	1,38	0,52		99,68
7	“—“	82,51	15,39	1,27	0,83		100,00
8	“—“	82,89	15,62	0,92	0,57		100,00
9	“—“	83,11	15,23	0,67			100,01
10	Купроаурит	74,13	1,60			23,39	99,12
11	Электрум	70,42	28,16	2,30			100,88
12	Гипергенное самородное золото	77,62	20,52	1,96			100,10

Таблица 2

Содержания элементов в некоторых минеральных образованиях месторождения Амесмесса

Номер п/п	Описание породы	Содержание элементов, г/т										
		Pb	Bi	Cu	Ag	Zn	Cd	Co	Ni	Hg	Sb	W
1	Золотосодержащий кварц	61	30	109	66	<1	2	12	17	<1	66	183
2	Кварц с галенитом	15100	38	109	62	6500	59	13	16	39	22	164
3	Березит с пиритом	21	29	155	184	53	1	5	14	<1	151	50
4	Березит с эпидотом	34	115	68	280	<1	6	20	55	<1	357	180
5	Березит с карбонатом	20	70	141	294	<1	3	14	23	<1	267	130

форму неправильных зёрен, образующих аллотриоморфную структуру, в отражённом свете — желтовато-белого цвета с соломенным оттенком. Встречается в пирите в виде сульфотеллурида, редко — в ассоциации с самородным висмутом. Самородный висмут — один из наиболее часто встречающихся на месторождении носителей висмута. Выделяется в виде коррозионных зёрен, развивающихся по пекоит-гладит-висмутиновым агрегатам, залегающим в кварцевой массе и в микротрещинах кварца. Характерно практически полное отсутствие в самородном висмуте элементов-примесей. Висмутин — главный минерал висмута. Встречается в виде вкрапленности в кварце свинцово-серого цвета, образует пластинчато-листоватые формы (рис. 5, з). Вместе с висмутином очень редко встречаются пекоит и гладит, которые образуют с ним твёрдые растворы.

Сульфиды (пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин) относительно слабо распространены в кварц-золоторудных жилах на месторождении Амесмесса. Сульфиды встречаются в виде гнёзд в кварцевой массе, размер от нескольких миллиметров до 1 см. Иногда — в форме мелких прожилков мощностью от 0,2 до 1—2 мм. В целом общее количество сульфидов не превышает 5 %.

Пирит, наиболее распространённый сульфид, образует кристаллы и агрегаты хорошо огранённых кристаллов (рис. 5, д). В целом характерна обеднённость его элементами-примесями. Однако в пирите часто несколько повышены содержания никеля и кобальта. Галенит является единственным гипогенным минералом свинца на данном месторождении. Размеры зёрен галенита нередко достигают 3—5 см. В них порой имеются включения теннантита, тетраэдрита, халькозина, редко — зелигманнита. Галенит часто корродирован самородным золотом III генерации, образующим вокруг него венцеобразные агрегаты и микротрещинки толщиной 60—80 мкм. Как следует из табл. 2, в галените повышены содержания цинка, кадмия и вольфрама. В зоне окисления галенит образует вторичные минералы — англезит и церуссит. Сфа-

лерит является основным носителем цинка, и проявлен в трёх генерациях. Минерал тесно ассоциирует с пиритом, золотом II генерации и галенитом (рис. 5, е). В сфалерите присутствуют примеси кадмия и железа.

Проведённое изучение состава руд, взаимоотношений слагающих их минеральных ассоциаций позволило выявить общую последовательность и стадийность процессов минералообразования, происходивших при формировании месторождения Амесмесса. В целом можно выделить эндогенный и экзогенный этапы рудогенеза. На эндогенном этапе было выделено семь стадий минералообразования (рис. 6).

Предрудные минеральные ассоциации на месторождении последовательно представлены: *карбонат-хлоритовой* и *кварц-полевошпатовой стадиями*. Первая проявлена в виде маломощных хлорит-кальцитовых прожилков в милонитах и ультрамилонитах. Вторая выражена в образовании кварцевых прожилков и процессом калишпатизации пород. На завершении этой стадии как в прожилках, так и в массе пород, происходило отложение тонкорасеянного магнетита и гематита.

Начало рудного процесса знаменует *кварц-эпидот-хлоритовая стадия*. В эту стадию после процесса хлоритизации и эпидотизации происходит отложение золота I генерации, связанного с кварцем II. Следующая *кварц-халькопирит-пирротиновая стадия* является одной из основных в отложении золота. В начале оно выделяется в виде купроурита (твёрдого раствора с содержанием меди 23,39% и серебра 1,6%), устойчивого при температурах ниже 410° С. Самородное золото II генерации выделялось после отложения основной массы сульфидов, когда растворы содержали слабо связанную серу и были обогащены медью. Это золото содержит повышенные количества элементов-примесей.

Кварц-золотосульфидная стадия по концентрации золота является самой значимой. Минеральные парагенезисы этой стадии очень обильны и разнообразны. Отложение минералов (по данным С. Манкова) происходило в следующей последова-

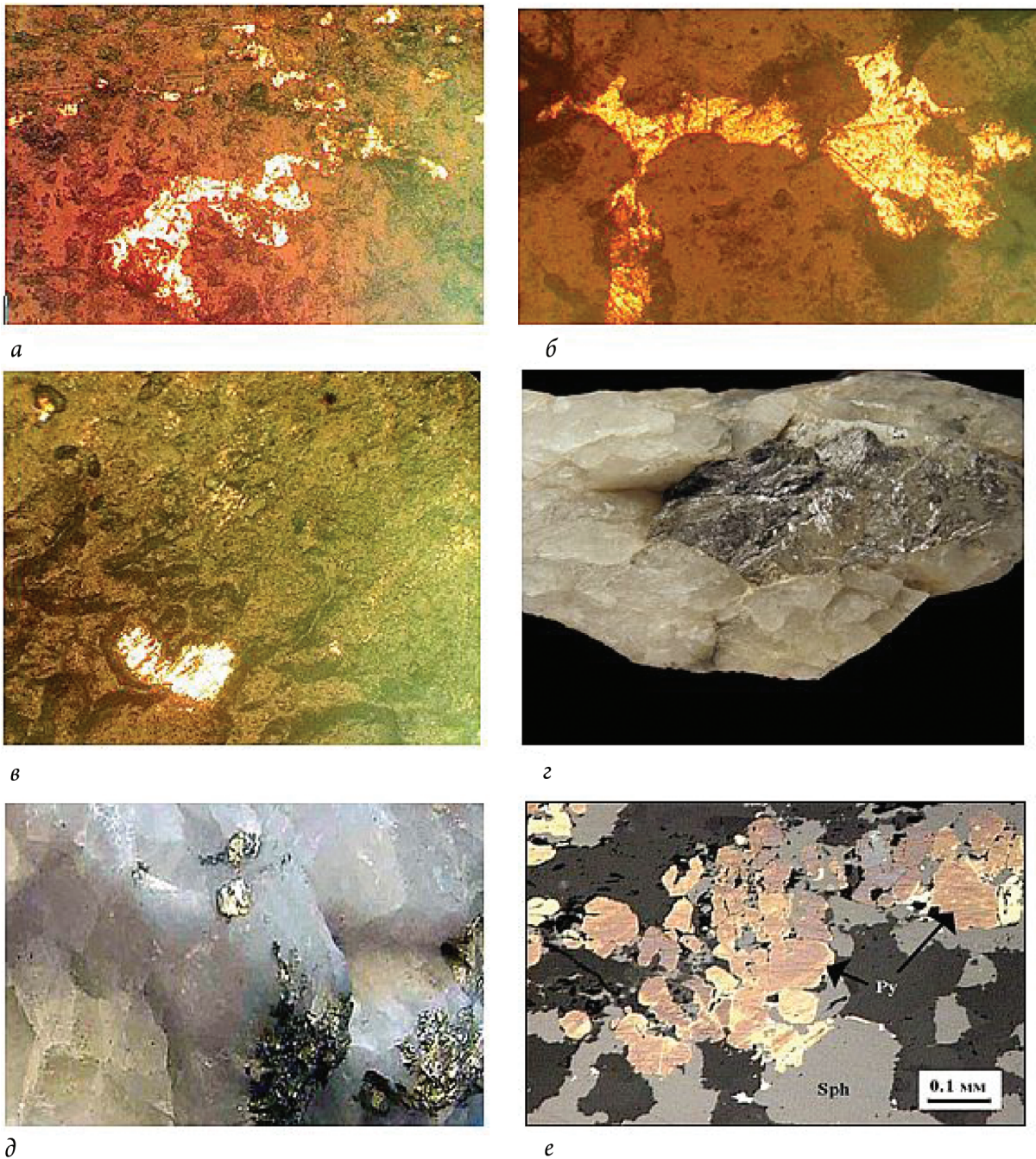


Рис. 5. Особенности проявления рудной минерализации. (а – в – фото шлифов): а – мелкие выделения золота размером 0,01–0,05 мм вдоль микротрещин (вверху) и более крупные его агрегаты (внизу) среди ожелезнённой и окварцованной породы; б – выделения золота размером около 0,25 мм, приуроченные к границам кварцевых зёрен, тёмное – гематит; в – крупное зерно гипергенного золота в ассоциации с гётитом и лимонитом; г–д – фото образцов: г – выделения висмутита среди кварца; д – кристаллы пирита среди кварца; е – фото шлифа, взаимоотношения сфалерита с пиритом

тельности: кварц IV (серицит + (хлорит III) (пирит III + пирротин II) марказит (халькопирит II + тетрадимит) висмутин самородный висмут > (сфалерит II + халькопирит III) (пирротин III + галенит) самородное золото III кальцит.

Завершение гипогенного отложения золота произошло в *кварц-зелигманнит-галенитовую стадию*, когда выделяется золото IV генерации. Оно,

по данным микрозондового анализа, часто соответствует электруму. Примечательно, что для всех главных генераций самородного золота (II, III, IV) постоянной примесью является ртуть (табл. 1). Иногда её содержание достигает 4,2 %.

Завершается гидротермальное рудообразование пострудной низкотемпературной *кварц-карбонат-халцедоновой стадией*, которая проявляется в образовании карбонатных, кварц-карбонатных,

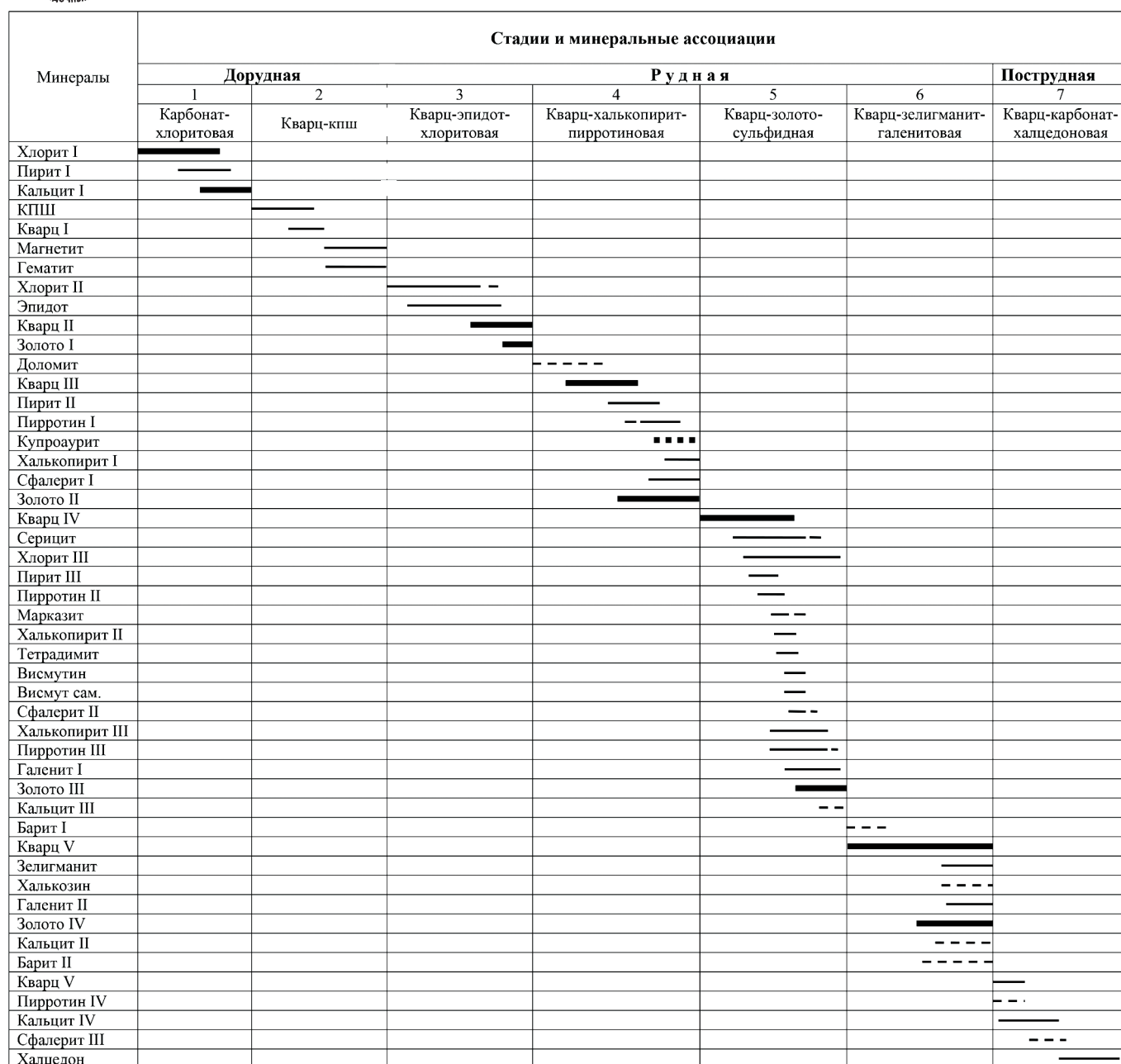


Рис. 6. Схема последовательности гипогенного минералообразования на месторождении Амесмесса (составлена Э. Аули с использованием данных С. Манкова (толщина, тип и длина линий отражают интенсивность и длительность процесса минералообразования))

кварц-халцедоновых прожилков и жил с редкой вкрапленностью пирротина и сфалерита.

Помимо вышеописанных первичных руд на месторождении в небольшом объёме присутствуют окисленные руды, прослеживающиеся до глубин 20—30 м. Они состоят из кварца (до 25—30 %), березитов (до 70—75 %) и небольшого количества гипергенных минералов, в основном гётита, гидрогётита, гематита, иногда налётов малахита, азурита, церуссита на стенках трещин и пустот выщелачивания. В этом типе руд встречаются золотины, видимые невооружённым глазом.

Выводы

1. Месторождение Амесмесса, расположенное в Юго-Западном Ахагаре, входит в состав Ин-Узальского золоторудного района и является его наиболее значительным объектом. Оно имеет протерозойский возраст, возникло в ходе Эбурнейского тектоно-магматического цикла и относится к золото-кварц-малосульфидной формации, типичной, как указывает М.М. Константинов [1], для металлогенических зон зеленокаменных поясов древних щитов.

2. Основу структуры месторождения и типовой геологической обстановкой нахождения рудных тел являются линейные разрывные структурные парагенезисы, возникшие в ходе геодинамического развития регионального Восточно-Инуззальского разлома, кинематика которого соответствует взбросо-сдвигу.

3. Наиболее продуктивное золотое оруденение локализуется в пределах продольных трещин скалывания, контролирующихся осевой плоскостью Восточно-Инуззальского регионального разлома. Эти трещины в основном параллельны главному сместителю. Менее рудопродуктивны поперечные сдвиги, располагающиеся под углами 60–75° к осевой плоскости Восточно-Инуззальского разлома. Таким образом, общая структура месторождения являет собой яркий пример возникновения в ходе развития геодинамики крупных сдвиговых зон.

4. Самородное гипогенное золото является на месторождении доминирующим и слагает первич-

ные, легкообогащаемые руды. Его основная масса представлена тонкой вкрапленностью от 0,005 до 0,5 мм. В рудах золото распределено весьма неравномерно. Для минерального состава руд характерно относительно небольшое количество сульфидов. Окисленные руды, несмотря на часто более высокие содержания и более крупное золото, имеют подчинённое значение. Попутным компонентом руд, имеющим промышленную значимость, является лишь серебро.

5. По особенностям минерального состава, структуры, геодинамики, возрасту и морфологии рудных тел данный золоторудный объект представляется нам аналогом, золотых месторождений пояса Абитиби на Канадском щите [4]. Учитывая всё это, можно предположить, что Ин-Уззальский золоторудный район на юге Туарегского щита Ахаггар имеет хорошие перспективы наращивания своего ресурсного потенциала при проведении в будущем целенаправленных геолого-разведочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. М.: Научный мир, 2006, 355 с.
2. Allegre C.J., Caby R. Chronologie du Precambrien de L' Ahaggar occidental // C.R. Acad. Des. Sci., Paris, 1972. Ser. D.V. 275, P. 2095–2098.
3. 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. V.14. P. 659–666.
4. Kuhns R.J., Sawkins F.J., Ito E. Magmatism, metamorphism and deformation at Hemlo, Ontario, and timing of Au-Mo mineralization in the Golden Giant Mine Econ. Geol. 1984. V.85. P. 720–756.
5. LeLubre M. Recherches sur la geologie de L' Ahaggar central et occidental // Bull. Serv. carte geol. Algerie. 1952. 1–2. N 22. I – 354 p., II – 386 p.
6. Sylvester A.G. Strike-slip faults Geol. // Soc. Of Amer. Bull. 1988. V. 100, N 11. P. 1666–1703.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

В журнале «Известия вузов. Геология и разведка», 2015, № 2 на с. 32 замечена неточность в списке литературы, следует читать:

[7] Константиновский А.А. Палеороссыпи в эволюции осадочной оболочки континентов. М.: Научный мир, 2000. 287с.