

## Золото-сульфидная вкрапленная минерализация месторождения Гадир (Малый Кавказ, Азербайджан)

Золото-сульфидное месторождение Гадир располагается в северо-западной части Гедабекского месторождения в Йогундагской эпitherмальной системе. Рудовмещающие толщи представлены вулканогенно- и вулканогенно-осадочными отложениями средней юры, сформировавшимися в обстановке вулканизма базальт-андезит-дацит-риолитовой формации. Минералогия, минерализация золота и содержание металлов в этом месторождении были изучены в ходе текущих исследований с целью определения геологических условий, временных и пространственных связей с определенными минеральными сообществами и ассоциациями. Минералогия рудных тел в основном состоит из пирита, халькопирита, сфалерита, галенита, магнетита, самородного золота. Самородное золото наблюдалось в халькопирите, что, вероятно, связано со второй стадией отложения руды.

*Ключевые слова:* самородное золото, стадии минерализации, Гадир, Гедабек.

A. A. BAYRAMOV (ASOIU, Azerbaijan)

## Gold-sulphide disseminated mineralization of the Gadir deposit (Lesser Caucasus, Azerbaijan)

The Gadir gold-sulfide deposit is located in the northwestern part of the Gedabek deposit in the Yogundag epithermal system. Ore-bearing strata are represented by Middle Jurassic volcanic and volcanic-sedimentary rocks formed under conditions of basalt-andesite-dacite-rhyolite volcanism formation. Mineralogy, gold mineralization, and metal content in the Gadir deposit have been investigated during ongoing studies to determine geological setting, temporal and spatial relationships with specific mineral assemblages and associations. Mineralogy of ore bodies is mainly characterized by pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, magnetite, and native gold. Native gold was recorded in chalcopyrite that is probably related to the second stage of ore deposition.

*Keywords:* native gold, mineralization stages, Gadir, Gedabek.

*Для цитирования:* Байрамов А. А. Золото-сульфидная вкрапленная минерализация месторождения Гадир (Малый Кавказ, Азербайджан) // Региональная геология и металлогения. – 2020. – № 82. – С. 103–112.

**Введение.** На востоке Йогундага, недалеко от месторождения Гедабек, в пределах Шамкирского поднятия Лок-Карабахской структурной зоны Малого Кавказа находится месторождение Гадир (рис. 1). В 2012 г. при проведении геологоразведочных работ на северо-западном фланге рудника Гедабек геологоразведочная группа обнаружила месторождение с низким уровнем сульфидирования. Здесь наблюдались выходы субвулканического образования на поверхности, а также интенсивное окремнение. В целях обнаружения оруденения в контактной части этого риолит-дацитового субвулканического тела в 2012 г. была пробурена скв. А1МСDD86. По данным геолого-структурного картирования было определено, что Гадир приурочен к горстовой структуре.

Рудное поле сложено преимущественно породами последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации нижне-верхне байосского возраста. В геологическом строении месторождения участвует комплекс вулканогенных и вулканогенно-осадочных

пород нижнего байоса, которые прорываются небольшими выходами субвулканических тел риолито-дацитов [2].

В геологическом строении месторождения участвуют отложения средней и верхней юры, представленные вулканогенными породами нижнего и верхнего байоса, бата и келловей. Вулканы нижнего байоса – базальты, андезибазальты и их туфы – в ореоле Гедабекского интрузива интенсивно ороговикованы. Верхний байос представлен риолитами, которые перекрывают отложения нижнего байоса. Риолиты гидротермально изменены и превращены во вторичные кварциты. Породы батского яруса трансгрессивно залегают на риолитовой толще и сложены базальтами, частично андезитами и их туфами, а также туфобрекчиями. Интрузивные образования вокруг месторождения – габброиды, габбро, габбро-нориты, габбродиориты и диориты, кварцевые диориты и гранодиориты [2].

Структурная позиция месторождения определяется его расположением на крайнем юго-восточном погружении Шамкирского антиклинория,

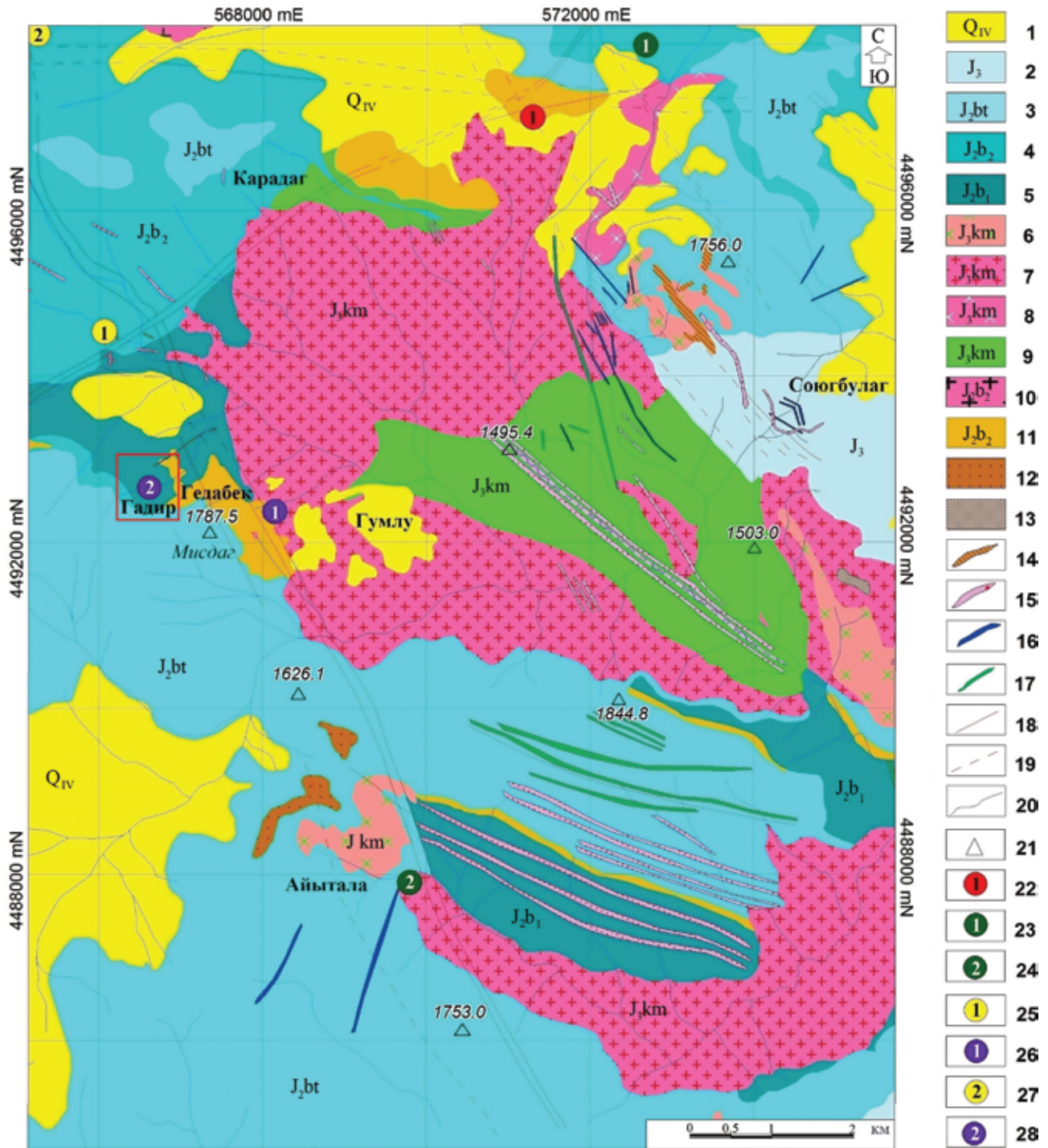


Рис. 1. Геологическая карта Гедабекского рудного района, м-б 1 : 50 000

1 – четвертичные отложения элювиально-делювиальные; 2 – вулканогенные отложения бата: туфы андезитового состава, туфобрекчии, туфоконгломераты; 3 – нижнемеловые известняки оксфорд-киммериджского яруса: известняки с прослоями песчаников; 4 – верхний байос: лавы, субвулканическая и пирокластическая фации риолит-риодацитовых пород; 5 – нижний байос: пирокластическая фация, туфобрекчии и андезиты; 6 – Гарагая-Гарамурадские гипабиссальные субвулканические тела: диориты; 7–9 – Гедабекский интрузив: 7, 8 – вторая фаза (7 – диориты, 8 – гранодиориты, кварцевые диориты, диориты), 9 – первая фаза (габбродиориты, габбро); 10 – Атабек-Славянский плагиогранитовый комплекс; 11 – метасоматиты; 12 – грейзены (турмалин-метасоматические вторичные кварциты); 13 – скарны; 14–17 – дайки: 14 – диоритовые, 15 – кварцевых диоритов, 16 – андезитовые, 17 – долеритовые; 18, 19 – разломы главные (18) и предполагаемые (19); 20 – реки; 21 – высоты, м; 22–25 – проявления: 22 – медно-порфировое Боук Галаца, 23 – медно-колчеданное Пирбулак, 24 – медно-колчеданное Айытала, 25 – серо-колчеданное Чолпан; 26–28 – месторождения: 26 – Гедабекское, 27 – Угурское золотоносное, 28 – Гадирское. Красным прямоугольником обозначено месторождение Гадир

на стыке с Дашкесанским синклиниорием и приуроченностью к юго-восточному борту брахи-антиклинального поднятия, входящего в состав кальдеры Арыхдам [1]. Следующие структуры были описаны многочисленными исследователями [6] в пределах северо-западного фланга рудника Гедабек: антиклиналь Арихдам-Шекарбек и синклиналь Годакдере-Еникенд. Наиболее существенными элементами тектоники являются Гедабек-Биттибулагский, Мисдагский и Гадирский локальные рудоконтролирующие разломы северо-восточного, субширотного и северо-западного направлений. Гедабек-Биттибулагский разлом по существу представляет собой главную рудоконтролирующую структуру, определяющую позицию и размещение залежей месторождения.

Основные рудовмещающие отложения – верхнебайосские субвулканические риодациты, превращенные в большинстве случаев во вторичные кварциты (монокварциты, кварц-адулярные и др.), в пределах которых размещены все известные залежи колчеданных руд. Они протягиваются широкой полосой (100–500 м) северо-западного простирания и на глубине от земной поверхности. На востоке нижнебайосские андезибазальты совершенно не затронуты метасоматическими процессами. Дайковые образования имеют широкое распространение и представлены кварцевыми диоритами, долеритами и андезибазальтами.

На месторождении присутствуют гидротермальные эксплозивные брекчии (hydrothermal eruption breccia), кремнистые туфы (silica sinter), озерные кремнистые осадки (lacustrine siliceous deposit), относящиеся к наиболее поздним образованиям [3].

Как упомянуто выше, месторождение Гадир – эпитеермальное с низким уровнем сульфидирования. Картирование гидротермально-метасоматических образований в пределах Гадирского горста выявило развитие пропиловых и кварц-адуляр-пиритовых изменений [5].

**Методы исследований.** Автором произведена подготовка фактического материала к работе, так как за несколько лет все образцы подверглись довольно сильному окислению. Однако предварительный просмотр аншлифов в окисленном состоянии позволил выявить некоторые различия в степени окисления минералов различных генераций. Было выполнено минераграфическое описание аншлифов из различных структурных доменов на оптическом микроскопе с увеличением от  $\times 1,6$  до  $\times 90$ . По данным проведенных исследований составлены: таблицы с минераграфическим описанием по каждому образцу, таблицы с химическим составом, выделены рудоносные минеральные ассоциации и установлена пробность золота. Помимо этого, изучены протоочки на предмет наличия рудных минералов в зонах послонных срывов и их отличия от рудной составляющей по материалам, полученным из керна. Изучение было проведено сначала под биноклярном, а впоследствии с помощью настольного

сканирующего рентгеновского дифрактометра (X-Ray Diffraction – XRD) и рентгенофлуоресцентного спектрометра (X-Ray Fluorescence Spectrometry – XRF).

**Морфология, минеральный состав руд и последовательность их образования.** Морфология рудных тел Гадирского месторождения имеет скорее линзообразный характер, чем штокообразный, в связи с частыми раздувами и сужениями их мощности на сравнительно небольшом расстоянии. Однако целесообразнее называть эти рудные тела зонами. На месторождении насчитывается три зоны, представленные плоскими телами с весьма изменчивой мощностью. Зоны находятся на различных глубинах от поверхности и нередко связаны между собой рудными прожилками. Форма и размеры отдельных зон весьма различны. Рудные тела месторождения имеют в основном форму уплощенных штоков, гнезд, а также линзообразных тел различных размеров [6]. Мелкие штоки относительно изометричны, а крупные зоны (I, II, III) весьма причудливых очертаний, но отчетливо вытянуты в юго-западном и близмеридиональном направлениях [6].

Руды Гадирского месторождения характеризуются сложным строением и разнообразным минеральным составом. Структуры руд тонко-, мелко- и крупнозернистые, текстура – вкрапленная, прожилково-вкрапленная, гнездово-вкрапленная, встречаются также массивные трещиноватые, брекчиевидные, пятнистые текстуры. К числу главных рудообразующих минералов принадлежат халькопирит, пирит, сфалерит, галенит, магнетит, к второстепенным минералам – гематит, марказит, пирротин.

Другие минералы находятся в виде мелких выделений и представлены самородным золотом, серебром, гесситом и др. Из нерудных минералов развиты кварц, аметист, турмалин, эпидот, хлорит, доломит, лимонит, арагонит.

Общая последовательность рудообразования включает в себя следующие минеральные ассоциации (от ранних к поздним): кварц-пирит; пирит-халькопирит-сфалерит  $\pm$  галенит  $\pm$  магнетит; кварц-пирит  $\pm$  халькопирит; пирит-карбонат. Последовательность процесса рудообразования в месторождении представлена в табл. 1.

Минеральные ассоциации в подземном руднике Гадир характерны для эпитеермальных систем с низким уровнем сульфидирования (рис. 2). Основные рудоносные минеральные ассоциации описаны ниже:

*Пирит-халькопирит-сфалерит-кварц  $\pm$  галенит  $\pm$  барит  $\pm$  магнетитовые* руды в основном добывается на 1482 м гипсометрическом горизонте рудника Гадир. Магнетит встречается в прожилках.

Добыча *кварц-халькопирит-пирит-сфалеритовой* руды происходит аналогично в вышеупомянутом горизонте. Рудные минералы в основном имеют тонкую рассеянную структуру, как шток.

Схема минерализации на месторождении Гадир

Минерал	Этапы минерализации			
	основные			пирит-карбонат
	кварц-пирит	пирит-халькопирит-сфалерит ± галенит	кварц-пирит ± халькопирит	
Пирит	—————	—————		
Халькопирит		—————	-----	
Сфалерит		—————		
Галенит		-----		
Гематит	-----	-----		-----
Золото		-----	-----	-----
Кварц	—————	-----	—————	
Кальцит	-----	-----		
Магнетит		-----	-----	-----
Турмалин		-----	-----	-----
Иллит		-----	-----	-----
Ангидрит		-----	-----	-----

Минералы: ————— основные; ----- вторичные; ----- редкие.

Эти две рудные ассоциации слагают основную массу богатых руд. Самая высокая степень минерализации золота расположена на верхних уровнях в руднике Гадир.

*Кварц-турмалин-пиритовая* ассоциация отмечена в краевых частях богатой рудной зоны.

*Кварц-пиритовая* ассоциация встречается в виде массивных штоков пирита. Пирит образует крупнозернистые агрегаты.

*Кварц-халькопирит-пиритовая* ассоциация развита в верхнем и среднем уровнях месторождения. Халькопирит находится в рассеянном состоянии и входит в состав руд высокого качества. Пирит встречается в меньшем количестве в виде очень крупных зерен и располагается в реликтах контактной породы.

*Кварц-сфалеритовая* ассоциация обнаружена на 1482 м горизонте. Массивная сфалеритовая руда пересечена баритовой прожилкой.

*Кварц-аметист-пиритовая* ассоциация встречается в краевой части кварц-турмалин-пиритовой в периферийной зоне месторождения Гадир. Аметист может встречаться в сильно силицированных зонах (или брекчиях) в риолите или вулканических породах вблизи контакта андезита и риолита [5].

Приведено описание нескольких аншлифов.

**Аншлиф № 1** – макроскопически оруденение представлено агрегатами пирита овальной вытянутой формы размером 8–15 мм (рис. 2, А). Агрегаты погружены в нерудную массу темно-серого цвета, местами содержащую призматические кристаллики (1 мм) черного цвета.

Под микроскопом – массивный агрегат метасоматического пирита содержит мелкие включения халькопирита, магнетита, редко пирротина размером от 0,01 до 0,1 мм. Встречено

единичное зерно галенита в сростке с халькопиритом. В нерудной массе распространены ксеноморфные зерна, реже кристаллики магнетита с микровключениями пирита.

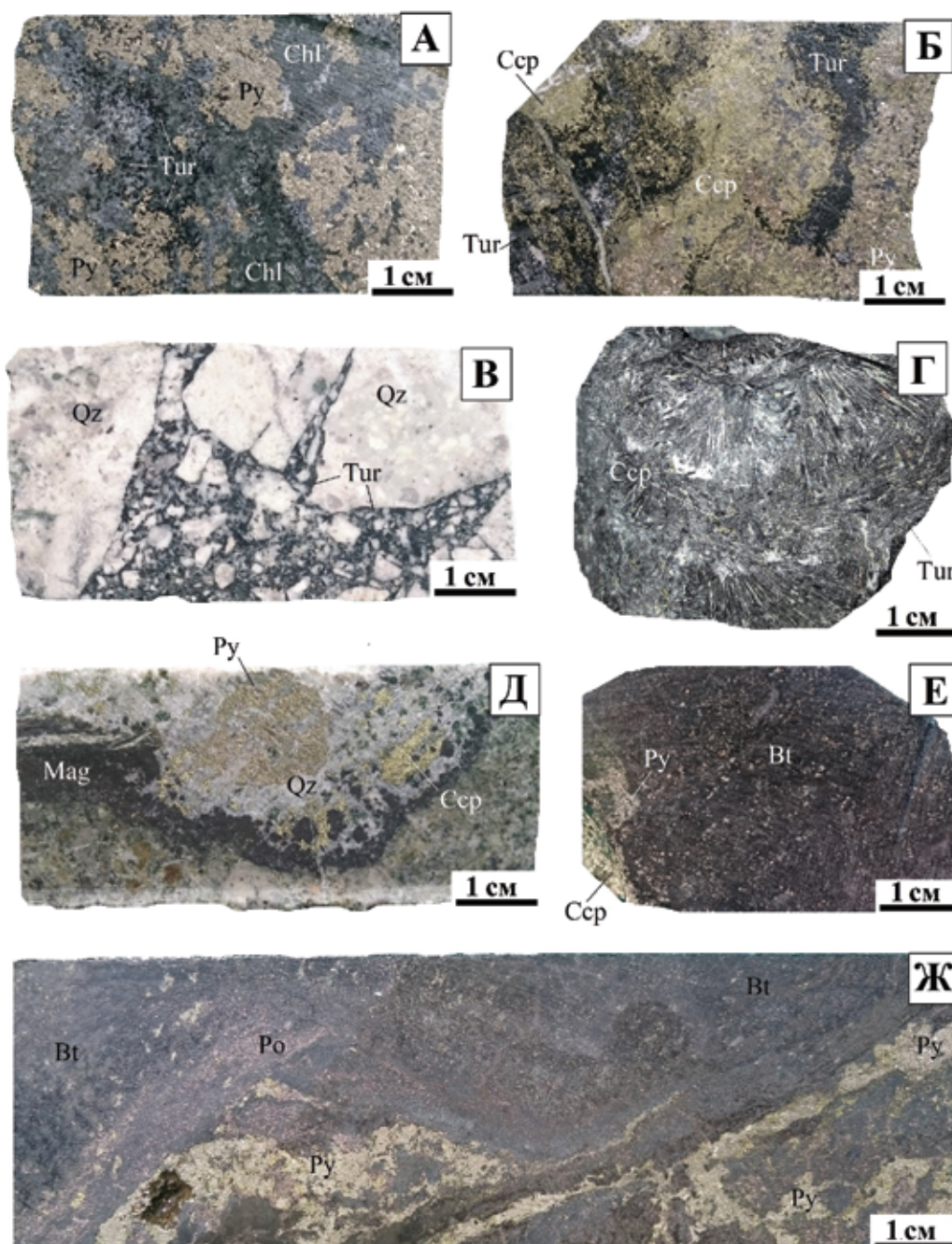
Выявленные рудные минералы – пирит, халькопирит, магнетит, гематит, галенит.

**Аншлиф № 2** – по текстуре аналогичен № 1 (рис. 2, Б).

Под микроскопом – массивная пирит-халькопиритовая руда. Главный минерал – пирит, образующий крупнозернистый агрегат в виде дуги шириной 5–10 мм. Пирит массивный с незначительной примесью нерудных минералов или с многочисленными включениями последних. Из рудных включений главным является гематит, менее распространен халькопирит, в единичных зернах отмечается пирротин. Агрегат пирита расколот многочисленными трещинками катаклаза, местами превращен в микробрекцию.

Халькопирит – второй по распространенности после пирита рудный минерал – образует агрегаты неправильной формы размером 0,5–3,0 мм в нерудной массе. В крупных агрегатах халькопирита постоянно присутствуют мелкие группы скопленных кубических кристалликов пирита второй генерации. В контактах отчетливо видна коррозия пирита халькопиритом, но по трещинкам катаклаза халькопирит не проникает. Эта особенность позволяет определить временной интервал катаклаза пирита и отложения золота как постхалькопиритовый.

Самородное золото – обнаружены два знака, приуроченные к трещинкам катаклаза в пирите, золото образует прожилки размером 0,005 × 0,035 мм, а второй знак имеет почти изометричную форму и находится в трещинке вблизи контакта с халькопиритом. Аналогичное



**Рис. 2. Основные рудоносные минеральные ассоциации**

*A* – пирит-кварц-турмалин ± халькопирит ± магнетит ± хлорит; *Б* – пирит-халькопирит-турмалин ± карбонат; *В* – кварц-турмалин; *Г* – турмалин-халькопирит ± магнетит ± карбонат; *Д* – пирит-халькопирит-магнетит-кварц ± гематит; *Е* – пирит-халькопирит-биотит ± магнетит ± пирротин; *Ж* – пирит-пирротин-халькопирит.

Bt – биотит; Ccp – халькопирит; Chl – хлорит; Qz – кварц; Po – пирротин; Py – пирит; Mag – магнетит; Tur – турмалин [4]

прожилковидное золото в трещинках пирита выявлено в аншлифе № 5.

Последовательность образования следующая – магнетит, пирит-1, халькопирит-1, пирротин, халькопирит-2, золото самородное.

Цвет золотинок такого мелкого размера оценивать не корректно, так как велико влияние контактирующего минерала, остальные свойства обычные – очень высокая отражательная

способность (значительно выше пирита), низкая твердость.

**Аншлиф № 3** – образец керна в текстурном отношении является брекчией – светло-серые обломки угловатой формы размером 3–4 см (рис. 2, *В*) сцементированы турмалином с обломками меньших размеров (1–5 мм) той же породы. В серой породе видна порфировая структура, таблички плагиоклаза, кварц (риолит).

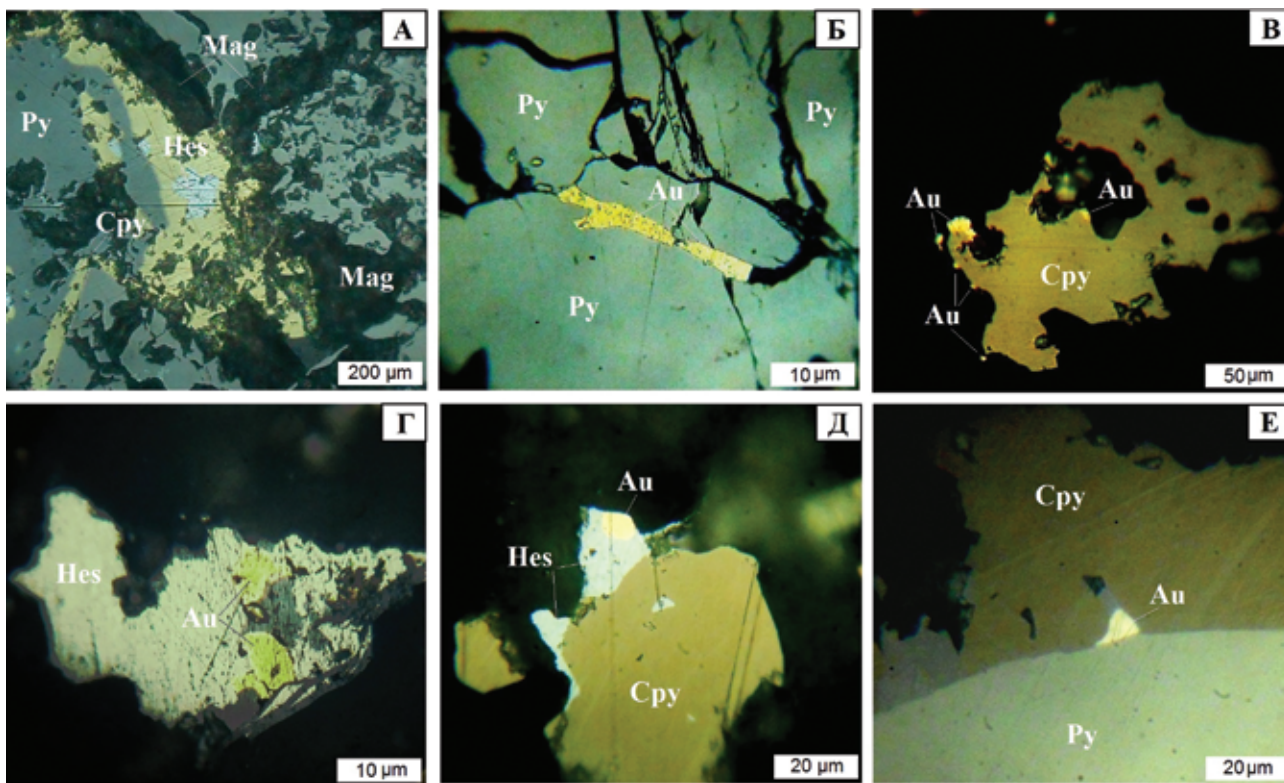


Рис. 3. Местонахождение золота в рудах Гадирского месторождения (в аншлифах)

*А* – включения гессита в халькопирите, цементирующем магнетит, аншлиф № 4; *Б* – прожилок самородного золота, заполнивший трещину в пирите, аншлиф № 5 с иммерсией, видны точечные включения в золоте; *В* – срastания самородного золота с халькопиритом по западному контакту ксеноморфного зерна, аншлиф № 5 с иммерсией; *Г* – ассоциация самородного золота с гесситом, контактирующим справа с халькопиритом, аншлиф № 5 с иммерсией; *Д* – срastание самородного золота с гесситом на халькопирите, аншлиф № 5 с иммерсией; *Е* – золотина треугольной формы на контакте пирита (внизу) с халькопиритом, аншлиф № 8 с иммерсией.

Hes – гессит; Au – самородное золото [4]. Остальные обозн. см. на рис. 2

В аншлифе отмечена редкая вкрапленность халькопирита (0,01–0,015) неправильной формы.

**Аншлиф № 4** – макроскопически образец представлен черным турмалином – шерл, или «турмалиновое солнце» – наростом на темно-серый, зеленоватый субстрат. Аншлиф изготовлен из черной турмалиновой части образца (рис. 2, *Г*).

Под микроскопом – главным минералом является магнетит с размером зерен от 0,001 мм, в сростках достигает величины 2,0 мм.

Внутри агрегатов и зерен магнетита редко присутствуют включения халькопирита. Встречено одно крупное скопление, где магнетит окружен, корродируется и цементируется халькопиритом (рис. 3, *А*).

**Аншлифы № 5 (а и б)** – слоистая (полосчатая) текстура руды (рис. 2, *Д*) обусловлена чередованием (снизу вверх) слоев криптогематита в нерудной массе и зернистого магнетита. Выше происходит переход в линзу сульфидов, в основании которой залегает прослой пирита. Линза сульфидов сложена массивным агрегатом халькопирита, выше сменяющимся также массивным агрегатом магнетита. На этом участке – с глобулярным железом – оруденение претерпело метаморфические преобразования по схеме: глобулярное железо – криптогематит – гематит – магнетит.

Ниже пиритового прослоя (рис. 3, *Б*) ×132 преобладает нерудная масса с криптозернистым гематитом в виде пылеватых частиц размером 0,001 мм, согласно со слоистостью происходит укрупнение зерен и образование ситовидных метасоматических кристаллов (0,1–0,2 мм) и сростков. Разрастание сростков вдоль направления слоистости приводит к образованию зернистых прослоев и линз. Постоянная примесь халькопирита сопровождается магнетитом, начиная с точечных выделений в нерудной массе (0,005–0,03 мм) до метасоматических зерен неправильной формы, замещающих нерудные включения внутри ситовидных кристаллов магнетита. Также характерным свойством халькопирита является заполнение пустот (0,05–2,5 мм) с идиоморфными пирамидальными кристалликами кварца на стенках.

Самородное золото обнаружено в количестве более 60 знаков, из которых около 40 знаков приходится на ассоциацию с магнетитом. Золото отлагается в пустотках и трещинках минерала.

Золото-теллуридная ассоциация уступает в развитии магнетитовой, зафиксировано около 7–8 сростков с гесситом (рис. 3, *Г*), золото-халькопиритовая уступает предыдущей,

Минералогический состав (%) аншлифов

Минерал	Номер аншлифа						
	1	2	3	4	5	8	10
α-кварц	5	—	40	7	13	4	—
Полевой шпат	—	—	8	—	—	—	4
Кальцит	20	—	10	5	12	—	—
Пирит	40	20	—	—	40	33	12
Халькопирит	—	60	—	10	30	38	—
Гематит	—	—	—	10	—	5	10
Клинохлор	30	—	—	—	—	—	—
Халлозид *	—	—	—	—	—	12	—
Индиалит *	—	—	—	—	—	—	33
Увит	—	17	—	65	—	—	—
Иллит *	—	—	7	—	—	—	—
Каолинит	—	—	—	—	—	5	8
Монтмориллонит *	—	—	30	—	—	—	—
Слюда	—	—	—	—	—	—	30
Другие	5	3	5	3	5	3	3
Сумма	100	100	100	100	100	100	100

Примечание: звездочкой отмечены минералы, впервые обнаруженные автором на месторождении.

расположена рядом с последней (рис. 3, В, Д, Е). Выделения самородного золота в пирите количественно составляют около 10 знаков (рис. 3, Б), представлены микропрожилками, угловатыми зернами в катаклазированных брекчированных участках минерала. Также обнаружены обособленные зерна в нерудной массе (7–8 штук). Размер выделений самородного золота составляет от 0,001 до 0,03 мм, форма от точечной до прожилковой. Общая толщина продуктивного слоя не превышает 1 см.

Последовательность выделения минералов: криптогематит — магнетит — халькопирит — гессит с самородным золотом. В аншлифе обнаружены более 60 знаков самородного золота в сростках с магнетитом, гесситом, пиритом, халькопиритом, приуроченные к пространству от прослоя пирита и ниже. Выше прослоя руда переходит в массивный халькопиритовый, затем магнетитовый агрегат без золотого оруденения.

**Аншлиф № 8** — золотоносная прожилково-вкрапленная пирит-пирротин-халькопиритовая руда (рис. 2, Ж).

Текстура руды образована прожилками и вкрапленниками пирротинового агрегата (на снимке коричневатого цвета), обрастающего пирит, халькопирит имеет желтоватый цвет.

Под микроскопом пирит образует крупные зерна, сростки размером до 2,0–5,0 мм, слабо трещиноват, содержит включения пирротина, халькопирита и нерудной массы. Коррозия пирита пирротин-халькопиритовой ассоциации проявлена отчетливо, также отмечаются микропрожилки, пересекающие пирит (рис. 3, Е). Крупные площади пирротина не содержат выделений

халькопирита, последний появляется при коррозии пирита в виде каймы, вслед за которой произошло отложение пирротина.

Обнаружены два зерна самородного золота размером 0,005 мм — один приурочен к контакту халькопирита с пиритом, другой расположен рядом в нерудной массе (рис. 3, Е).

Последовательность выделения минералов: пирит — халькопирит — пирротин. Отложение золота произошло до и после кристаллизации пирита, опережая пирротин-халькопиритовую ассоциацию.

**Аншлиф № 10** — в текстурном отношении представлен (рис. 2, Е) неясно-полосчатой пиритовой рудой, полосы-прослои ориентированы почти перпендикулярно к оси зерна, вероятно, согласны с субгоризонтальным залеганием пород. Полоски 2–3 мм мощностью сложены крупными зернами метасоматического пирита, сопровождаются обильной вкрапленностью мелких зерен, в целом составляют около 20–25 % от объема образца.

Под микроскопом — разнотельный агрегат (0,01–0,2–0,3 мм) ксеноморфных зерен пирита, содержит редкую вкрапленность пирротина, реже халькопирита (0,02–0,03 мм). В нерудной массе также присутствует пирротин, часто замещаемый марказитом в виде мелких точечных включений до полных псевдоморфоз.

Интересны обособленные зерна пирита в массе с магнетитовой каймой замещения. В последней иногда присутствует гематит в виде редких пластинок.

Представлен минералогический (табл. 2) и химический (табл. 3) составы выбранных аншлифов.

Химический состав (оксиды в % и другие элементы в г/т) аншлифов

Компо- ненты	Номер аншлифа						
	1	2	3	4	5	8	10
SiO <sub>2</sub>	10,79	6,08	57,95	29,13	14,99	6,48	23,58
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,01	0,4	0,32	0,01	0,13	0,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,6	3,91	17,69	21,65	1,18	3,87	12,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,19	23,74	1,09	13,51	16,89	27,02	20,43
MnO	0,19	0,01	0,01	0,01	0,51	0,01	0,14
MgO	1,99	0,82	0,27	6,48	0,26	2,58	8,55
CaO	12,45	11,68	7,79	12,67	27,69	0,25	1,9
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,01	1,67	1,08	0,01	0,01	0,01
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	1,09	0,24	0,01	0,4	3,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,17	0,01
SO <sub>3</sub>	22,93	33,02	0,01	5,64	27,52	32,43	18,11
LOI	19,8	1,9	12	5,4	4,9	20,3	10,7
Au	3,98	5,96	0,61	0,89	8,85	2,37	1,19
Ag	36,2	181,2	7,18	9,25	79,21	127,8	23,12
Cu	0,067	18,023	0,008	1,122	4,589	6,523	0,027
Zn	326,79	160,11	103,93	42,91	2205,06	2002,06	140,71
Pb	55,73	86,31	53,42	8,64	629,16	23,65	11,33
Cd	24,71	27,42	10,54	13,19	32,48	62,83	29,51
Cs	138,93	159,23	49,81	87,09	154,69	148,02	112,35
Te	229,88	469,83	70,14	103,46	249,9	217,28	142,2
Sb	66	74,12	25,37	40,31	84,12	78,24	53,45
Sn	39,94	48,53	12,86	14,41	43,17	49,72	24,62
Se	193	127,19	4	12,17	39,86	25,74	8,61
W	215,14	392,22	39,88	103,22	148,03	311,16	84,63
Zr	32,07	16,81	93,08	134,29	6,23	8,13	24,21
Sr	63,99	146,61	421,58	264,09	55,51	20,4	55,13
U	13,67	15,4	6,31	7,12	10,82	16,77	12,7
Rb	6,52	7,29	17,41	3,1	5,4	16,06	103,98
Sc	258,23	227,23	108,57	169,48	259,64	64,49	97,28
Th	15,04	14,44	4,36	5,36	14,64	22,13	9,29
Pd	25,77	22,3	8,09	10,54	41,83	22,65	14,92
Ni	280,43	181,83	65,35	135,34	221,92	240,76	169,42
Co	1219,32	1279,85	68,5	328,17	868,03	1746,29	744,99
Cr	41,02	78,35	148,31	154,56	32,25	44,6	48,19
V	215,49	181,14	88,04	104,08	35,56	117,97	441,16

LOI – потеря веса при прокаливании.

**Обсуждение полученных результатов и выводы.** Золото в рудах Гадирского месторождения четко связывается с ранней кварц-пиритовой и продуктивной пирит-халькопирит-сфалеритовой стадиями минералообразования. В кварц-пиритовых рудах золото представлено в виде субмикроскопических и тонкодисперсных образований, а в пирит-халькопирит-сфалеритовых рудах наблюдается увеличение среднего размера частиц самородного золота (0,01–0,3 мм). По-видимому, это связано с переотложением и укрупнением раннего мелкого и тонкодисперсного золота кварц-пиритовой ассоциации.

При микроскопическом исследовании установлено, что золото находится внутри халькопирита и в сростках с пиритом и кварцем.

По-видимому, золото внутри халькопирита и пирита выделялось одновременно с названными минералами, а его нахождение в сростках дает основание предполагать более позднее образование этого металла. Следует подчеркнуть, что в рудах Гадирского месторождения золото преимущественно находится в свободном состоянии – 40,0 % и в сростках с поздними сульфидными минералами (в основном халькопиритом) – 48 %. Содержание золота в магнетите и сульфидных



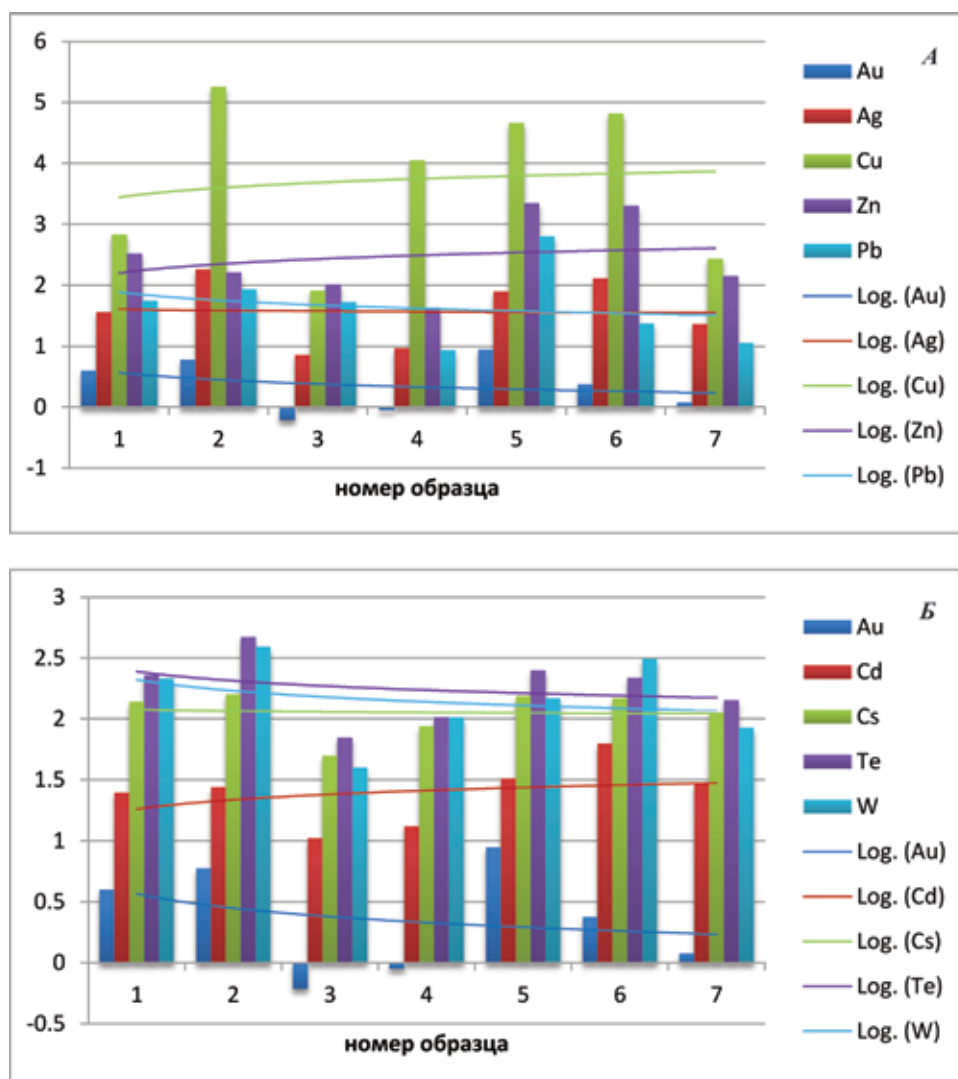


Рис. 4. Сравнительная логарифмическая диаграмма элементов с Au в выбранных аншлифах: А – Ag, Cu, Zn и Pb; Б – Cd, Cs, Te и W

минералах невысокое (3 и 8 % соответственно), а в кварце – 1,0 % (рис. 4).

Для изучения золотоносности и характера распределения благородных металлов и других элементов (Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sb, Cd, Cs, Te и W) в рудах Гадирского месторождения в статье использованы результаты пробирного и химического анализов проб, отобранных из различных типов руд (рис. 2 и 4).

По данным результатов анализов установлено, что все перечисленные минеральные ассоциации являются золотоносными. Однако содержания и характер распределения золота, серебра и других элементов в каждом типе руд различны. На основе полученных результатов построена сравнительная логарифмическая диаграмма элементов с Au в выбранных аншлифах (табл. 3 и рис. 4).

Логарифмические диаграммы золота и серебра в пирит-халькопирит-турмалин ± карбонатых и пирит-халькопирит-магнетит-кварц ± гематитовых рудах показали, что максимум частоты встречаемости соответствует интервалам 5–9 г/т

по золоту и 79–181 г/т по серебру. В пирит-халькопирит-биотит ± магнетит ± пирротиновых рудах концентрация Ag, Zn и Co более высокая. Здесь максимум частоты встречаемости соответствует (г/т): 127,8 по серебру, 2002,06 по цинку и 1490,75 по кобальту (табл. 3 и рис. 4).

**Заключение.** Анализируя результаты геолого-разведочных и проведенных анализов по минеральному составу руд Гадирского месторождения высококачественного медно-полиметаллического золота и используя самые последние геологические данные, можно сделать следующие выводы:

1) золотистая минерализация в месторождении Гадир парагенетически связана с метасоматитами и гранитоидами Гедабекской интрузии;

2) при микроскопическом изучении огромного количества аншлифов, а также интерпретации химико-аналитических данных руд месторождения впервые обнаружены следующие минералы: гессит, халлозид, индиалит, увит, иллит, монтмориллонит;

3) результаты минералогических и аналитических исследований показали, что основным носителем золота в Гадирском месторождении являются пирит и халькопирит;

4) обычно золото содержится в руде в виде мелкодисперсных и дисперсных руд и большая его часть свободна. Иногда оно бывает покрыто оксидами железа или предстает в виде кристаллического сульфида и кварца;

5) самые высокие значения золота обнаружены в пирит-халькопирит-сфалерит ± галенитовой минеральной ассоциации.

---

1. Гусейнов Г. С. Распределение благородных металлов (Au, Ag) в рудах Гедабекского золотомедно-колчеданного месторождения (Малый Кавказ) // Отечественная геология. – 2017. – № 6. – С. 67–71.

2. Исмаилзаде А. Д., Мустафаев Г. В., Рустамов М. И. Геология Азербайджана. Т. 3: Магматизм. – Баку: Нафта-Пресс, 2001. – 434 с.

3. Bayramov A. A. Geological Setting of the new Discovering Gadir Low Sulfidation Epithermal Deposit, Gedabek Ore District, Lesser Caucasus, Azerbaijan // IJISSET – International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. – 2017. – Vol. 4, Iss. 12. – Pp. 21–27.

4. Donna L. W., Bernard W. E. Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals // American Mineralogist. – 2010. – Vol. 95. – Pp. 185–187.

5. Novruzov N. Mineral composition and paragenesis of altered and mineralized zones in the Gadir low sulfidation epithermal deposit (Lesser Caucasus, Azerbaijan) / Eds.: N. Novruzov, A. Valiyev, A. Bayramov, S. Mammadov, J. Ibrahimov,

A. Abdurrahimli // Iranian Journal of Earth Sciences. – 2019. – Vol. 11, No 1. – Pp. 14–29.

6. Veliyev A. Geological Setting and Ore Perspective of the New Discovered Gadir Low Sulfidation Epithermal Deposit, Gedabek NW Flank, Lesser Caucasus, Azerbaijan / Eds.: A. Veliyev, A. Bayramov, J. Ibrahimov, S. Mammadov, G. Alizhadeh // Universal Journal of Geoscience. – 2018. – Vol. 6 (3). – Pp. 78–101. – DOI: 10.13189/ujg.2018.060304.

---

1. Guseynov G. S. The distribution of precious metals (Au, Ag) in the ores of the Gadabek gold-copper-pyrite deposit (Lesser Caucasus). *Otechestvennaya geologiya*. 2017. No 6, pp. 67–71. (In Russian).

2. Ismailzade A. D., Mustafaev G. V., Rustamov M. I. Geologiya Azerbaydzhana. T. 3: Magmatizm [Geology of Azerbaijan. Vol. 3: Magmatism]. Baku. 2001. 434 p.

3. Bayramov, A. A. 2017: Geological Setting of The New Discovering Gadir Low Sulfidation Epithermal Deposit, Gedabek Ore District, Lesser Caucasus, Azerbaijan. *IJISSET – International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 4. 12, 21–27.

4. Donna, L. W., Bernard, W. E. 2010: Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals. *American Mineralogist*. 95. 185–187.

5. Novruzov, N., Valiyev, A., Bayramov, A., Mammadov, S., Ibrahimov, J., Abdurrahimli, A. 2019: Mineral composition and paragenesis of altered and mineralized zones in the Gadir low sulfidation epithermal deposit (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *Iranian Journal of Earth Sciences*. 11. 1. 14–29.

6. Veliyev, A., Bayramov, A., Ibrahimov, J., Mammadov, S., Alizhadeh, G. 2018: Geological Setting and Ore Perspective of the New Discovered Gadir Low Sulfidation Epithermal Deposit, Gedabek NW Flank, Lesser Caucasus, Azerbaijan. *Universal Journal of Geoscience*. 6. 3. 78–101. – DOI: 10.13189/ujg.2018.060304.

---

Баїрамов Айдын Ахмед – аспирант, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (АГУНП). Проспект Азадлы, 20, Баку, AZ1010, Азербайджанская Республика. <geoloq\_aydin@mail.ru>

Bayramov Aydin Ahmed – PhD Student, Azerbaijan State Oil and Industry University (ASOIU). 20 Prospekt Azadlyg, Baku, AZ1010, Republic of Azerbaijan. <geoloq\_aydin@mail.ru>