

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
ИМ. Х.М.АБДУЛЛАЕВА**

*На правах рукописи*  
*УДК: 553.08:553.41(575.1)*

**КИМ МАРГАРИТА АЛЕКСЕЕВНА**

**ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА,  
ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИРИТА И  
АРСЕНОПИРИТА В ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-МЫШЬЯКОВИСТОМ  
МЕСТОРОЖДЕНИИ ДАУГЫЗТАУ**

**04.00.20 – Минералогия, кристаллография**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук**

**Ташкент – 2010**

Работа выполнена в Институте геологии и геофизики  
им. Х.М.Абдуллаева Академии наук Республики Узбекистан

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук  
**Дунин-Барковская Элеонора Ашотовна**

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук  
**Антонов Александр Евгеньевич**

кандидат геолого-минералогических наук  
**Королева Ирина Валентиновна**

Ведущая организация: **Научно-производственный центр «Геология  
благородных и цветных металлов» Госкомгеологии РУз**

Защита состоится «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г. в \_\_\_\_\_ часов на  
заседании Объединенного специализированного совета Д.025.04.01 в  
Институте геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева АН РУз по адресу:  
100041, г. Ташкент, ул. Олимлар, 49.

Тел.: (998-71)262-65-16, 262-68-05. Факс: (998-71)262-63-81.  
E-mail: ahusm@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института  
геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева АН РУз

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

Ученый секретарь  
Объединенного специализированного  
совета, канд.геол.-мин наук

**А.И.Усманов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

**Актуальность исследования.** В настоящее время, в связи с необходимостью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан, актуальны вовлечение в промышленную переработку труднообогатимых руд золото-сульфидно-мышьяковистых месторождений, поиски и разведка новых проявлений подобного типа. Труднообогатимые руды месторождения Кокпатас уже перерабатываются на горно-металлургическом заводе ГМЗ-3 с использованием бактериального окисления золотоносных сульфидов. В ближайшее время возможно вовлечение первичных руд месторождения Даугызтау в переработку аналогичным способом, поэтому детальное исследование формы нахождения золота и его распределения по составляющим рудокомпонентам имеет важное значение.

В золото-сульфидных месторождениях Западного Узбекистана пирит и арсенопирит являются ведущими рудными минералами и основными носителями различных форм золота, поэтому изучение их типоморфных особенностей имеет значение не только для разработки поисково-оценочных критериев на оруденение подобного типа, но и для выбора эффективных схем технологии обогащения руд.

**Степень изученности проблемы.** Минералого-геохимические особенности пирита и арсенопирита месторождения в разные годы изучали Г.М.Чеботарев, Ю.А.Казаченко, Е.М.Брадинская, Ч.Х.Арифлулов, Л.Н.Моргунова, С.Т.Бадалов, В.Ф.Проценко, Э.А.Дунин-Барковская и др. Работы по определению формы золота в сульфидах с использованием рационального химического анализа ранее проводили Ю.А.Казаченко и Е.М.Брадинская.

Несмотря на важность полученных результатов, тонковкрапленный характер сульфидной минерализации и тонкодисперсная форма золота в первичных рудах месторождения требуют для своего изучения широкого использования локальных методов. В связи с чем, детальное исследование по теме диссертации с широким применением электронно-микроскопического анализа представляется актуальным.

**Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.** Исследования по теме диссертации начаты с выполнения гранта ГКНТ К6-19 «Технология определения формы нахождения золота в сульфидно-мышьяковистых рудах Западного Узбекистана» (Э.А.Дунин-Барковская, А.А.Колдаев, Г.М.Чеботарева, М.А.Ким, 1996-1997 гг. (ИГиГ АН РУз)) по заказу НГМК. Эта работа продолжалась автором во время прохождения аспирантуры и в последующие годы работы в ИГиГ АН РУз, что нашло отражение в прикладных и фундаментальных отчетах лаборатории минералогии. Используя приобретенный опыт, участвовала в качестве аналитика в теме №898 «Минералогическая и геохимическая характеристика

проб-протолочек и образцов месторождения Даугызтау» (В.Д.Цой и др., 2010 г. (ИМР)).

**Целью настоящей работы** является изучение форм нахождения золота, типоморфных особенностей пирита и арсенопирита в первичных рудах месторождения Даугызтау для разработки поисковых критериев золотых руд даугызтауского типа.

**В задачи исследования** входили: 1) изучение минералов продуктивных парагенезисов; 2) выделение морфотипов пирита и арсенопирита с целью оценки их золотоносности; 3) выяснение кристаллохимических особенностей пирита и арсенопирита с использованием современных методов исследования (электронно-микронный и др.); 4) изучение форм нахождения золота в первичных рудах месторождения.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования является месторождение Даугызтау в Западном Узбекистане. Предметом исследования – формы нахождения золота в первичных рудах, типоморфные особенности пирита и арсенопирита.

**Методы исследования.** Использовались классические полевые и лабораторные методы минералогического исследования. Автором составлено 300 погонных метров разрезов масштаба 1:50, изучено 20 обнажений, отобрано 20 проб-протолочек, 40 минералогических проб, 150 образцов. Изучены 140 полированных шлифов, 20 прозрачных шлифов. Под бинокулярным микроскопом проведено изучение кристалломорфологии и размерности 970 кристаллов пирита и арсенопирита. Проведены опыты по растворению дробленной руды 6 проб в кислотах (HF, HCl) для выделения и изучения рудных минералов (пирит, арсенопирит).

Особенностью работы является широкое использование электронно-микронного метода исследования. За период 1998-2003 гг. выполнено 530 анализов, проведено 20 площадных и 10 линейных сканирований на элементы, получено 60 цифровых микрофотографий. Проведена компьютерная обработка результатов по программе парной корреляции. Из общего числа исследований – 300 выполнены автором лично в ИГиГ АН РУз, а 320 - в Музее Естественной Истории (Лондон) на образцах автора. Рентгеноструктурный анализ арсенопирита выполнен в ИГиГ АН РУз.

#### **Защищаемые положения:**

1. В первичных рудах месторождения Даугызтау золото присутствует в двух формах: самородное микронное (0,3-3 мкм) и преобладающее тонкодисперсное («невидимое»), концентрирующееся в пирите и арсенопирите. Для тонкодисперсного золота в сульфидах характерны: отсутствие связи с Ag, корреляция с As, значимые положительные связи с Sb и Te в пирите, в арсенопирите - зональное распределение

2. Присутствующие в рудных телах два генетических типа пирита - осадочно-метаморфогенный и рудообразующий гидротермального

происхождения - обладают типоморфными особенностями, выявленными с широким использованием электронного микроскопа. Для пирита ведущей продуктивной золото-арсенопирит-пиритовой минеральной ассоциации типоморфными особенностями являются: нестехиометричный состав, наличие нескольких морфотипов, отличающихся содержанием и распределением As, повышенная золотоносность наиболее мелкозернистых разновидностей.

3. Арсенопирит образует две генерации: I – в составе ведущей золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации и II - в полисульфидной ассоциации (редкий). Выявлены типоморфные кристаллохимические особенности арсенопирита I: сернистость состава (S/As – от 1,06 до 1,52), зональность строения, обусловленная стехиометрическими соотношениями между As, S и Fe и изоморфными замещениями между As и Sb, повышенная золотоносность игольчатого арсенопирита, по сравнению с призматическим.

4. Типоморфные особенности пирита и арсенопирита (кристалломорфология, размерность, химический состав, золотоносность) и формы нахождения золота в месторождении Даугызтау рекомендуются к использованию в качестве критериев поисков и обогатимости золотосодержащих руд даугызтауского типа.

**Научная новизна.** Установлены новые для месторождения минералы (герсдорфит, кобальтин, джемсонит, андорит, семсейит, миаргирит). Впервые для месторождения детально исследованы кристаллохимические особенности пирита и арсенопирита: 1) стехиометрические соотношения между основными компонентами; 2) распределение и корреляционные связи «невидимого» золота. Выделены новые морфотипы пирита и арсенопирита с оценкой их золотоносности. Выявлена ранняя метаморфогенно - гидротермальная пирит-сульфоарсенидная микроассоциация. По рентгенометрическим параметрам арсенопирита определены температурные условия формирования ведущей золото-арсенопирит-пиритовой минеральной ассоциации.

**Практическая значимость:** 1) изучены типоморфные особенности пирита и арсенопирита месторождения Даугызтау, на основе которых нами разработаны критерии поисков и обогатимости руд даугызтауского типа; 2) определены формы нахождения и распределения золота в пирите и арсенопирите для месторождения с «упорными» труднообогатимыми рудами, что важно при разработке технологии извлечения благородных металлов.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследования переданы к использованию в ГП НПЦ «Геология благородных и цветных металлов» (2009 г.), ГП «Даугызтауская ГРЭ» (2009 г.) и в ИМР (отдел технологии переработки минерального сырья ГП НИИМР) (2010 г.).

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались на научной конференции в ИГиГ АН РУз в 1998 г. и на Международном

Симпозиуме «Минеральные ресурсы и их эксплуатация» (Турция, Анкара, 2002).

**Публикации работы.** По теме диссертации опубликовано 13 научных статей и тезисов в тематических сборниках и журнале «Геология и минеральные ресурсы». 3 статьи опубликованы в России, Болгарии и Турции. Список публикаций приведен в приложении к автореферату.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы, насчитывающего 93 наименований. Работа содержит 91 страницы текста, 28 таблиц и 35 рисунков.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.г.-м.н. Э.А.Дунин-Барковской за помощь и ценные советы. Автор выражает благодарность за консультации и просмотр диссертации докторам г.м.-н. С.Т.Бадалову, В.Д.Цою, Р.И.Конееву, Р.А.Ахунджанову, кандидатам г.-м.н. А.А.Бабаджанову, М.А.Мирусманову, А.Х.Туресебекову, В.Ф.Проценко, С.М.Колосковой, зав. лаборатории физических и химических методов ИГиГ АН РУз к.хим.н. Д.В.Мухамеджановой - за содействие при выполнении работы, руководителю центра SERCAMS Р.Селтманну и сотрудникам Музея Естественной Истории (Лондон) - за помощь в выполнении электронно-микронных анализов.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении раскрываются актуальность темы, цели и задачи, научная новизна и значимость исследования, определены выносимые на защиту положения.

**Глава 1. «Геологическая характеристика района и месторождения».** Приводятся общие сведения по геологическому строению района и месторождения (стратиграфия, магматизм, тектоника), характеристика рудных тел. В основу описания положены геологические данные Е.Л.Спиридонова, Г.И.Журавлева, М.И.Тосбалтаева, К.М.Зань, В.В.Шкарупы, Г.В.Касавченко, Ф.Г.Бруханского, Ю.Н.Зверева, Э.В.Тарасова, Р.В.Цоя, В.Ф.Никифорова, Н.Я.Гурейкина, В.И.Григоренко и др.

Даугызтауское рудное поле размещается в пределах Джитымтау-Бельтауского района и приурочено к участку пересечения близмеридиональной Ясвай-Даугызтауской зоны дислокаций с близширотной Бельтау-Даугызтауской складчато-разрывной структурой. В геологическом строении района участвуют, в основном, осадочно-терригенные породы косманачинской толщи ( $E_3-O_2ks$ ) (пестрый бесапан), метаморфизованные на уровне зеленосланцевой субфации и перекрытые в незначительной своей части с угловым и стратиграфическим несогласием карбонатными образованиями ( $D_{1-2}$ ). Проявления магматизма в рудном поле

незначительны. Установленные на его флангах 3 дайки лампрофиров (керсантиты, спессартиты) и массив, отождествляемый с контактово-преобразованными породами или телами среднего-основного состава (Г.И.Журавлев и др., 1968-1971гг.), тяготеют к скрытым гранитным интрузивам. Среди тектонических структур выделяются две возрастные группы, связанные с герцинским складкообразованием (С<sub>2</sub>-Р<sub>1</sub>): более ранние по заложению субширотной ориентировки и наложенные субмеридиональные структуры.

Месторождение Даугызтау находится в восточной части Даугызтауского рудного поля. Оно расположено в пределах южного крыла и приосевой части близширотной одноименной синклинали и приурочено к узлу пересечения сопряженного с ней рудоконтролирующего Асаукаского и близмеридионального рудовмещающего Даугызтауского разломов. Отложения косманачинской толщи (Є<sub>3</sub>-О<sub>2</sub>ks) в пределах месторождения представлены, главным образом, песчаниками, алевролитами и их переходными разновидностями. Протяженность основной части месторождения определяется расстоянием между Центральной и Южной ветвями Асаукаского разлома и составляет 2 км. Ширина минерализованной зоны – 200-350 м, установленная глубина – 500-550 м. По структурно-морфологическому признаку месторождение относится к линейным минерализованным зонам дробления. Рудные тела лентообразной и линзообразной формы контролируются С-СВ нарушениями, в меньшей степени - С-СЗ и В-СВ разрывами и занимают секущее положение относительно складчатости. Выходы интрузивных пород на площади месторождения не установлены.

В приповерхностной части месторождения широко проявились экзогенные процессы, в результате которых по первичным рудам сформировались окисленные руды.

**Глава 2. «Характеристика руды месторождения Даугызтау».** На основе ранее проведенных исследований Ю.А.Казаченко, Е.М.Брадинской, Н.Я.Гурейкина, Ч.Х.Арифупова, Л.Н.Моргуновой, С.Т.Бадалова, Э.А.Дунин-Барковской и др., а также по авторским наблюдениям приводятся данные по вещественному и минеральному составу руд. Описана стадийность рудообразования.

На месторождении выделены два основных геолого-технологических типа руд: окисленные и первичные (сульфидные). В окисленных рудах большинство сульфидов распалось с образованием вторичных соединений и высвобождением связанного золота с переотложением его в самородной (амальгамируемой и цианируемой) форме.

Промышленную основу руд составляют их первичные (сульфидные) разновидности. В составе руды породообразующие и жильные минералы представлены, главным образом, гидрослюдами, кварцем, полевыми шпатами, менее распространены карбонаты, углистое вещество, рутил,

циркон, монацит и др. Среди рудных минералов главными являются пирит, арсенопирит, антимонит, второстепенными и редкими – сфалерит, блеклые руды, андорит, сульфоантимониты Pb, самородное золото и др. По вещественному составу руды месторождения могут быть отнесены к малосульфидному (Н.В.Петровская, 1967) золото-сульфидно-мышьяковистому типу. Большая часть золота (89%-94%) в рассеянной форме сосредоточена в сульфидах (пирит, арсенопирит). Пирит является основным носителем золота на месторождении. По данным разных авторов, в нем установлены содержания Au - до 85 г/т. Золотоносность арсенопирита обычно выше – 160-465 г/т. В рудных телах отмечается прямая корреляция между валовыми содержаниями Au и сульфидностью руд, а также между Au и As.

Для руды месторождения характерны мелко- и среднезернистая, гипидиоморфнозернистая и порфириовидная структуры. Многообразие текстур сводится к трем основным - вкрапленной, прожилковой, брекчиевидной и их сочетаниям.

Процесс формирования месторождения носил многостадийный характер. Исследованиями Н.Я.Гурейкина, Ч.Х.Арифиллова и др. (1976, 1979, 1982) в первичных рудах, в связи с гидротермальным процессом, выделены минеральные ассоциации, которые подтверждаются и нашими исследованиями: дорудная хлорит-кварцевая, прерудная серицит-кварцевая, ведущая продуктивная золото-арсенопирит-пиритовая, вкрапленно-прожилковая золото-полисульфидная с электрумом, антимонит-кварцевая, продуктивная на Ag, пострудная кварц-карбонатная. Для золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации характерны малокварцевый тонковкрапленный характер проявления в зонах березитоподобных метасоматитов. В составе золото-полисульфидной микроассоциации нами установлены барит, арсенопирит II, андорит, джемсонит, семсейит и миаргирит.

*К вопросу о генезисе руд.* Существует несколько точек зрения на генезис золотого оруденения ( и в частности месторождения Даугызтау) в Западном Узбекистане: осадочно-метаморфогенная, вулканогенно-гидротермальная, плутоногенно-гидротермальная, полигенная, полихронная и др. В свете последних представлений о проявлениях ультраосновного и основного магматизма в Центральных Кызылкумах (Т.Н.Далимов и др., 2010; Р.А.Ахунджанов и др., 2004; А.В.Головкин и др., 2005), автором выдвигается предположение о связи золотого оруденения в Центральных Кызылкумах с нижнекаменноугольным ультраосновным и основным магматизмом и о мантийном плюмовом происхождении рудообразующих гидротермальных растворов.

**Глава 3. «Типоморфные особенности пирита и арсенопирита».** Рассматриваются типоморфные особенности сульфидов, выявленные с широким использованием электронного микроскопа.

*Пирит* является ведущим рудным минералом в месторождении Даугызтау (80-90% в сульфидных фракциях). В рудных телах его содержание составляет в среднем – 5-6%. Минералого-геохимические особенности пирита в разные годы изучали Г.М.Чеботарев, Ю.А.Казаченко, Е.М.Брадинская, Ч.Х.Арифлулов, Л.Н.Моргунова, С.Т.Бадалов, В.Ф.Проценко, Э.А.Дунин-Барковская и др.

Пирит представлен двумя генетическими типами: 1) осадочно-метаморфогенным и 2) гидротермального происхождения. Осадочно-метаморфогенный пирит образует послойные линзовидные и гнездовые мелкозернистые скопления, фрамбоидальные и др. формы, устанавливается в виде включений в гидротермальных сульфидах. Нашими исследованиями в разных морфогенотипах установлены выделения сфалерита, блеклой руды, джемсонита, герсдорфита, кобальтина и андорита (во фрамбоидах). Электронно-микронным анализом определены повышенные концентрации Ni (до 1%) и Co (до 3%), в единичных случаях – Au (до 0,06%), обогащение As (до 2%), по-видимому, происходит в разновидностях, в различной степени испытавших влияние гидротермальных растворов.

Гидротермальный пирит представлен несколькими генерациями. Пирит II и III ведущей золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации образует подавляющую часть пиритовой минерализации в рудных телах (98-99%). Совместно с арсенопиритом он развивается в виде тонкой вкрапленности в гидротермально-измененных породах. Размер отдельных выделений - от 0,01мм до 0,5 мм, редко – до 1 мм. Хорошо сформированные метакристаллы пентагондодекаэдрического или кубического габитуса имеют зональное строение и содержат протогенетические (кварц, серицит, карбонат, осадочно-диагенетический пирит и др.) и сингенетические (арсенопирит, золото) включения, наложенные выделения фрейбергита, сфалерита, тетраэдрита, андорита, сульфоантимонитов Pb (цинкениит, джемсонит) и электрума (редко).

Для пирита II и III характерны пониженные содержания S и Fe и высокие концентрации примеси As, устанавливаемого при электронно-микронном анализе до 7%. Статистическими методами выявлены высокие отрицательные коэффициенты парной корреляции между As и S (-0,98), As и Fe (-0,7). Нами выделены три морфологических типа пирита II и III генераций, отличающихся размерностью, содержанием и распределением As: 1) относительно крупнозернистый (до 500 мкм, редко до 1 мм) грубозональный пентагондодекаэдрического или кубического габитуса с содержаниями As – <0,01-4,3%, характерный для малосульфидных и периферийных зон рудных тел; 2) более мелкозернистый тонкозональный кубического габитуса, с содержаниями As - 1,4-4,3%, преобладающий в центральных частях рудных тел; 3) наиболее мелкозернистые (5-30 мкм) высокомышьяковистые (As - 3-7%) разновидности в форме куба, часто притупленного по вершинам гранями октаэдра. В последних двух

морфотипах, наряду с зональным, устанавливается и секториальное распределение As с преимущественным осаждением его на гранях куба.

По экспериментальным данным, растворимость As в пирите максимальна при низких температурах (8% при 100°C) и падает примерно до 1% при 300°C (Neuhaus, 1942; Clark, 1966). Если предположить, что пересыщение рудообразующего флюида произошло вследствие понижения температуры, то, возможно, наиболее мелкозернистые высокомышьяковистые разновидности (As -3-7%), отнесенные нами к III генерации продуктивного пирита, являются более поздними по времени образования, по сравнению с другими выделенными морфотипами.

Электронно-микронным анализом в пирите II и III установлены элементы-примеси (до %): Ni – 0,17; Co – 0,04; Cu – 0,09; Sb – 0,06; Se – 0,04; Ag – 0,07; Au – 0,09 и Te – 0,05. Повышенные содержания Cu, Ni и Au отмечаются в пирите III, в котором значимая положительная связь между Cu и As (0,39), возможно, указывает на присутствие части избыточного мышьяка в виде наноразмерных включений соединения типа домейкита ( $Cu_3As$ ).

Пирит IV золото-полисульфидной ассоциации редок. Типоморфными особенностями для него являются: ассоциация с поздними сульфидами (фрейбергит, сфалерит, электрум, арсенопирит II) в карбонат (доломит, анкерит)-кварцевых микропрожилках, микронный размер выделений (<20 мкм), морфологическое разнообразие (кубы, иногда зональные, футлярообразные и ксеноморфные образования), контрастные содержания As (0,45-6%) с преимущественным концентрированием его в центральных частях зональных кристаллов, элементы-примеси (до %): Ni – 0,03; Cu – 0,05; Te – 0,03; и Ag – 0,03; содержания Co, Sb и Se < 0,01%. Концентрации Au, по данным 14 измерений, ниже чувствительности метода (<0,03%).

Пирит V антимонит-кварцевой ассоциации образует редкие идиоморфные кристаллы в форме куба и их сростки в кварцевых жилах с антимонитом. Размер отдельных выделений - < 0,3 мм. Для пирита V характерны ещё более низкие содержания As (<0,33%), единичные локальные концентрации Au - до 0,06%, примеси (до %): Cu- 0,05; Ni – 0,11; Co- 0,09; Sb- 0,06; Se – 0,02; Ag- 0,02.

*Арсенопирит* – второй по распространенности и значению рудный минерал в месторождении Даугызтау. По данным разных авторов, его содержания в рудных телах изменяются от 0,05% до 1,50%, составляя в среднем – 0,4-0,6%. Сведения по типоморфным особенностям арсенопирита месторождения можно найти в работах Г.М.Чеботарева, Ю.А. Казаченко, Е.М.Брадинской, Ч.Х.Арифлулова, Э.А.Дунин-Барковской и др.

Нами выделены две генерации: 1) арсенопирит I ведущей золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации и 2) арсенопирит II полисульфидной ассоциации. Арсенопирит I составляет подавляющую часть арсенопиритовой минерализации. Совместно с пиритом II и III он образует тонкую метавкрапленность в гидротермально-измененных породах, реже отмечается

в кварц-карбонатных прожилках. Размер отдельных выделений - 0,005-0,5 мм, реже – до 1 мм. Наиболее характерная форма проявления - хорошо сформированные одиночные метакристаллы призматического, удлиненно-призматического и игольчатого облика с ромбовидным сечением. Метакристаллы содержат протогенетические включения кварца, серицита, осадочно-диагенетического пирита и др., наложенные по трещинкам выделения сфалерита, фрейбергита, тетраэдрита, андорита, сульфоантимонитов Pb (цинкениит, джемсонит), электрума и др. С пиритом II и III арсенопирит I часто сростается, обрастает его или сам образует в нем идиоморфные включения. Нами выявлена закономерность в распространении морфологических типов арсенопирита I. Призматические кристаллы обычно ассоциируют с относительно крупнозернистым (размером до 0,5-1 мм) пиритом II и III пентагондодекаэдрического и кубического габитуса в малосульфидных участках рудных тел. Игольчатые разновидности отмечаются совместно с тонкозональным пиритом II и III кубического габитуса в более богатых рудах.

Для арсенопирита I характерна нестехиометричность состава. По данным электронно-микронного анализа, морфотипы несколько отличаются по среднему содержанию основных компонентов: в призматических кристаллах (%): S – 21,86; Fe - 37,15 и As – 40,71, в игольчатых разновидностях (%): S – 21,58, Fe – 35,85 и As – 42,45. Среднее значение S/As в призматических кристаллах выше (1,26), чем в игольчатых (1,19). Установлено зональное распределение основных компонентов: в центральной части кристаллов концентрации S и Fe выше, а As – ниже, чем во внешней зоне. Выявлены высокие отрицательные коэффициенты парной корреляции для S и As (-0,907), Fe и As (-0,73) и значимая положительная связь между Fe и S (0,76).

В арсенопирите I постоянно устанавливается примесь Sb – до 0,34% и её зональное распределение: в центральной части кристаллов содержания Sb выше и изменяются от 0,1 до 0,34%, тогда как во внешней зоне они не превышают 0,079%. Значимая отрицательная связь между Sb и As (-0,74), указывает на изоморфное замещение между этими элементами, а положительные коэффициенты парной корреляции Sb с S (0,77) и Sb с Fe (0,77) – на приуроченность её к участкам арсенопирита, обогащенным этими элементами. Локальные концентрации других элементов-примесей в арсенопирите I достигают в отдельных точках (%): Cu -0,1; Ni -0,22; Co -0,04; Se -0,08; Ag -0,08; Te – 0,05 и Au -0,23.

По рентгенометрическим параметрам арсенопирита установлено, что призматические кристаллы с невысоким содержанием золота из метасоматитов имеют  $T^{\circ}$  кристаллизации – 300°C и немного ниже 300°C. Игольчатый арсенопирит формировался при температуре ниже 300°C. Полученные данные согласуются с результатами термобарогеохимических исследований Н.Я.Гурейкина, Ч.Х.Арифлулова и др. (1979), Э.А.Дунин-

Барковской и др. (2003). Сделан вывод о средне-низкотемпературных условиях рудообразования на месторождении Даугызтау - 300°-170°С.

Арсенопирит II полисульфидной ассоциации крайне редок. Он образует мельчайшие (< 5 мкм) идиоморфные кристаллы с ромбовидным сечением. Ассоциирует с пиритом IV, фрейбергитом и электрумом в карбонат-кварцевых микропрожилках, характеризуется сернистостью состава.

Типоморфные особенности пирита и арсенопирита свидетельствуют о средне-низкотемпературных условиях рудообразования и позволяют определить поведение основных рудообразующих химических элементов в гидротермальных флюидах, сформировавших месторождение Даугызтау: обогащение сернистых железосодержащих растворов As и Au в первой продуктивной стадии (~300°С), специализация более низкотемпературных флюидов на Ag, Sb, Cu, Zn, Au, Pb и др.

**Глава 4. «Формы нахождения золота в первичных рудах (по данным электронно-микронного исследования)».** Автор исследовал формы нахождения, распределение и свойства золота в рудах. Особое внимание уделено «невидимому» золоту в сульфидах.

В связи с рудообразующим гидротермальным процессом автором выделены: 1) золото I ведущей продуктивной золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации, представленное двумя формами: а) тонкодисперсное, концентрирующееся в пирите II и III и арсенопирите I; б) мельчайшие (размер – 0,3-3 мкм) комковатые золотины пробностью 980-1000‰, встреченные в породе и сульфидах; 2) микронное золото II (электрум) золото-полисульфидной ассоциации, отмеченное в ассоциации с фрейбергитом и сфалеритом в карбонат (доломит, анкерит)-кварцевых микропрожилках и в виде наложенных выделений в продуктивных сульфидах и пирите IV.

Видимые золотины в пирите II и III и арсенопирите I крайне редки и повышенная золотоносность последних обусловлена, главным образом, присутствием в них тонкодисперсного «невидимого» золота, не обнаруживаемого с помощью оптической и электронной микроскопии. Согласно принятой классификации (И.Г.Моисеенко, 2008), «невидимое» золото может быть представлено пико- и наноразмерными формами и находиться в сульфидах в самородной или в химически-связанной форме (А.Д.Генкин и др., 1998; L.J.Cabri, M.Newville et al, 2000 и др. ).

Измерение “невидимого” золота в сульфидах месторождения Даугызтау нами проводилось при условиях съемки: V= 20 kV, I= 100 nA и V= 20 kV, I = 50 nA с соответствующими пределами обнаружения Au - 235 г/т и 330 г/т. В пирите II и III установлены содержания Au до 0,09% (рис.1).

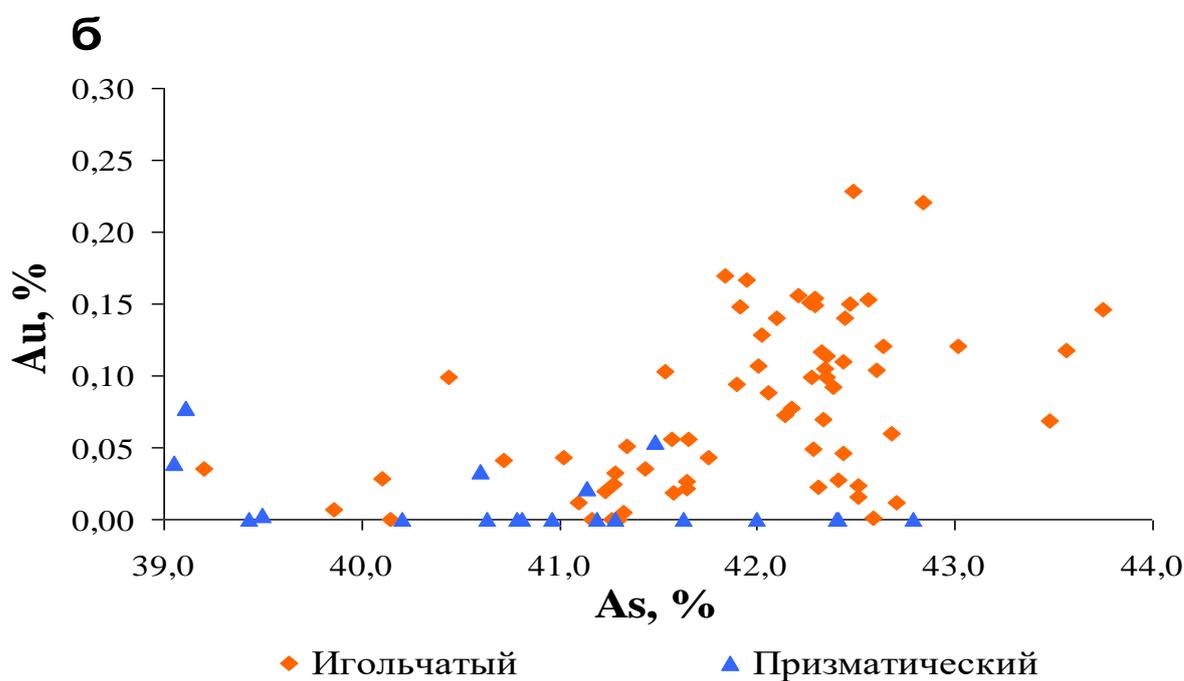
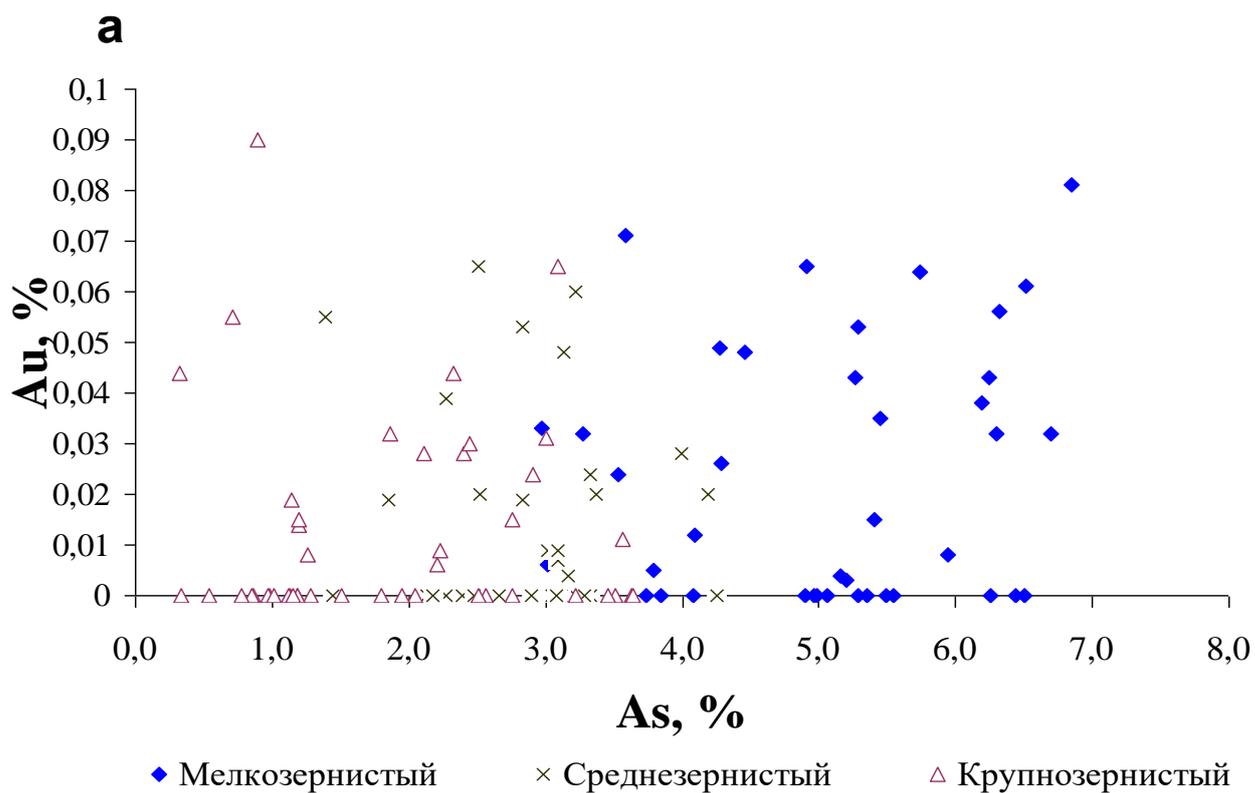


Рис. 1. Зависимость между содержаниями «невидимого» Au и As, по данным электронно-микронзондового анализа: а - в пирите, б - в арсенопирите. Месторождение Даугызтау. \* - анализы выполнены на микронзонде Cameca SX50 в Музее Естественной Природы (Лондон).

Прямая корреляция между As и Au в отдельных кристаллах устанавливается не во всех случаях. Статистически значимая положительная связь между этими элементами, выявленная при обобщении результатов анализа, обусловлена, главным образом, повышенной золотоносностью высокомышьяковистого пирита III, в котором значимые положительные коэффициенты парной корреляции Au с Te (0,39) и Au с Sb (0,41) свидетельствуют, по-видимому, о присутствии наноразмерных группировок данных элементов, возможно, ауростибита и теллуридов золота. Ранее аналогичные соединения уже установлены другими исследователями на золоторудных месторождениях региона – Мурунтау, Мютенбай и др. (Р.И.Конеев, 2006).

В арсенопирите I определены локальные концентрации Au - до 0,23% (рис.1). Повышенно-золотоносными оказались игольчатые разновидности. Большая часть достоверных результатов получена при анализе внешних зон кристаллов, тогда как в центральной части большинство определений оказалось ниже предела обнаружения метода (<0,03%) (рис.2).

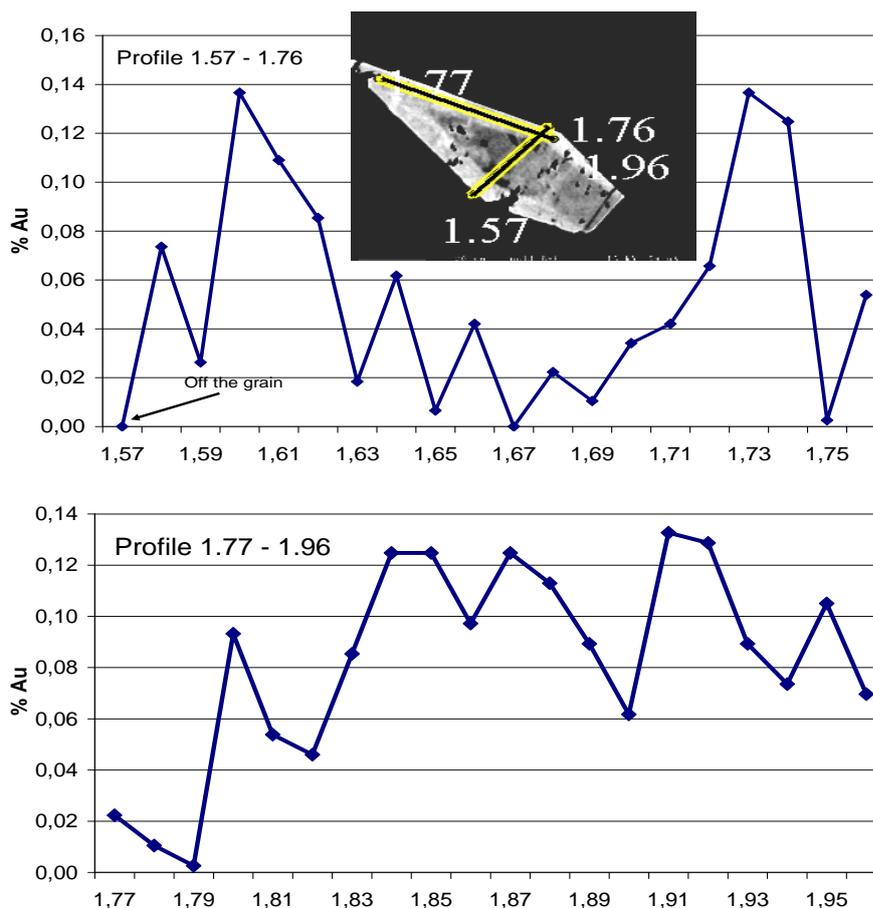


Рис. 2. Графики линейного сканирования на золото в зональном кристалле арсенопирита месторождения Даугызтау. Анализы выполнены на электронном микронзонде Cameca SX50 в Музее Естественной Природы, (Лондон).

Выявленная корреляция между Au и As в пирите II-III и арсенопирите I указывает на проявление геохимической связи между этими элементами в процессе рудообразования, обусловившую синхронное отложение Au и As в виде примеси в пирите и образование высокозолотоносного арсенопирита. Последовательность выделения сульфидов главной продуктивной ассоциации (пирит → арсенопирит), зональное распределение в них Au и As (повышенная мышьяковистость краевых зон кристаллов пирита и арсенопирита, повышенная золотоносность краевых зон кристаллов арсенопирита) и позднее отложение высокопробного самородного золота в конце формирования этой ассоциации показывают постепенное увеличение во флюидах содержаний Au и As. Во второй стадии рудообразующие растворы были обогащены преимущественно Ag, Sb, Cu, Zn и др., Au с Ag образуют совместное соединение - электрум.

**Глава 5. «Критерии поисков и обогатимости руд даугызтауского типа».** Для разработки критерии поисков на даугызтауский тип оруденения проведено сравнение типоморфных особенностей пирита и арсенопирита ведущих продуктивных минеральных ассоциаций золото-сульфидных месторождений Западного Узбекистана (таблица 1). Среди последних выделяются два основных типа: с золото-арсенопирит-пиритовым прожилково-вкрапленным оруденением (Даугызтау, Кокпатас и др.) и золото-пиритовый колчеданный тип (Амантайтау). Особенностью руд месторождения Даугызтау является малокварцевый тонковкрапленный тип оруденения.

Проведенное исследование позволило выявить ряд общих черт продуктивных сульфидов, включающих особенности морфологии и химического состава, повышенную золотоносность, мышьяковистость пирита и сернистость арсенопирита. Основные отличительные особенности арсенопирит-пиритовой минерализации на описываемых месторождениях касаются степени сульфидности и текстурных особенностей руд, набора и полноты развития парагенетических ассоциаций, соотношения различных форм золота, состава и характера рудных включений и выделений в продуктивных сульфидах, зависящих от конкретных условий рудообразования.

*Поисковые признаки и критерии обогатимости руд.* В качестве прямых поисковых признаков на даугызтауский (малокварцевый тонковкрапленный с преобладанием «невидимой» формы нахождения золота в сульфидах) тип оруденения нами выделяются: 1) наличие двух золотопродуктивных минеральных ассоциаций: ведущей прожилково-вкрапленной золото-арсенопирит-пиритовой и золото-полисульфидной микроассоциации, отмечаемой в виде редкой вкрапленности пирита, арсенопирита, сфалерита, фрейбергита, электрума, халькостибита и др. в породе или в карбонат-кварцевых прожилках; 2) типоморфные особенности

Таблица 1

Типоморфные особенности пирита и арсенопирита ведущих продуктивных минеральных ассоциаций месторождений Узбекистана (по данным Ю.А.Казаченко, М.Брадинской, Ч.Х.Арифурова, Н.Я. Гурейкина, А.М. Гаврилова, С.Я. Клемперта, М.Г.Чеботарева, Э.А.Дунин-Барковской, М.А.Ким и др.)

Месторождение	Даугызтау	Кокпатас	Амантайтау
<b>ПИРИТ</b>			
Содержание в руде	3,0-9,0%	1,5-14%	от долей % до 95% в колчеданных телах
Минеральная ассоциация	Золото-арсенопирит-пиритовая	Золото-арсенопирит-пиритовая	Золото-арсенопирит-пиритовая и регенерированная золото-пирит-арсенопиритовая
Морфология кристаллов	Зональные кристаллы кубического и пентагондодекаэдрического габитуса размером 5-500 мкм, редко до 1 мм		
Форма проявления	Вкрапленность, просечки, цепочечные выделения, мелкие гнездовые скопления	Вкрапленность, просечки, цепочечные выделения, гнездовые и агрегативные скопления	Сплошные колчеданные тела тонкозернистого и колломорфного строения, вкрапленность, просечки, прожилки
Форма нахождения Au (выделена преобладающая)	«Невидимое», микронное самородное	«Невидимое», микронное самородное	Самородное микронное, «невидимое»
Включения и выделения рудных минералов	Арсенопирит, сфалерит, фрейбергит, тетраэдрит, андорит, семсейит (?), джемсонит, золото и др.	Арсенопирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, блеклая руда, самородное золото и др.	Арсенопирит, самородное золото, блеклая руда, сфалерит, пирротин, халькопирит и др.
Элементы-примеси (вес.%) по данным электронно-микронного анализа	As- 0,3-6,9, Ni - <0,17, Co - <0,04, Cu - <0,09, Sb - <0,06, Se- <0,04, Te - <0,05, Ag - <0,06, Au - < 0,08	As- 0,03-7,77, Ni - <0,19, Co - <0,07, Cu - <0,13, Sb - < 0,05, Se - <0,04, Te - <0,05, Ag - <0,08, Au - <0,05	As- 1,25-3,48, Ni - <0,01, Co - 0,01, Cu- 0,01-0,02, Se- 0,02-0,09, Au - < 0,04, Sn- 0,01-0,05, Pb - < 0,01

Место-рождение	Даугызтау	Кокпатас		Амантайтау	
<b>АРСЕНОПИРИТ</b>					
Содержание в руде	0,4-0,6%	1-8%		0,5%	
Минеральная ассоциация	Золото-арсенопирит-пиритовая	Золото-арсенопирит-пиритовая	Кварц-карбонат-золото-арсенопиритовая	Золото-арсенопирит-пиритовая	Золото-пирит-арсенопиритовая
Морфология	Призматические и игольчатые, часто зональные, размером 10-500мкм, редко до 1 мм	Призматические, размером 10-500 мкм, редко до 1 мм	Удлиненно-призматические и игольчатые, размером до 1,5 мм, зональные	Микронные изометричные	Призматические и игольчатые, размером до 1 мм
Форма проявления	Вкрапленность и просечки	Вкрапленность, просечки и кустовые скопления	Обособленные от пирита вкрапленность и скопления	Редкие включения в пирите	Вкрапленность и просечки
Основные компоненты (%) по данным электронно-микроспектроскопического анализа	Призматический: Fe-36,56, S- 22,41, As- 40,92, S/As-1,28 Игольчатый: Fe-35,85, S- 21,58, As- 42,45, S/As-1,19	Fe- 36,72 S- 23,58 As- 40,95 S /As-1,35	Fe-35,99 S- 21,80 As- 43,11 S /As-1,19	Fe-35,17 S- 22,74 As-42,61 S /As-1,24	Fe- 33,78-35,41, S- 20,07-22,65, As- 43,87-45,90, S /As-1,03-1,20
Форма нахождения Au (выделена преобладающая)	«Невидимое», самородное	«Невидимое», самородное	«Невидимое», самородное	«Невидимое»	«Невидимое», самородное
Включения и выделения рудных минералов	Пирит, сфалерит, фрейбергит, андорит, тетраэдрит, джемсонит, семсейит, золото	Пирротин, халькопирит, сфалерит, блеклая руда, золото и др.	Сфалерит, блеклая руда, золото и др.		Блеклая руда, сфалерит, пирротин, халькопирит, золото и др.

Месторождение	Даугызтау	Кокпатас		Амантайтау
Элементы-примеси (вес.%) по данным электронно-микронзондового анализа	Cu- <0,11, Ni- <0,22, Co- <0,04, Zn- <0,02, Sb- <0,35, Ag- <0,08, Se- <0,08, Te- <0,05, Au - <0,23	Cu- <0,05, Ni- <0,07, Co- <0,05, Zn- <0,03, Sb- <0,04, Ag- <0,03, Se- <0,03, Te- <0,03, Au- <0,06	Cu - <0,1, Ni- <0,68, Co- <0,06, Zn- <0,04, Sb- <0,14, Ag- <0,07, Se- <0,08, Te- <0,04, Au- <0,39	Cu - <0,1, Ni - 0,02-0,04, Co- <0,01, Pb- 0,02, Zn - 0,02, Au: арсенопирит I - 0,03-0,28, арсенопирит II - 0,19-0,37

пирита и арсенопирита ведущей продуктивной минеральной ассоциации. К косвенным поисковым критериям относятся: 1) ранние метасоматиты кварц-хлоритовой стадии; 2) гидротермально-измененные породы березитового типа с вкрапленностью пирита; 3) наличие 3-ей стадии рудного процесса - кварц-антимонитовой минерализации, малопродуктивной на золото; 4) наличие кварц-карбонатных прожилков, образовавшихся в заключительные стадии рудообразующего процесса. Критериями обогатимости золото-сульфидно-мышьяковистых руд даугызтауского типа являются: 1) малокварцевый тонковкрапленный тип оруденения; 2) преобладание «невидимой» формы нахождения золота в сульфидах (пирит, арсенопирит).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для месторождения проведены детальные исследования форм нахождения золота и типоморфных особенностей пирита и арсенопирита с широким использованием электронно-микронзондового метода, которые позволили сделать следующие выводы:

I. Выделены: 1) золото I ведущей золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации, представленное двумя формами: а) преобладающее тонкодисперсное, концентрирующееся в пирите и арсенопирите; б) высокопробное микронное самородное (1-3 мкм); 2) редкое микронное золото II (электрум), ассоциирующее с фрейбергитом и сфалеритом. Для тонкодисперсного золота в сульфидах характерны отсутствие связи с Ag, зональное распределение в арсенопирите. Корреляция между Au и As указывает на геохимическую связь между этими элементами в процессе рудообразования. Выявленные значимые положительные коэффициенты парной корреляции Au с Te (0,39) и Au с Sb (0,41) свидетельствуют, по видимому, о присутствии части тонкорассеянного золота в сульфидах в виде

наноразмерных группировок данных элементов, возможно, ауристита и теллуридов золота.

II. Пирит представлен двумя генетическими типами: осадочно-метаморфогенным и рудообразующим гидротермального происхождения. Для осадочно-метаморфогенных форм типоморфными особенностями являются: морфологическое разнообразие (линзовидные и гнездовидные мелкозернистые скопления, фрамбоиды и др), концентрирование Ni и Co, низкие содержания As, единичные локальные концентрации Au до 0,06% (во фрамбоидном пирите), выделения сфалерита, тетраэдрита, джемсонита, герсдорфита, кобальтина и андорита (во фрамбоидах).

III. Для пирита II и III ведущей золото-арсенопирит-пиритовой ассоциации типоморфными особенностями являются: пентагондодекаэдрический и кубический габитус, зональность строения, нестехиометричность состава, высокие содержания примеси As (до 7%), наличие нескольких морфотипов, отличающихся размерностью, содержанием и распределением As, локальные концентрации примесей: Ni – до 0,17%, Co – до 0,04%, Cu – до 0,09%, Sb – до 0,06%, Se – до 0,04%, Te – до 0,05%, Ag – до 0,06%, Au – до 0,09%, повышенная золотоносность наиболее мелкозернистого и высокомышьяковистого пирита III, включения и выделения арсенопирита, фрейбергита, сфалерита, тетраэдрита, андорита, сульфоантимонитов Pb (цинкениит, джемсонит), редко – золота.

Пирит IV золото-полисульфидной и пирит V антимонит-кварцевой ассоциаций редки и имеют значение поисковых признаков. Они отмечаются в кварцевых и карбонат-кварцевых жилах и прожилках в ассоциации с арсенопиритом II, фрейбергитом, электрумом, антимонитом и др. минералами. Характеризуются более низкими содержаниями As и Au.

IV. Выделены две генерации арсенопирита: I – в ведущей золото-арсенопирит-пиритовой и II – в золото-полисульфидной (редкий) ассоциациях. Для арсенопирита I типоморфными особенностями являются: игольчатый и призматический облик, зональность строения, обусловленная стехиометрическими соотношениями между S, Fe и As и изоморфными замещениями между Sb и As, сернистость состава ( $S/As > 1$ ), локальные концентрации примесей: Sb – до 0,34%, Ni – до 0,15%, Co – до 0,04%, Cu – до 0,06%, Se – до 0,08%, Te – до 0,04%, Ag – до 0,09%, Au – до 0,23%, повышенная золотоносность игольчатых кристаллов, включения и выделения пирита, фрейбергита, тетраэдрита, сфалерита, андорита, цинкениита, джемсонита, редко – золота.

Для арсенопирита II характерны микронный размер выделений ( $< 5$  мкм), призматический габитус, ассоциация с пиритом IV, фрейбергитом и электрумом в карбонат-кварцевых микропрожилках, сернистость состава.

V. Изученные типоморфные особенности пирита и арсенопирита свидетельствуют о средне-низкотемпературных условиях рудообразования и позволяют определить поведение основных рудообразующих химических

элементов в гидротермальных флюидах, сформировавших месторождение Даугызтау: геохимическая связь между As и Au в сернистых и железосодержащих флюидах первой продуктивной стадии, обусловившая повышенную золотоносность высокомышьяковистого пирита и образование золотоносного арсенопирита, специализация более низкотемпературных флюидов на Ag, Sb, Cu, Zn, Au, Pb и др. элементы при совместном осаждении Au и Ag в виде электрума.

VI. В качестве прямых поисковых критериев на даугызтауский тип оруденения выделены проявления двух золотопродуктивных минеральных ассоциаций (ведущая прожилково-вкрапленная золото-арсенопирит-пиритовая, неведущая золото-полисульфидная) и типоморфные особенности продуктивных пирита и арсенопирита. Косвенными критериями являются: 1) ранняя кварц-хлоритовая ассоциация и гидротермально-измененные породы березитового типа с вкрапленностью пирита; 2) наличие кварц-антимонитовой минерализации; 3) пострудные кварц-карбонатные прожилки. Критериями обогатимости золото-сульфидно-мышьяковистых руд даугызтауского типа являются: 1) малокварцевый тонковкрапленный тип оруденения; 2) преобладание «невидимой» формы нахождения золота в сульфидах (пирит, арсенопирит).

#### **Практические рекомендации:**

- Изученные формы нахождения золота и типоморфные особенности пирита и арсенопирита, а также установленные нами на их основе критерии поисков и обогатимости руд даугызтауского типа могут быть использованы при поисках и оценке золотого оруденения и в качестве основы для выбора технологии переработки «упорных» руд. Материалы исследования рекомендуется использовать в педагогическом процессе на лекциях и практических занятиях по минералогии в высших учебных заведениях.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Дунин-Барковская Е.А., Ким М.А. Арсенопирит золоторудных месторождений в осадочно-терригенных породах Западного Узбекистана// Тез. научно-технич. конф. «Актуальные проблемы освоения месторождений полезных ископаемых» (Ташкент, 22-24 октября 2001 г.). - Ташкент: ФАН, 2001. – С.76-78.

2. Ким М.А. Золотоносные пирит и арсенопирит месторождения Даугызтау (Центральные Кызылкумы, Западный Узбекистан)//Материалы научн. конф. «Современные проблемы металлогении» (Ташкент, 11-12 сентября 2002 г.). – Ташкент: ФАН, 2002. – С.173-174.

3. Graupner T. et al Morphology, distribution and chemistry of Au and associated minerals im sulphide-poor and sulphide-rich orogenic Au deposits of the Southern Tien-Shan: a microscopic, cathodoluminescence and microprobe

study/ Graupner T, Seltnann R., Williams C.T., Wilkinson J.J., Kim M.A.// Тр.Междун.научно-практич.конф.«Проблемы рудных месторождений и повышения эффективности геологоразведочных работ» (Ташкент, 21-24 октября 2003 г.).- Ташкент: ИМР, 2003. – С.339-342.

4. Ахунджанов Р.А. и др. Rb-Sr-возраст и генезис калиевых базит-ультрабазитовых образований Кокпатасского рудного поля (Южный Букантау, Западный Узбекистан)/ Ахунджанов Р.А., Головкин А.В., Сайдыганиев С.С., Усманов А.И., Ким М.А.// Геология и минеральные ресурсы.- 2004.- №3.- С.20-35.

5. Дунин-Барковская Э.А. и др. Видимое и невидимое золото в рудообразующих системах фанерозоя Тянь-Шаня/ Дунин-Барковская Э.А., Чеботарева Г.П., Колдаев А.А. Арипов У.К., Ким М.А.// В сб. «Проблемы геологии фанерозоя Тянь-Шаня» – Ташкент: НУУз, 2004. – вып.2. – С.200-209.

6. Дунин-Барковская Э.А. и др. Геохимия и минералогия мышьяка в золоторудных месторождениях Западного Узбекистана/Дунин-Барковская Э.А., Колоскова С.М., Ким М.А., Цой Л.А.//Материалы научн. конф. «Магматические, метасоматические формации и связанное с ними оруденение» (Ташкент, 3-5 мая 2005 г.). – Ташкент: Fan va texnologiya, 2005. – С.101-107.

7. Дунин-Барковская Э.А. и др. Минералого-технологическая характеристика золота/ Дунин-Барковская Э.А., Чеботарева Г.П., Колдаев А.А., Ким М.А.// Материалы республ.научн.-техн.семинара «Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана» (Ташкент, 3-4 октября 2005 г.). – Ташкент, 2005.- С.30-34.

8. Ким М.А.Тонкодисперсное золото в золотоносных пирите и арсенопирите месторождений Кокпатас и Даугызтау// Геология и минеральные ресурсы.- 2005.- №6.- С.26-29.

9. Dunin-Barkovskaya E.A. et al. Mineralogical features and ore-forming conditions of gold-bearing deposits of Uzbekistan/ Dunin-Barkovskaya E.A., Aripov U.K., Tsoy L.A., Kim M.A.// Proceedings of the 2005 Field Workshop (Kiten, Bulgaria, 14-19 September 2005). – Sofia, 2005. – pp. 69-74.

10. Дунин-Барковская Э.А., Ким М.А. Типоморфные особенности пирита золоторудных месторождений Кызылкумов, как критерий их рудноформационной принадлежности// Материалы Междун.конф. «Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования месторождений полезных ископаемых» (Ташкент, 1-4 ноября 2006г.). – Ташкент: ФАН, 2006. – С.107-111.

11. Dunin-Barkovskaya E.A. et al. Gold deposits of Uzbekistan: arsenic mineralogical and geochemical features/ Dunin-Barkovskaya E.A., Koloskova S.M., Kim M.A.// Proceedings of the 2006 Field Workshop (Izmir, Turkey, 24-29 September 2006). – Izmir, 2006. – pp.54-59.

12. Ким М.А., Дунин-Барковская Э.А. Формы нахождения благородных металлов в золото-сульфидно-мышьяковистом месторождении Даугызтау// Материалы научн. конф. «Актуальные проблемы геологии и геофизики» (Ташкент, 4-6 сентября 2007 г.). – Ташкент: ФАН, 2007. – Т. II. – С.33-37.

13. Дунин-Барковская Э.А., Ким М.А., Колоскова С.М. Некоторые аспекты наногеохимии золота и сопутствующих элементов в золоторудных месторождениях Западного Узбекистана// Материалы международн. конф. «Наногеохимия золота» (Владивосток, 14-16 апреля 2008 г.). – Владивосток: Дальнаука, 2008. – С. 83-92.

Геология-минералогия фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Ким Маргарита Алексеевнанинг 04.00.20 “Минералогия ва кристаллография” ихтисослиги бўйича “Довғизтов олтин-сульфид-маргимушли конида олтиннинг учраш шакллари, пирит ва арсенопиритнинг типоморф хусусиятлари” мавзусидаги диссертациясининг

## РЕЗЮМЕСИ

**Таянч сўзлар:** олтиннинг учраш шакллар, пирит, арсенопирит, типоморф хусусиятлар, минерал уюшмалар, электрон микрозонд, қидирув белгилари

**Тадқиқот объекти:** Ғарбий Ўзбекистондаги олтин-сульфид-маргимушли Довғизтов кони.

**Ишнинг мақсади:** олтиннинг учраш шакллари, довғизтов турдаги маъданларни қидириш-баҳолаш белгиларини ишлаб чиқиш учун бириламчи маъданларда пирит ва арсенопиритнинг типоморф хусусиятларини ўрганиш.

**Тадқиқот методлари:** минералогик тадқиқотларнинг анъанавий дала ва лаборатория усуллари, электрон-микрозонд ва рентгеноструктуравий таҳлиллар.

**Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:** 1) кон учун янги минералар аниқланди; 2) биринчи марта кон учун пирит ва арсенопиритни типоморф кристаллохимий хусусиятлари ўрганилди; 3) сульфидларни янги морфотурлари ажратилиб, уларнинг олтиндорлиги баҳоланди; 4) эртанги метаморфоген-гидротермал пирит-сульфоарсенид микроассоциация аниқланди; 5) довғизтов турдаги олтин маъданлари учун қидирув мезонлари ишлаб чиқилди.

**Амалий аҳамияти:** тадқиқот натижаларидан геологик-қидирув ишлари амалиётида, шунингдек нодир металлларни “қийин бойитиладиган” маъданлардан ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқиш учун асос сифатида фойдаланиш мумкин.

**Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги:** тадқиқот натижалари “Нодир ва рангли металллар геологияси” ДК ИИЧМ, “Довғизтов ГҚЭ” ДК ва МРИ-ларга фойдаланиш учун тақдим этилди.

**Қўлланиш соҳаси:** фан ва ишлаб чиқаришнинг геология

## РЕЗЮМЕ

диссертация Ким Маргариты Алексеевны на тему «Формы нахождения золота, типоморфные особенности пирита и арсенопирита в золото-сульфидно-мышьяковистом месторождении Даугызтау» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 04.00.20 - «Минералогия и кристаллография».

**Ключевые слова:** форма нахождения золота, пирит, арсенопирит, типоморфные особенности, минеральные ассоциации, электронный микронзонд, поисковые критерии.

**Объект исследования:** золото-сульфидно-мышьяковистое месторождение Даугызтау в Западном Узбекистане.

**Цель работы:** изучение формы нахождения золота, типоморфных особенностей пирита и арсенопирита в первичных рудах для разработки поисковых критериев руд даугызтауского типа.

**Методы исследования:** классические полевые и лабораторные методы минералогического исследования, электронно-микронзондовый и рентгеноструктурный анализы.

**Полученные результаты и их новизна:** 1) установлены новые для месторождения минералы; 2) впервые для месторождения детально исследованы типоморфные кристаллохимические особенности пирита и арсенопирита; 3) выделены новые морфотипы продуктивных сульфидов с оценкой их золотоносности; 4) выявлена ранняя пирит-сульфоарсенидная микроассоциация; 5) разработаны поисковые критерии для золотых руд даугызтауского типа.

**Практическая значимость:** результаты исследования могут быть использованы в практике геолого-разведочных работ и в качестве основы для разработки технологии извлечения благородных металлов из «упорных» руд.

**Степень внедрения и экономическая эффективность:** результаты исследования переданы к использованию в ГП НПЦ «Геология благородных и цветных металлов», ГП “Даугызтауская ГРЭ” и в ИМР.

**Область применения:** геологическая отрасль науки и производства.

## RESUME

Thesis of Kim Margarita Alekseevna on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in geological-mineralogical sciences on speciality 04.00.20 “Mineralogy, crystallography”. Subject: “Au-forms and the typomorphic peculiarities of pyrite and arsenopyrite in the gold-sulphide-arsenious deposit of Daughyztau”

**Key words:** Au-forms, pyrite, arsenopyrite, typomorphic peculiarities, mineral associations, electron microprobe, prospecting-estimating criterions.

**Subjects of research:** the gold-sulphide-arsenious deposit of Daughyztau in Western Uzbekistan.

**Purpose of work:** studying Au-forms, the typomorphic peculiarities of pyrite and arsenopyrite in the primary ores for development of prospecting-estimating criterions for the gold ores of daughyztau type.

**Methods of research:** traditional methods of a mineralogical investigation, EMP and XR-structural analyses.

**The results obtained and their novelty:** 1) a number of new minerals were established for the first time for the deposit; 2) the typomorphic crystallochemical peculiarities of the pyrite and arsenopyrite were investigated; 3) the new morphotypes of the productive sulphides and Au-content in them were studied; 4) the metamorphogenic-hydrothermal pyrite-sulphoarsenide microassociation was detected; 5) prospecting-estimating criterions for the gold ores of daughyztau type have been elaborated.

**Practical value:** the results of the investigation can be applied into the practical activity of geological exploration and as a basis for the development of the method of refractory ores dressing.

**Degree of embedment:** the results of the research have been given to SE SIC “The geology of precious and colored metals”, SE “Daughyztau GE” and IMR for a practical appliance

**Field of application:** geology branch of science and production.

