

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казакский национальный исследовательский
технический университет им. К. И. Сатпаева

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh national research technical university
named after K. I. Satpayev

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

3 (429)

МАМЫР – МАУСЫМ 2018 ж.
МАЙ – ИЮНЬ 2018 г.
MAY – JUNE 2018

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Б а с р е д а к т о р ы
э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспаев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2018

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2018

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

Editorial board:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2018

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 429 (2018), 317 – 326

**A. B. Baibatsha¹, Andrzej Muszynski²,
G. M. Omarova¹, K. Sh. Dyussebayeva¹, A. T. Kassenova¹**

¹Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,²Adam Mickiewicz University, Poznan, Poland.

E-mail: baibatsha48@mail.ru; omarova_gulnara@mail.ru

**GOLD FINENESS AS INDICATOR
OF PHYSICAL-CHEMICAL CONDITIONS OF MINERALIZATION
AT THE KOKKIYA GOLD DEPOSIT (KYRGYZ RIDGE)**

Abstract. The article describes the results of microscopic studies of ores at the Kokkiya deposit. The mineral composition of deposit's ore is determined with the identification of main, secondary and rare minerals. Fineness of gold is determined, the variability of which is determined by depth, as well as the processes of mineral formation from early associations to late ones. The fineness of native gold is accepted as a typomorphic sign by many scientists of the world and indicating the physical-chemical conditions for the formation of gold deposits. Founding rare microminerals also carry basic information about the physical-chemical conditions of ore deposition. Causal relationships between the composition of minerals and the characteristics of mineral-forming processes are revealed, which is the most important task of genetic mineralogy. It is equally important in practical terms for the development of mineralogical forecasting and evaluation criteria.

Key words: gold probability, pyrite, tellurides, gold-concentrating minerals.

УДК 552.086; 553.08

А. Б. Байбатша¹, А. Мушински², Г. М. Омарова¹, К. Ш. Дюсембаева¹, А. Т. Касенова¹

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан,²Университет им. Адама Мицкевича, Познань, Польша

**ПРОБНОСТЬ ЗОЛОТА КАК ИНДИКАТОР
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ
НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КОККИЯ
(КЫРГЫЗСКИЙ ХРЕБЕТ)**

Аннотация. В статье изложены результаты микроскопических исследований руд на месторождении Коккия. Установлен минеральный состав руд месторождения, с выявлением главных, второстепенных и редких минералов. Определена пробность золота, изменчивость которой определяется глубиной, а также процессами минералообразования от ранних ассоциаций к поздним. Пробность самородного золота принимается многими учеными мира, как типоморфный признак, указывающий на физико-химические условия образования золоторудных месторождений. Найденные редкие микроминералы также несут основную информацию о физико-химических условиях рудоотложения. Выявлены причинно-следственные связи между составом минералов и характеристиками минералообразующих процессов, что является важнейшей задачей генетической минералогии. Не менее важно это и в практическом отношении для разработки минералогических прогнозно-оценочных критериев.

Ключевые слова: пробность золота, пирит, теллуриды, золотоконцентрирующие минералы.

Введение. Месторождение Коккия расположено на северных склонах Киргизского хребта, в пределах Киргизско-Терской минералогической зоны. На территории Республики Казахстан, эта зона включает 6 золоторудных формаций: золото-кварцево-жильная; золото-сульфидно-кварцевая; золото-сульфидно-скарновая; золото-сульфидно-кварц-березитовая; золото-кварц-пропилитовая и золотоносных россыпей.

Месторождение Коккия связано с золото-кварц-пропилитовой формацией и приурочено к породам девонской вулканоплутонической ассоциации (андезиты, риолиты, и их лавобрекчии). Пространственное размещение их контролируется тектоническими нарушениями и малыми интрузиями сиенитов, сиено-диоритов, монцогранодиоритов средне-девонского интрузивного комплекса, и, в целом, носит линейно-узловой рисунок. Оруденение приурочено к лавам и лавобрекчиям риолитового состава талдысусского субвулканического комплекса. На эти породы наложены зоны гидротермально-метасоматических изменений и прожилково-жильного окварцевания.

Месторождение Коккия делится на два участка: участок Коккия и участок Южный, расположенные в одной метасоматической зоне. Генетически это руды одного типа, но пространственно разнесены на 2 км.

Северная часть месторождения Коккия располагается в зоне интенсивного гидротермального изменения. Разрывные нарушения разбивают площадь месторождения на многочисленные блоки. Простирающиеся разломы самые разнообразные. Распределение золотой минерализации на месторождении крайне сложное. Выделение рудных тел в пределах внешне однообразной зоны кварцсерицитовых метасоматитов возможно только по результатам анализа проб. Рудные тела выделены по бортовому содержанию 0,3 г/т. Форма тел - линейно-вытянутая в северо-восточном направлении. Падение основных рудных зон - юго-западное под углами 65-75°. Мощность рудных тел в скважинах изменяется от 0,5 до 60 м, в канавах от 1 до 22 м при средней мощности - 5-6 м.

На рудном поле месторождения Коккия намечается следующая вертикальная метасоматическая зональность: возвышенные части рельефа слагают вторичные кварциты, а под ними залегают пропилизированные породы. Здесь же наиболее полно и широко проявлена серицитовая фация. Количество кварца и серицита в породе изменчиво. С уменьшением количества серицита наблюдается переход в мономинеральные кварцевые породы (монокварциты). С увеличением количества серицита, что обычно характерно для рудных тел, вторичные кварциты переходят в серицит-пиритовые породы (серицитолиты). Серицит, представляющий существенную составную часть кварцитов, нередко частично переходит в гидрослюда и ассоциирует с монтмориллонитом. На серицитовую фацию накладываются метасоматическое и прожилковое окварцевание, хлоритизация и карбонатизация. Кварцевые прожилки содержат хлорит, железистый карбонат, доломит, карбонат и несут полиметаллическую минерализацию в ассоциации с золотом.

Микроскопические исследования позволили выделить следующие зональные фации от периферии к центру: 1) пропилитовая, объединяющая сильно хлоритизированные, серицитизированные, альбитизированные, калишпатизированные, карбонатизированные и пиритизированные породы; 2) каолининовая; 3) серицитовая; 4) диаспоровая; 5) монокварцевая [1, 2].

Золото-пиритовая минерализация тяготеет к серицитовой фации. Широкое развитие на участке серицитовой фации создало благоприятные предпосылки для проявления золото-серебряной минерализации. Монокварцевая фация развивается внутри серицитовой фации, где образует короткие линзы или желвакообразные стяжения. Мощность линз не превышает первых метров, а протяженность - первых десятков метров. Прочные монокварцитовые породы несут равномерную вкрапленность пирита и выделяются в рельефе положительными формами.

Главные золотоконцентрирующие минералы: пирит, кварц, серицит. Ценным компонентом является самородное золото. К числу второстепенных редко встречающихся относится целый ряд рудных минералов, определяющих геохимическую специфику рудообразования на месторождении (таблица 1). В числе редких особенно следует отметить теллуриды: золота (калаверит), висмута (цумоит), золота и серебра (петцит).

По результатам микроскопических исследований наиболее распространены кварц-серицитовые метасоматиты в различной степени пиритизированные, вплоть до серицитолитов. Значительно редки хлорит-кварц-серицитовые метасоматиты. Среди них серицитолиты наиболее обогащены самородным золотом. Визуально они отличаются присутствием пятен или прожилков

Таблица 1 – Минеральный состав руд месторождения Коккия

Главные	Второстепенные и редко встречающиеся минералы	Ценные и редкие микроминералы
Рудные		
Пирит (несколько генераций)	Халькопирит, Галенит, Сфалерит, Пирротин, Тетраэдрит, Теннатит, Голдфилдит*, Рутил, Ильменит, Касситерит, Магнетит, Гематит, Молибденит, Шеелит Арсенопирит, Ярозит* Ковеллин, Гетит, Гидрогематит, Лейкоксен	Золото Калаверит Цумоит* Петцит* Алтаит Висмутин* Теллуrowисмутин Теллур самородный Моусонит? *
Нерудные минералы		
Кварц Серицит	Пирофиллит Кальцит Хлорит Мусковит Барит Каолинит Монтмориллонит	Циркон Монацит Крандаллит* Роговая обманка Сфен Цуниит Альбит Калишпат
*Минералы, установленные при исследовании технологической пробы первичной руды месторождения Коккия.		

пирита светло-желтоватого цвета в массе серицитолита, которые могут переходить в густовкрапленную колчеданную руду. Пятна или прожилки пирита мощностью до 2,5 см. Метасоматиты в различной степени прокварцованы, местами карбонатизированы.

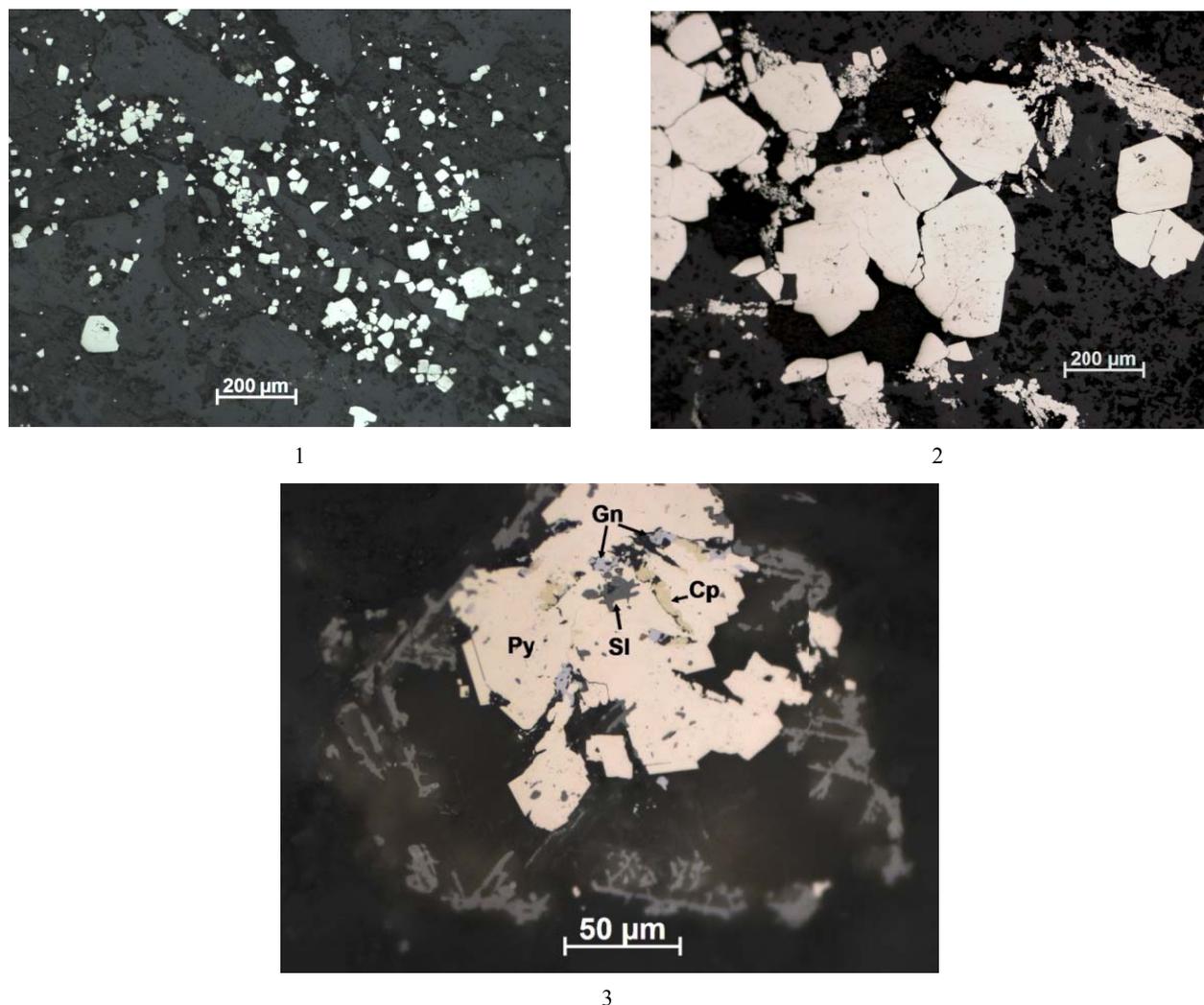
Пирит – главный рудный минерал. Он образует рассеянную вкрапленность в метасоматитах, от редкой до густой. Встречается в виде гнезд и линзовидных выделений размером до 1-2 см. Пирит представлен несколькими генерациями.

Пирит I – кубической формы в виде мелкой рассеянной вкрапленности (от 0,01 до 0,05 мм и иногда до 0,1 мм) в массе хлорит-кварц-серицитового метасоматита темно-зеленоватого цвета, приурочен к хлориту и серициту (рисунок 1/1).

Пирит II – в резко подчиненном количестве, мелкозернистый, в виде прожилковидно-цепочечных образований, развитый по-видимому по неустойчивому марказиту и в результате перекристаллизации переходящий в пентагондодекаэдрический, октаэдрический и реже кубический **пирит III** (рисунок 1/2).

Пирит III – пентагондодекаэдрической, октаэдрической, кубической форм в виде вкрапленности и сростков, приурочен преимущественно к серициту, более крупные зерна содержат включения рутила (рисунок 1/3). В пирите III по трещинкам развиваются более поздние халькопирит, галенит, размером от 0,01-0,015 до 0,03 мм. Отмечаются единичные включения арсенопирита в пирите III и сростки молибденита с пиритом в кварце. Отмечается густовкрапленный Пирит III в серицитолите, интенсивно корродированный, пористый, засорен включениями нерудных, по сохранившимся граням пентагондодекаэдрический и кубический. Размер зерен до 0,4 мм. В таком корродированном пирите золото находится в тесных сростаниях с теллуридами золота, серебра и свинца.

Пирит IV – более крупный (от 0,1 до 0,3 мм) в виде сростков и агрегативных выделений в массе метасоматита. Агрегативный пирит разбит трещинками, по которым развиваются более поздние сфалерит, галенит и халькопирит (рисунок 1/3). Сростки и агрегативные выделения пирита размером до 0,5x1,5 и 0,5x2,0 мм.



1

2

3

Рисунок 1 – Пирит в различных генерациях:

1 – Пирит I мелкозернистый кубической формы в хлорите и сериците. Аншлиф 84;

2 – Пирит II прожилковидный и Пирит III пентагондодэкаэдрический. Аншлиф 86; 3 – IV агрегативный (Py).

Зерна его замещаются минералами титана. Между зерен его галенит (Gn), халькопирит (Cp) и сфалерит (Sl). Аншлиф 84

Пробность самородного золота издавна привлекала внимание ведущих ученых мира, рассматривающих её как типоморфный признак, обусловленный физико-химическими условиями образования золоторудных месторождений. В частности, В.В. Щербина [3] ещё полвека назад придавала отношению Au/Ag значение геохимического индикатора миграционной способности золота и серебра и причин их геохимической дифференциации в различных геологических процессах. Важность этого параметра, как критерия определенных условий формирования конкретных золоторудных и золото-серебряных месторождений при их классификации и формационной идентификации отмечается в многочисленных работах многих исследователей [4, 5]. Так для пробности самородного золота предложена классификация золоторудных месторождений по шести основным типам. По их оценкам для плутоногенного типа диапазон вариации пробности Au составляет 650–970%, для порфиривого – 650–1000%, для вулканогенного – 520–870%, для эпитепимального – до 1000%. Ряд ученых считают, что пробность золота возрастает с увеличением температуры и глубины рудообразования. В частности, И.В. Петровская с соавторами констатирует, что золото в высоко-температурных глубинных месторождениях высокопробное, среднеглубинных – среднепробное, а малоглубинных – изменяется в широком диапазоне и определяется температурным режимом, хотя она и не отрицает существенного влияния на состав Au рН и Eh среды. Другие напротив, на основе детальных исследований по растворимости Au-Ag сплавов

считают, что на пробность золота влияют, в основном, кислотность-щелочность гидротермальных растворов и содержание в них серы и лишь в меньшей степени она зависит от температуры, а также окислительно-восстановительный потенциал, состав гидротерм, давление, не приводя при этом достаточного термодинамического обоснования [5, 6]. Существенный вклад в понимание зависимости пробности золота от физико-химических условий рудообразования внесли осуществленные в последнее десятилетие экспериментальные исследования по растворимости золото-серебряных сплавов и проведенное на их основе термодинамическое моделирование совместного переноса и отложения соединений Au и Ag в хлоридных, хлоридно-сульфидных и сульфидных гидротермальных растворах [7, 8]. Но, в основном, они касались лишь систем, равновесных с пирит-пирротинным буфером.

Иной подход, основывающейся на применении методов физической химии, обоснован фундаментальными исследованиями термодинамики процессов минералообразования корифеев советской и зарубежной геологической науки [9-11]. Они базируются на результатах экспериментального изучения, полученных при этом термодинамических константах и, главным образом, на электрохимическом анализе окислительно-восстановительных процессов образования, миграции и разрушения комплексов золота и серебра в различных по кислотности-щелочности и редокс-потенциалу гидротермальных растворов. Расчет свободной энергии и окислительного потенциала различных комплексов благородных металлов позволяет оконтурить поля их устойчивости на диаграммах Eh – pH и определить ход эволюции гидротермальной системы при формировании золоторудных месторождений. Такие исследования позволяют рассматривать направленность окислительно-восстановительных реакций различных соединений, устойчивость и реакционная способность которых предопределяется Eh – pH гидротермальной системы [12, 13].

Состав минералов служит одним из главных источников информации о физико-химических условиях рудоотложения, поэтому выявление причинно-следственных связей между составом минералов и характеристиками минералообразующих процессов является важнейшей задачей генетической минералогии. Не менее важно это и в практическом отношении для разработки минералогических прогнозно-оценочных критериев.

По данным Н.В. Петровской [3] влияние температуры на вхождение Ag в структуру кристаллизовавшегося золота не является определяющей. Нет также достоверных оснований для вывода о значении общей концентрации Ag в верхних частях зоны гидротермальной деятельности, то есть не наблюдается прямая зависимость пробы золота от богатства месторождений серебром. Кроме того накоплен большой фактический материал, которые противоречит известным выводом А.Е. Ферсмана о закономерном очищении минералов на поздних стадиях рудоотложения (принцип автолиза). В литературе приводится еще один фактор - степень пересыщения растворов, при которой идет кристаллизация данного минерала [14]. Авторы этой работы на основании детального изучения типоморфных особенностей основных минералов золоторудных месторождений пришли к выводу, что между параметрами гидротермальных растворов и конечным результатом (состав минералов) имеет место степень пересыщения растворов, которая регулирует поведение изоморфных примесей.

В лексиконе минералогических и технологических описаний прижились понятия низкопробное и высокопробное золото, заменяющие цифровые обозначения содержаний серебра в минерале (таблица 2). Иногда граница таких содержаний определяется разными исследователями неодинаково. При этом исключен электрум, как особый минеральный вид.

Таблица 2 – Пробность золота (по Н.В. Петровской)

Границы содержаний	Пробность, ‰
Весьма высокопробное, почти чистое	998-951
Высокопробное	950-900
Умеренно высокопробное, средней пробы	899-800
Относительно низкопробное	799-700
Низкопробное	699-600
Весьма низкопробное, высокосеребристое	< 600

Пробность самородного золота на месторождении Коккия. На рисунке 2 золото заключено в пентагондодекаэдрическом пирите III (глубина 60-61 м) хлорит-серицит кварцевого метасоматита. В тесной ассоциации с пиритом III встречаются редко встречающиеся на месторождении высокотемпературные молибденит и арсенопирит. Золото ярко-желтого цвета, по отражательной способности его можно отнести к высокопробному золоту (примерно 950‰).

С глубиной (140-143 м) в серицитолитах появляются теллуриды золота, серебра, свинца, находящиеся в тесной ассоциации с золотом самородным и развивающиеся в межзерновых пространствах интенсивно корродированного пирита III.

В аншлифе 11 найдены золотишки: 1) прожилковидной формы (0,01x0,05мм) в сериците по краю крупного корродированного зерна пирита; 2) мелкие неправильной формы в сериците (0,01 мм); 3) в сростании с мелкими зернами пирита в сериците (0,01x0,1); 4) в сростании с мелкими зернами пирита и теллуридами прожилковидной формы (0,01x0,1 мм); 5) в сериците – 0,005x0,025 мм; 6) в сростании с теллуридами и пиритом в сериците (8 зерен неправильной формы – 0,01-0,02x0,03 мм); 7) по краю зерна пирита (0,01 мм); 8) 3 в зерне пирита (0,005-0,01 мм); 9) золото (2 зерна - 0,01-0,02 мм) в сростании с теллуридами между зерен пирита, цементируя пирит; 10) прожилковидное золото (0,01x0,1 мм) в промежутке зерен пирита в сериците; 11) 2 прожилковидных выделения золота в сериците (0,01x0,05 мм); 12) в сростании с теллуридом и серицитом в пирите (0,01x0,02 мм); 13) прожилковидное в сериците рядом с зерном пирита (0,01x0,06 мм); 14) в сростании с пиритом и между зерен пирита (2 зерна 0,01-0,005x0,01 мм). На рисунках 2-5 показаны золото и теллуриды.

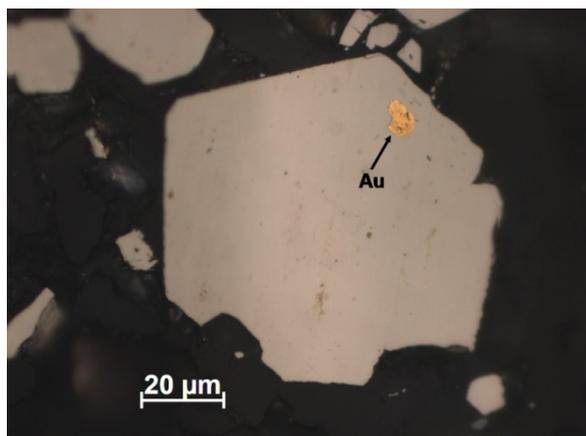


Рисунок 2 – Золото (Au) в зерне пентагондодекаэдра. Аншлиф 38

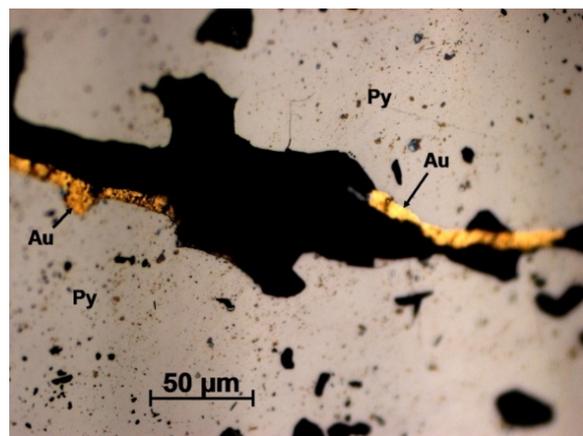


Рисунок 3 – Золото (Au) прожилковидной формы в промежутке зерен пирита или по краю пиритовых зерен (Py) в серицитолите. Аншлиф 11

Калаверит и алтаит – развиваются между зерен пирита, прожилковидной, овальной, призматической формы. Встречаются обособленно в массе метасоматита, в сростках с золотом и пиритом, проникают в пирит, корродируя его. Размеры – до 0,04x0,07 и 0,03x0,1 мм (рисунки 4, 5). Минералы подтверждены аналитически. Кроме того, алтаит встречается в корродированных зернах и сростках пирита, иногда в ассоциации с галенитом.

Пробность золота (рисунки 3, 6) приведена в таблице 3 и выполнена Поповым Ю.В. («Центр исследований минерального сырья и состояния окружающей среды» Южного федерального университета). Растровый электронный микроскоп Tescan VegaLMU с системами рентгенофлуоресцентного микроанализа INCAEnergy 450, INCAWave 700 (фирмы OXFORD Instruments Analytical). Железо исключено из результатов расчета. Золото относится к высокопробному (940-944‰).

Результаты, полученные на микрозонде по пробности золота в сростании с теллуридами оказались близкими к выполненным на растровом электронном микроскопе (рисунки 3–5, таблица 4). Золото относится к высокопробному и весьма высокопробному (941 и 977‰).

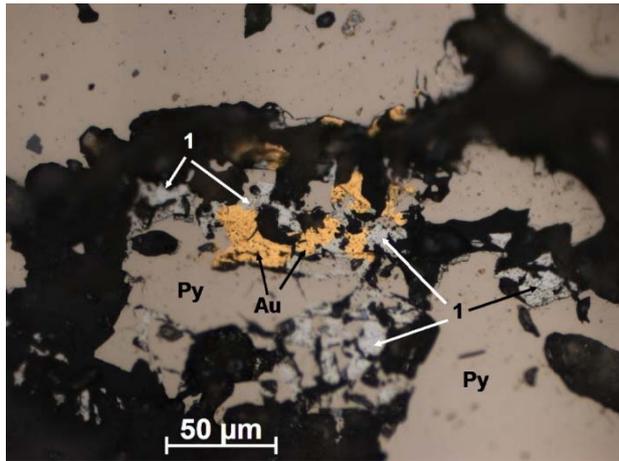


Рисунок 4 – Золото (Au) в сростании с алтаитом, калаверитом (1) и пиритом (Py) в серицитолите. Аншлиф 11

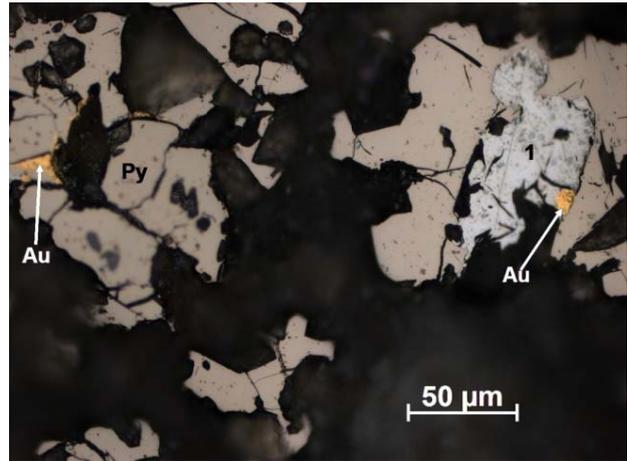


Рисунок 5 – Золото (Au) в сростании с алтаитом (1) и пиритом (Py) в серицитолите. Аншлиф 11

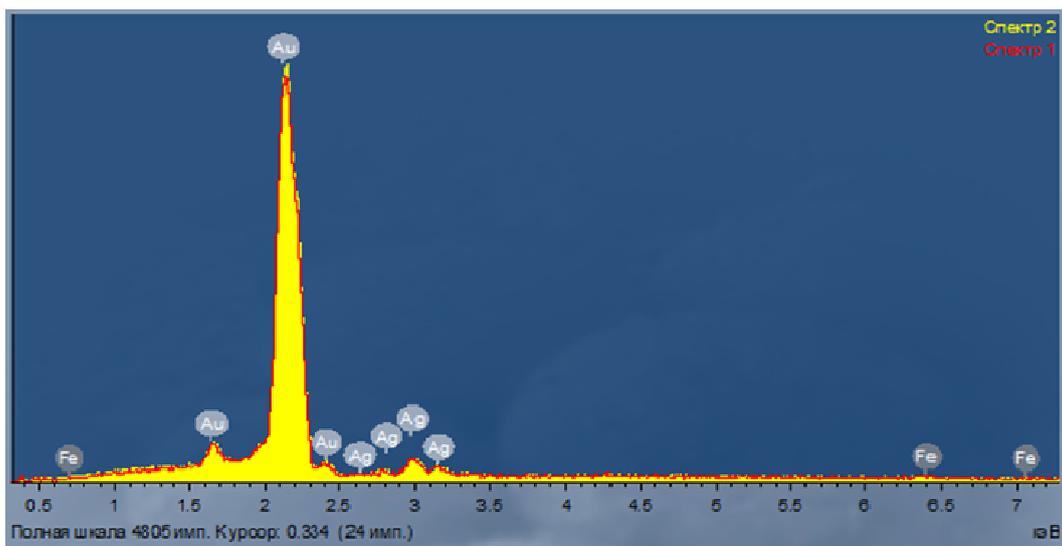
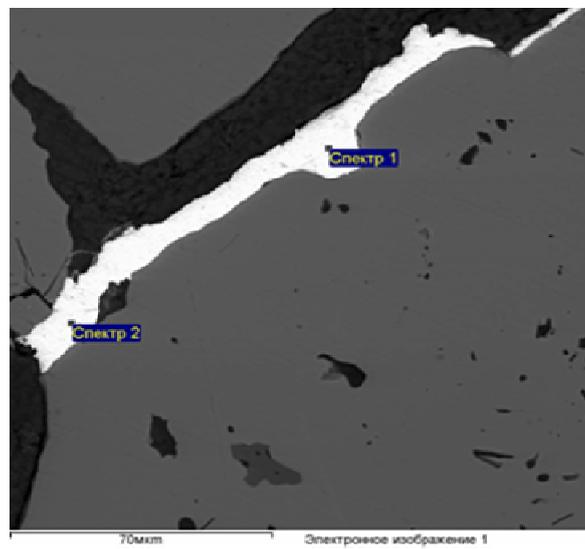


Рисунок 6 – Золото (Au) прожилковидной формы в промежутке зерен пирита или по краю пиритовых зерен (Py) в серицитолите. Аншлиф 11

Таблица 3 – Состав золота по данным растрового электронного микроскопа (вес. %)

Аншлиф 11	Элементы		Сумма	Пробность, %
	Au	Ag		
Анализ 1 – Золото прожилковидной формы	93,57	6,0	99,57	940
Анализ 2 – Золото в сростании с алтаитом между зерен пирита	92,60	5,47	98,07	944

Таблица 4 – Состав золота по данным микрорентгеноспектрального анализа (вес. %)

Аншлиф 11 – Золото в сростании с теллуридами (алтаит и калаверит) между зерен пирита, (вес. %)				
Au	Ag	Fe	Сумма	Пробность, ‰
97,04	2,27	0,69	100	977
92,23	5,77	2,0	100	941
*Аналитики В.И. Левин и П.Е Котельников. Анализ выполнен на микрозонде JCXA-733 (Япония).				

Химический состав рудных и жильных минералов изучен при помощи сканирующего электронного микроскопа «S-3700N» оснащенного энергодисперсионным рентгеновским спектрометром (EDS) с микроанализатором в лаборатории Университета имени Адама Мицкевича, Польша (рисунок 7).

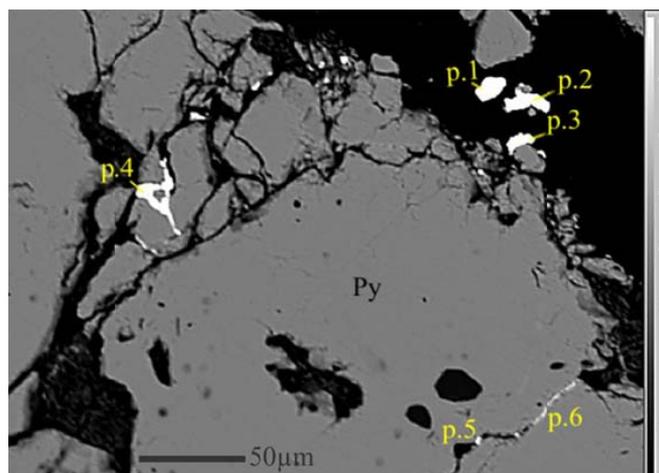


Рисунок 7 – Золото в зернах пирита. Аншлиф 11

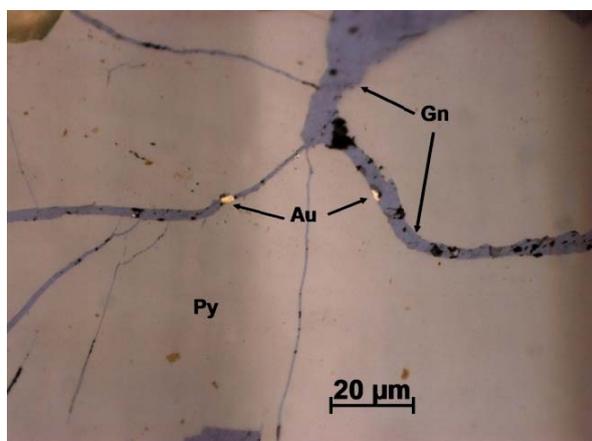


Рисунок 8 – Золото (Au) светло-желтое в галенитовой прожилке (Gn). Py – пирит

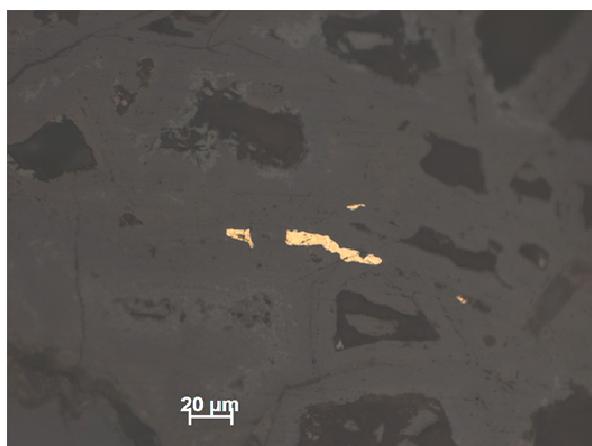


Рисунок 9 – Золото в гидроксидах железа. Аншлиф 194/2

На более глубоких горизонтах месторождения (175-176 м) отмечается появление прожилково-вкрапленной колчеданно-полиметаллической руды в кварц-серицитовом метасоматите, в котором золото тесно ассоциирует с галенитом. Галенит с заключенным в нем золотом развивается в виде тонких прожилков между зерен агрегативного пирита IV (рисунок 8). Золото относится к умеренновысокопробному, среднему (810‰).

На малых глубинах (6-8 м) тонкодисперсное золото, заключенное во вкрапленниках пентагондодекаэдрического пирита III в серицитолитах, отличается понижением пробности (таблица 5). Золото относится к низкопробному и относительно низкопробному (634-717‰).

Таблица 5 – Состав золота по данным микрорентгеноспектрального анализа (вес. %)

Аншлиф 199 – Золото в пирите, (вес. %)			
Au	Ag	Сумма	Пробность золота, ‰
71,66	28,34	100	717
63,39	36,61	100	634

*Аналитики В.И. Левин и П.Е. Котельников. Анализ выполнен на микрозонде JСХА-733.

Пирит III на таких малых глубинах (6-10 м) подвержен окислению, а золото, заключенное в нем очищается и становится высокопробным (рисунок 9).

Выводы.

1. Серицитоциты с вкрапленностью пентагондодекаэдрического пирита III являются наиболее золотоносными. Золото концентрируется как в пирите, так и в сериците.

2. Золото, связанное с пентагондодекаэдрическим пиритом III высокопробное, однако с уменьшением глубины (6-10 м) содержание серебра, как основного примесного элемента самородного золота увеличивается.

3. С глубиной (140-143 м) пирит III подвергается интенсивному корродированию, становится пористым и самородное золото в тесной ассоциации с теллуридами золота, серебра и свинца проникает в него. Золото высокопробное и весьма высокопробное.

4. Содержание серебра в самородном золоте, заключенном в поздних галенитовых прожилках в агрегативном пирите IV закономерно увеличивается и является характерным для многих золоторудных месторождений.

5. Самородное золото высокой пробы находится в окисленных псевдоморфозах пирита III и в гидроксидах железа.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Omarova G., Baibatsha A., Muszynski A., Dyussebayeva K., Loparev S. Micromineralogy of Gold-bearing Ores of Metasomatic Type Deposit in Kazakhstan // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 29 June - 5 July 2017, Albena, Bulgaria. – Vol. 17, Issue 11. – P. 321-328.

[2] Baibatsha A., Dyussebayeva, Kassenova A. Microgenetic associations of gold in ore-forming minerals from deposits of different geological and industrial types of Kazakhstan // Proceedings of the 11th International congress for Applied Mineralogy (ICAM). Springer International Publishing. – Switzerland, 2015. – P. 1-8.

[3] Петровская Н.В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 330 с.

[4] Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. – М.: Научный мир, 2000. – 272 с.

[5] Жаутиков Т.М. Металлогения и эволюционная направленность рудного процесса на месторождениях золота Казахстана // Мат. Всерос. конф. «Самородное золото, типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». – М.: ИГЕМ РАН, 2010. – Т. 1. – С. 193-195.

[6] Широких И.Н., Черезов А.М., Васьков А.С. Вариации состава самородного золота на Старо-Берикольском месторождении Кузнецкого Алатау // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41(1). – С. 111-119.

[7] Колонин Г.Р., Белеванцев В.И., Пальянова Г.А., Широносова Г.П. Физико-химическая модель рудоотложения на месторождениях золото-сульфидной формации // Генетические модели эндогенных рудных формаций. – Новосибирск, 1981. – Т. II. – С. 110-112.

[8] Колонин Г.Р., Пальянова Г.А. Пробность самородного золота как возможный индикатор состава и температуры рудообразующего раствора // Докл. АН РАН. – 2000. – Т. 373, № 7. – С. 527-531.

[9] Акимова А.В., Плотинская О.Ю. Особенности морфологии и внутренней структуры пирита Березняковского золоторудного месторождения (Южный Урал) // Пробл. конф. посвященная 100-летию со дня рождения Ф. В. Чухрай. – М.: ИГЕМ РАН, 2008. – С. 244-246.

[10] Коваленкер В.А., Плотинская О.Ю., Конеев Р.И. Минералогия эпitherмальных золото-сульфидно-теллуридных руд месторождения Кайрагач (Узбекистан) // Новые данные по минералам. – 2003. – Т. 37. – С. 45-63.

[11] Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, модели прогнозирования и поиска. – Алматы, 2009. – 304 с.

[12] Рафаилович М.С. Золотоносные метасоматические формации Казахстана // Уральский геологический журнал. – 2000. – № 5. – С. 41- 84.

[13] Сазонов В.Н., Коротеев В.А. Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала. – Екатеринбург, 2009. – 161 с.

[14] Самусиков В.П. Закономерности концентрации изоморфно-примесных элементов в минералах при гидротермальном рудообразовании // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 3. – С. 338-352.

А. Б. Байбатша¹, А. Мушински², Г. М. Омарова¹, К. Ш. Дюсембаева¹, А. Т. Касенова¹

¹Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,

²Адама Мицкевич атындағы университеті, Познань, Польша

**КӨКҚИЯ АЛТЫНРУДАЛЫ КЕНОРНЫНЫҢ (ҚЫРҒЫЗ ЖОТАСЫ)
АЛТЫН СЫНАМЫ МИНЕРАЛ ЖАРАЛУДЫҢ
ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ КӨРСЕТКІШІ РЕТІНДЕ**

Аннотация. Мақалада Көкқия алтын кенорнының рудаларын микроскоптық зерттеу нәтижелері сипатталған. Кенорын рудаларының минералдық құрамы, екінші дәрежелі және сирек минералдары анықталған. Алтын сынамының өзгергіштігі кенорынның жайға су тереңдігі, сондай-ақ минерал жаралу процестерінің бастапқыдан соңғыға дейінгі сатысы бойынша анықталады. Алтын сынамын әлемнің көптеген ғалымдары алтын рудалы кенорындар жаралуының физикалық-химиялық жағдайларын анықтайтын типоморфтық белгі ретінде қабылдайды. Руда жаралудың физикалық-химиялық жағдайлары туралы негізгі ақпарат берелатын сирек минералдар да анықталған. Минералдардың құрамы мен минерал жаралу процестерінің сипаттамалары аралығындағы себептік-салдарлық байланыстар сипатталған. Бұл анықталғандар практикалық жағынан минералогиялық болжамдық-бағамдық критерийлерді әзірлеу үшін де маңызды.

Түйін сөздер: алтын сынамы, пирит, теллуридтер, алтын шоғырландырушы минералдар.

Сведения об авторах:

Байбатша Адильхан Бекдильдаевич – доктор геол.-минер. наук, профессор кафедры «Геологической съемки, поисков и разведки МПИ» Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, Алматы.

Мушински Анджей – доктор геологических наук, профессор Университета им. Адама Мицкевича, Познань, Польша.

Омарова Гульнара Магауыяновна – докторант кафедры «Геологической съемки, поисков и разведки МПИ», тьютор Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, Алматы

Дюсембаева Куляш Шарановна – кандидат геол.-минер. наук, ассоциированный профессоркафедры «Геологической съемки, поисков и разведки МПИ» Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, Алматы

Касенова Аймхан Турапбаевна – кандидат геол.-минер. наук, ассистент профессоракафедры «Геологической съемки, поисков и разведки МПИ» Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева, Алматы

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка Д. Н. Калкабековой

Подписано в печать 14.05.2018.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
24,2 п.л. Тираж 300. Заказ 3.