

УДК 553.411:551.311.231(574.1)

К. Ш. ДЮСЕМБАЕВА, С. БОЛАТБЕКУЛЫ

(Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, г. Алматы)

МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНОЕ ЗОЛОТО В КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ МАРТОВСКОЕ И РАВНИННОЕ (ЗАПАДНЫЙ КАЗАХСТАН)

Аннотация. Небольшие по запасам и содержанию золота объекты в корях выветривания представляют практический интерес для отработки их методом кучного выщелачивания. Они являются легкодоступными, но не все подлежат отработке. Главным препятствием может быть значительное присутствие в их составе монтмориллонита, минералов меди, карбонатов. С этой целью был изучен минеральный состав руд рудопроявлений Мартовское и Равнинное. Микроскопическое изучение руд с привлечением тонких прецизионных методов, позволило выявить микро- и нанозолото, связанное с лимонитизированными участками. Нанозолото представлено в виде необычных ветвистых образований.

Ключевые слова: месторождение, минерал, золото, микро- и наноразмерный, кучное выщелачивание.

Тірек сөздер: кенорын, минерал, алтын, микро- и наноөлшемді, шоғырлы сілтілілеу.

Keywords: deposit, mineral, gold, micro- and nanoscale, heap leaching.

Рудопроявление Мартовское расположено в 14 км северо-восточнее месторождения Жолымбет, в южной части Аксу-Жолымбетской металлогенической зоны. Площадь месторождения перекрыта чехлом кайнозойских глин и суглинков, мощностью от 5 до 20 км. Вмещающая толща по данным буровых и горных выработок сложена вулканитами аксуйской свиты нижнего ордовика. Она представлена породами основного и среднего состава с маломощными горизонтами песчаников и алевролитов. Из интрузивных образований отмечаются малочисленные дайки микродиоритов крыккудукского комплекса. На месторождении выделены Северо-западная 1 и Северо-западная 2 рудоносные зоны. Последние представляют собой неравномерно обохренные, прожилково-метасоматические окварцованные туфы среднего-основного состава. Границы рудных зон нечеткие и в большинстве случаев определяются по данным опробования. В пределах рудной зоны 1 вскрыты 4 небольших рудных тела (мощность 1,0–15,0 м и протяженность до 117 м).

Рудопроявление Равнинное представлено двумя параллельными зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации в метасоматически измененных дацитовых порфиритах, залегающих среди гематитизированных андезито-базальтовых порфиритов млыашинской толщи. Простираение зон субмеридиональное. Горизонтальная мощность Центральной зоны 25–30 м, протяженность до 2 км, падение запад-северо-западное 80–85°. В зоне выделено крутопадающее рудное тело длиной 125 м, мощностью –17 м. Восточная зона представляет собой ряд последовательных минерализованных даек липаритовых порфиритов СВ простираения. На поверхности рудоносные зоны определяются по ожелезнению пород.

Рудопроявление Мартовское. Микроскопическое изучение окисленных руд показало, что они сложены интенсивно выветрелыми туфами и метасоматитами, которые в разной степени каолинизированы, монтмориллонитизированы, серицитизированы и хлоритизированы. Цвет глиноподобных плотных и рыхлых масс от светло-серого, светло-желтоватого до буровато-желтоватого. В целом они слабо лимонитизированы. Участки с интенсивной лимонитизацией отмечаются в окварцованной измененной породе голубовато-серого и серого цвета. Кварц в них жильный, сливной, светло-серого и серого цвета с порами выщелачивания. Он встречается в виде тонких прожилков и мелких обломков в измененной породе. В кавернозном кварце отмечается редкая

вкрапленность окисленного пирита (псевдоморфозы лимонита по пириту) и гидроксиды железа, развивающиеся вокруг пустот выщелачивания.

Рудные минералы коры выветривания представлены: лимонит, гидроксиды железа (гетит, гидрогетит), гематит, гидрогематит, рутил, пирит, золото самородное, серебро. Промышленный интерес представляет золото самородное.

Золото самородное встречается в псевдоморфозах лимонита по пириту. В одной из псевдоморфоз лимонита (0,1x0,15 мм) найдено порядка 30 включений частиц золота изометричной формы, размером 1 мкм и меньше (до 300 нм). Они образуют тонкую вкрапленность по краям псевдоморфозы, т.е. отторгнуты в ее краевые части (рисунок 1). Золото в них высокой пробы – 976 (таблица 1). Золото самородное встречается также в виде необычных скоплений вытянутой формы и неправильной в лимонитизированной части породы буровато-коричневато цвета, цементирующей кварц. Обнаружено примерно 20–25 включений, мощность вытянутых включений – 1 мкм и меньше и длина до 5 мкм (рисунок 2). Пробность золота – 907 – относительно высокопробное (таблица 1). Такие необычные скопления могут представлять остатки микроорганизмов, замещенные золотом. Подобные образования были найдены на золоторудном месторождении Суздальское (Восточный Казахстан).

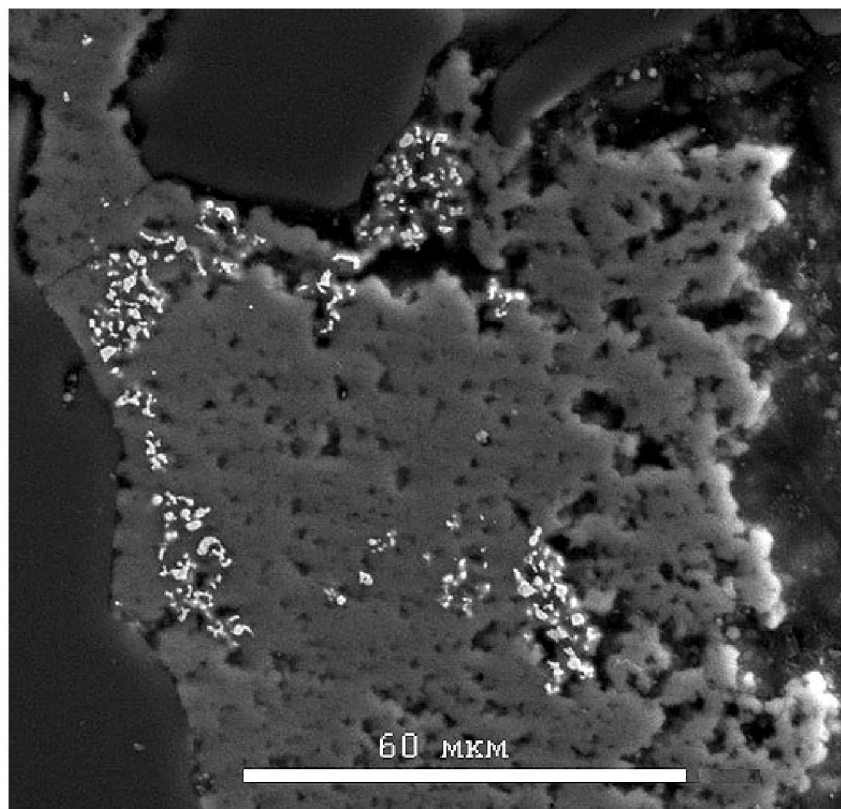


Рисунок 1 - Тонкая вкрапленность золота в псевдоморфозе лимонита по пириту. Аншлиф № 1 м. Снимок выполнен на микрозонде JCXA – 733

Таблица 1 – Состав золота по данным микрорентгеноспектрального анализа, в вес. %

№ аншлифа	Элементы		Сумма
	Au	Ag	
1 м	97,61	2,39	100
28 м – 2	90,72	9,28	100
28 м – 1	100	–	100

Аналитики В. И. Левин и П. Е. Котельников. Микрозонд JCXA – 733.

Мелкие включения самородного золота комковатой формы (размер их – 2 зерна по 1 мкм; 1 зерно – 3 мкм и 1 зерно – 5 мкм) в лимоните имеют весьма высокую пробу – 1000, золото гипергенное, весьма чистое (таблица 1).

Размерность золота принята по классификации В. Г. Моисеенко [1], пробность по Н. В. Петровской [2].

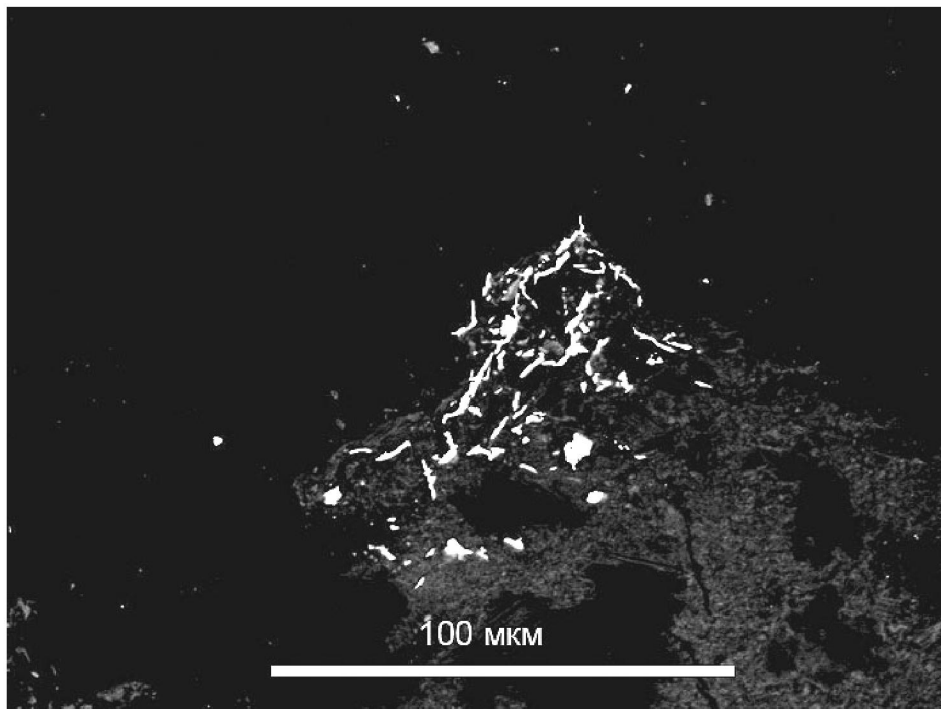


Рисунок 2 – Скопления частиц гипергенного золота неправильной формы и виде просечек в гидроксиде железа. Аншлиф № 28 м – 2

Отмечаются золотины комковидной, угловатой формы с отростками причудливой формы. Их пробность колеблется от 934 до 996. Размер зерен от 0,001–1 мм, в среднем 0,01 мм.

Рудопроявление Равнинное. Результаты изучения минерального состава коры выветривания рудопроявления Равнинное показали, что оно представлено в основном интенсивно выветрелыми метасоматитами, окрашенными в бурые, светло-серовато-бурые, лиловые цвета, вплоть до глиноподобных пород бурого цвета. В целом они в разной степени каолинизированы, окварцованы, по тонким трещинкам и порам выщелачивания лимонитизированы. Вокруг трещинок и пор развиваются колломорфные выделения гидроксидов железа. Также отмечаются псевдоморфозы лимонита. Гидроксиды железа сильно разложены и в скрещенных николях дают бурые внутренние рефлексы. Кое-где отмечаются примазки медной зелени.

Реже встречаются слабо выветрелые кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты с мелкими порами выщелачивания, в которых отмечаются сульфиды (пирит, халькопирит, халькозин, ковеллин). В крайне редких случаях отмечается густовкрапленная серноколчеданная руда в метасоматите, неравномерно окисленная. Иногда обломки метасоматита светло-серого цвета цементируются пиритовым агрегатом.

Рудные минералы коры выветривания представлены: лимонит, гидроксиды железа (гетит, гидрогетит), гематит, пирит, халькозин, ковеллин, сфалерит, малахит, халькопирит, рутил, золото самородное, серебро.

По данным рентгенофазового анализа из глинистых минералов в коре выветривания присутствует как каолинит, так и смектит (таблица 2). Последний относится к числу неблагоприятных минералов для отработки коры выветривания методом кучного выщелачивания из-за его способности поглощать воду и разбухать в объеме в несколько раз [3, 4].

Таблица 2 – Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

№ обр.	Минеральный состав, масс.%						
	Кварц	Серпентин	Слюда	Галит	Каолинит	Полевой шпат	Смектит
4 м	8	4	6	–	–	1	81
6 м	44	–	18	–	37	1	–
12 м	23	–	–	2	41	–	34

Условия съемки: Дифрактометр ДРОН-4,0; ускоряющее напряжение – 35 кВ; ток анода – 20 мА.
Примечание: Смектиты в обр. 4 м и 12 м содержат в межслоевом промежутке двухвалентные обменные катионы (Mg и Ca).

Золото самородное – обнаружено в глиноподобной бурого цвета породе с мелкими обломками кварца, с пустотками выщелачивания, в массе которой по трещинкам развиваются гидроксиды железа. Последние развиваются между зерен и агрегатов кварца, корродируют кварц, содержат выделения кварца в своей массе, а также прожилковидные и неправильной формы выделения гидроксидов железа наблюдаются вдоль трещинок и пустоток выщелачивания. Кое-где отмечаются псевдоморфозы гидроксидов железа по пириту, реликтов пирита не встречено. *Золото самородное* обнаружено в лимоните, в виде необычных тончайших нитевидных, разветвленных выделений. Нитевидные разветвленные выделения имеют размер – 1x10 мкм; 0,5x9 мкм; и 0,5x6 мкм; 0,5x9 мкм, до 0,5x10 мкм.

Сделанное на микрозонде фото позволило увидеть, что эти тончайшие нитевидные выделения золота высокой пробы – 981 (рисунок 3). В другом месте также выполненное на микрозонде фото с нитевидным золотом, имеет пробность – 977. С помощью растрового электронного микроскопа установлены наноразмерные выделения в нитевидных образованиях золота (рисунок 4). На снимке

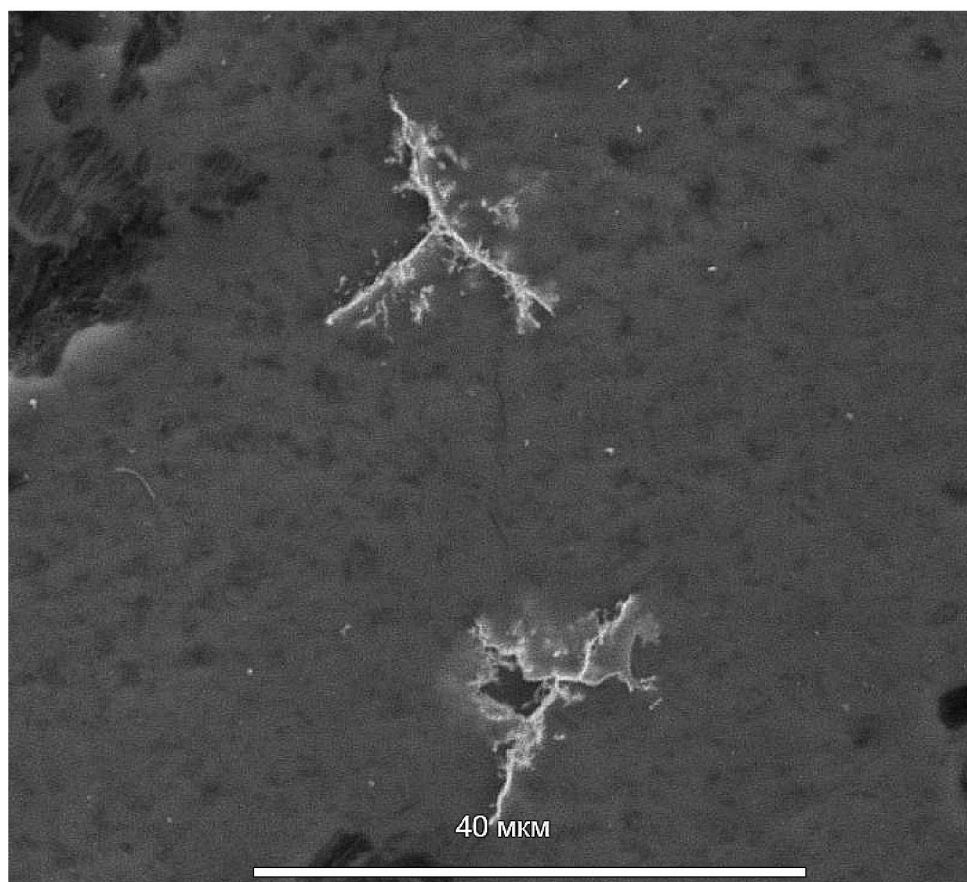


Рисунок 3 – Нитевидные ветвистые выделения золота в лимоните.
Аншлиф 3. Снимок выполнен на микрозонде JCXA – 733

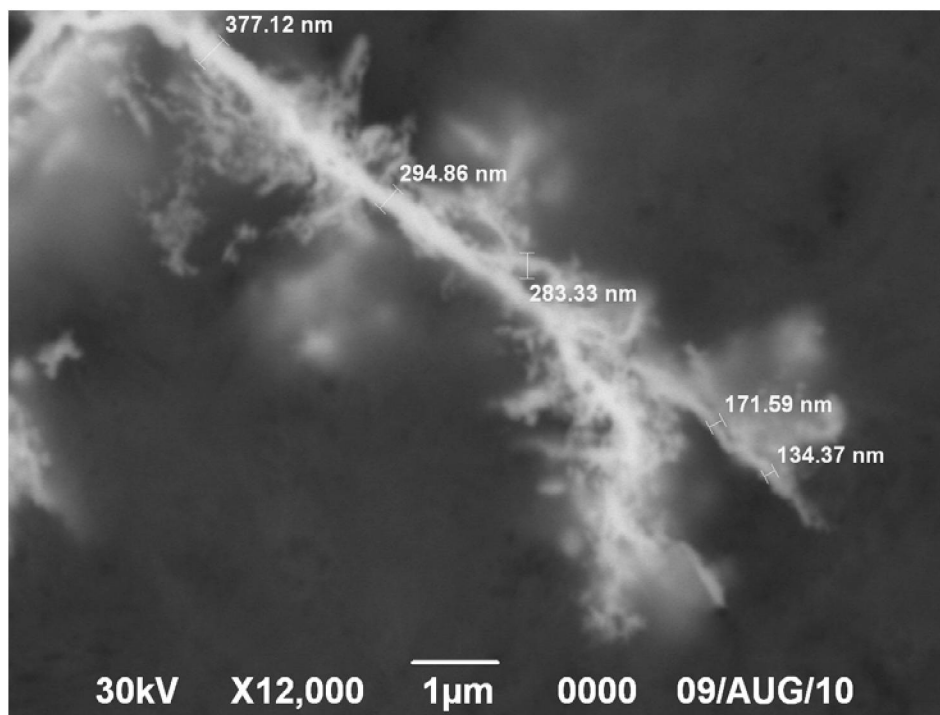


Рисунок 4 – Нитевидные ветвистые выделения золота в лимоните (увеличенный снимок рис. 3). Апплиф 3. Растровый электронный микроскоп

видно, что размер самой тонкой части основной ветви золотины 134 нм, а все что отходит в виде облакоподобных ответвлений десятки и может быть единицы нанометров.

Заключение. Кора выветривания достаточно проработана и представлена сильно выветрелыми метасоматитами, вплоть до глиноподобных. Профиль выветривания формировался по породам средне-основного состава. Среди глинистых минералов наряду с каолинитом присутствует смектит (монтмориллонит). Преобладание среди окисленных минералов гидроксидов железа, лимонита, отсутствие реликтов первичных минералов, присутствие кавернозного кварца, указывает на высокий уровень преобразования коры выветривания. К неблагоприятным факторам относится присутствие смектита и минералов меди (Равнинное). Золото в изученных месторождениях заключено в лимоните, реже в кварце. Остаточное золото в виде микроскопических на границе с наноразмерными установлено в псевдоморфозах лимонита по пириту. Гипергенное золото в виде тончайших ветвистых выделений установлено в лимоните, среди которых обнаружены наноразмерные частицы золота.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Моисеенко В.Г. Наногеохимия золота // Труды симпозиума. – Владивосток, 2008. – С. 6-25.
- 2 Петровская Н.В. Самородное золото. – Л.: Наука, 1973. – 218 с.
- 3 Кучное выщелачивание золота – зарубежный опыт и перспективы развития. Справочник / Под ред. В. В. Карганова и Б. С. Ужкенова. – Москва; Алматы, 2002. – 260 с.
- 4 Сидельникова Г.В., Крылова Г.С. и др. Кучное выщелачивание - перспективный способ переработки техногенного золотосодержащего сырья // Руды и металлы. – 2000. – № 5. – С. 63-65.

REFERENCES

- 1 Moiseenko V.G. *Nanogehimija zolota*. Trudy simpoziuma. Vladivostok, **2008**. S. 6-25 (in Russ.).
- 2 Petrovskaja N.V. *Samorodnoe zoloto*. L.: Nauka, **1973**. 218 s (in Russ.).
- 3 *Kuchnoe vyshhelachivanie zolota – zarubezhnyj opyt i perspektivy razvitiya*. Spravochnik / Pod red. V. V. Karaganova i B. S. Uzhkenova. Moskva; Almaty, **2002**. 260 s (in Russ.).
- 4 Sidel'nikova G.V., Krylova G.S. i dr. *Kuchnoe vyshhelachivanie – perspektivnyj sposob pererabotki tehnogenogo zolotosoderzhashhego syr'ja*. Rudy i metally. **2000**. № 5. S. 63-65 (in Russ.).

Резюме

К. Ш. Дүйсембаева, С. Болатбекұлы

(Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.)

**МОРУ ҚЫРТЫСТАРЫНДАҒЫ МАРТОВ ЖӘНЕ
РАВНИН (БАТЫС ҚАЗАҚСТАН) КЕНБІЛІНІМДЕРІНІҢ МИКРО-ЖӘНЕ НАНОӨЛШЕМДІ АЛТЫНЫ**

Мору қыртысындағы мардымсыз қорлары бар нысандар шоғырлы сілтілілеу әдісі үшін практикалық маңызды болып табылады. Олар өте қолайлы, бірақ өндірілуге жатпайды. Олардың құрамында бар көп мөлшердегі монтмориллонит, мыс минералдары, карбонаттар басты кедергі болуы мүмкін. Осы мақсатта Мартов және Равнин кенбілінімдер кендерінің минералдық құрамдары зерттелген. Кендерді микроскоп және жұқа прецизиондық әдістерді пайдалану арқылы зерттеу нәтижесінде, лимониттенген бөлімдермен байланысты микро- және наноалтын айқындалған. Наноалтын ғажайып бұтақты құрылымдар түрінде көрінеді.

Тірек сөздер: кенорын, минерал, алтын, микро- и наноөлшемді, шоғырлы сілтілілеу.

Summary

K. Sh. Djusembaeva, S. Bolatbekuly

(Kazakh national technical university after K. I. Satpayev, Almaty)

**MICRO- AND NANOSCALE GOLD IN THE WEATHERING CRUSTS OF MARTOVSKOYE
AND RAVNINNOYE ORE OCCURRENCES (WEST KAZAKHSTAN)**

Small on stocks of and gold content of the objects in the weathering crusts are of practical interest for their developing by heap leaching method. They are readily available, but not all be working off. The main obstacle may be a significant presence in their composition montmorillonite, copper minerals, carbonates. Mineral composition of ores of Martovskoye and Ravninnoye ore occurrences were studied for this purpose. Microscopic study of ores involving highly precise methods revealed micro-and nano-gold associated with limonite zones. Nanogold is presented in the form of unusual branchy formations.

Keywords: deposit, mineral, gold, micro- and nanoscale, heap leaching.

Поступила 10.07.2014 г.