

# Перспективы попутного извлечения благородных металлов из руд месторождений железистых кварцитов Центрального Казахстана

<sup>1</sup>\***ЖУНУСОВ Акылбек Асыраркулович**, к.г.-м.н., главный научный сотрудник, [zunussov44@mail.ru](mailto:zunussov44@mail.ru),

<sup>1</sup>**ИДЫРЫШЕВ Рахметолла Баязиевич**, к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, [rahmetolla13@mail.ru](mailto:rahmetolla13@mail.ru),

<sup>2</sup>**МИЗЕРНАЯ Марина Александровна**, к.г.-м.н., доцент, [mizernaya@bk.ru](mailto:mizernaya@bk.ru),

<sup>1</sup>ТОО «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева», Satbayev University, ул. Кабанбай батыра, 69, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», ул. Д. Серикбаева, 19, Усть-Каменогорск, Казахстан,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** В допалеозойских и палеозойских отложениях Центрального Казахстана известны более тридцати рудопроявлений и месторождений железистых кварцитов. Они составляют Карсакпайскую, Улытаускую зоны и Жуантобинский бассейн железистых кварцитов, административно расположенных в Улытауской, Жамбылской и Костанайской областях. Природа их определяется образованием океанического дна в период от раннего докембрия до нижнего палеозоя. Железистые кварциты региона приурочены к различным геологическим образованиям протерозоя – кремнисто-спилито-зеленосланцевой, порфиroidно-сланцевой, карбонатно-кремнисто-терригенной формаций, которые представлены различными свитами. Наиболее железозоносными являются балбраунская, бурмашинская, шагирлинская, биитская в Южном Улытау, а также сууктальская жаксыкаиндинская свиты карсакпайской серии в Северном Улытау. Жуантобинский бассейн железистых кварцитов представлен рудоносными отложениями одноименной свиты бетпақдалинской серии. Отдельные аналитические данные по содержанию благородных металлов в железистых кварцитах и изучение их в подобных образованиях ближнего и дальнего зарубежья определяют их перспективность на данные элементы, что требует более детального изучения.

**Ключевые слова:** благородные металлы, железистые кварциты, месторождение, железисто-кремнистая формация, углеродисто-кремнистые сланцы, карсакпайская серия, золотое оруденение, перспективы, мартит, гематит.

## Введение

Как известно, минеральные ресурсы относятся к категории исчерпаемых и невозобновляемых, что требует более полного определения и последующем извлечения всех полезных компонентов из обрабатываемых руд. Установленные запасы золота в недрах земли составляют немногим более 55 тыс. тонн [8]. При текущих темпах добычи это золото из недр будет извлечено через 15-20 лет. Возникает необходимость извлекать полезные элементы из нетрадиционно-

ют в качестве попутных компонентов или примесей.

В Казахстане имеются различные геолого-генетические типы железорудных месторождений – более 200 объектов [«Месторождения железа Казахстана», 2015]. Однако благородные металлы в них практически не изучены и при обработке месторождений полностью теряются. Чтобы информировать геологов в этом отношении, повысить интерес к изучению благородных металлов (БМ) в этих типах рудных объектах, приведем краткий обзор литературных

данных по распространению их в месторождениях железистых кварцитов соседней России.

О распространении благородных металлов в месторождениях железистых кварцитов полные обзоры имеются в работах Н.И. Чернышева, С.П. Молоткова, О.Г. Резниковой, В.И. Старостина и мн. др. [10, 11].

В этом отношении наиболее изученной является железисто-кремнистая формация докембрия и палеозоя Центрального Казахстана.

В настоящее время в различных структурно-формационных зонах региона описаны и изучены около трех десятков объектов железистых кварцитов, которые тяготеют к вулканогенно-осадочным образованиям различного временного диапазона допалеозоя и палеозоя.

Значительные по размерам и запасам месторождения железисто-кремнистой формации слагают Карсакапай-Улытаускую и Бетпақдалинскую (Жуантобинскую) железорудные зоны (Жунусов, 1986). Докембрийские железисто-кремнистые образования имеют достаточно устойчивые сходства и различия в наборе рудовмещающих пород и руд. Общей для них является приуроченность к образованию кремнисто-спилито-зеленосланцевой формации и относится к металлогеническим комплексам океанического дна.

Основными районами развития железистых кварцитов являются антиклинорные поднятия и массивы: Улытауский, Аргынатинский, Шуйский и Жуантобинский. Толщи, содержащие железисто-кремнистые формации, выдержаны по простиранию на десятки километров. В целом для них характерны те же структурно-текстурные черты, что и для рассмотренных выше аналогичных образований других регионов. Из благородных металлов в железистых кварцитах Казахстана изучено только Au и только качественно.

Установлено несколько стратиграфических уровней развития железистых кварцитов [А.С. Крюков, 1983]. Первый представлен железисто-кремнистой формацией карсакапайской серии нижнего протерозоя Улытау, второй – бетпақдалинской серией верхнего протерозоя (месторождения Гвардейское, Жуантобинский антиклинорий) (см. рисунок), третий – братолюбовской серией венд-риффея Ишимской Луки. В Улытауском антиклинории в их разрезе развиты кварциты и кремнистые сланцы преимущественно светлых оттенков. Отмечаются прослойки кварц-серицитовых сланцев. На Гвардейском месторождении кварциты развиты слабо, имеют вишневую, бурюю и темно-серую окраску. Сланцы сформированы за счет пор-

фиридов и порфиритоидов. Определенный интерес может представлять палеозойская железисто-кремнистая формация палеозоя, представленная несколькими железорудными зонами в данном регионе.

А.И. Ершовым и О.Л. Ершовой [1991] установлена приуроченность золотого оруднения к бортовым частям мелких поднятий карсакапайского рудного поля. Золото отмечается в виде самородных зерен размером в сотые доли миллиметра, а также в виде примеси в пирите (максимальные концентрации Au приурочены к участкам развития тонкокристаллического пирита). Выделена продуктивная золото-кварцевая ассоциация. Выявлена следующая последовательность процессов образования железистых кварцитов Улытау: 1 – углеродизация осадочных и вулканогенно-осадочных пород; 2 – региональный метаморфизм, послыльное избирательное окварцевание, приведшее к образованию железистых кварцитов (раскристаллизация железистых гелей формирования кварца-1); 3 – метасоматическое окварцевание с образованием пирита, арсенопирита и кварца-2; 4 – гематитизация: образование псевдоморфоза гематита-1 по магнетиту (мартит); 5 – формирование золото-кварцевой ассоциации с кварцем-3; 6 – повторная гематитизация, отложение гематита-2 с формированием радиально-лучистых и пластинчатых агрегатов, развивающихся по зернам мартита.

Углеродизация пород развивается в черносланцевых отложениях и кварцитах с реликтовой полосчатостью. Черный цвет неокварцованных пород обусловлен наличием тонкодисперсного углерода. В нем присутствуют очень тонкие обособления самородного золота и серебра, образовавшиеся, по-видимому, за счет распада металлоорганических соединений. Строение самородных металлов почковидное. В окварцованных породах углеродистое вещество часто отсутствует, не исключено, что оно окислялось при окварцевании. В этих породах отмечается первично-осадочный метаколлоидный пирит, который затем раскристаллизовался до кубического.

По их мнению, в железистых кварцитах Улытау золото-кварцевая ассоциация связана с кварцевыми прожилками. Цвет золота желтый, пробность 730, размеры индивидов от тысячных до десятых долей и даже единиц миллиметров. В отдельных образцах присутствует до 100 знаков золота. По морфологии золотины имеют следующие разновидности: интерстиции между зернами кварца и мартита (размер 0,01-0,001 мм); коррозионные каемки вокруг зерен кварца и мартита; в трещинах тонкие листочки, раз-

меры которых иногда достигают 0,2x0,4x1,0 мм. Образование золота связано с процессами кварцевания и сульфидизации.

В.А. Глоба и В.С. Шибко [1974] в пределах Улытауского срединного массива установили золотоносность определенных по составу и положению в разрезе метаморфических отложений докембрия. Древнейшие толщи региона представлены четырьмя сериями (снизу вверх): бектурганской, аралбайской, карсакпайской и ерементауской, общей мощностью от 4 до 10 км. Характерной их общностью является двучленное строение. Нижняя половина каждой из серий сложена преимущественно вулканогенными отложениями средне-основного состава, верхняя – существенно терригенными образованиями, чередующимися с кислыми вулканитами.

В процессе регионального метаморфизма отложения низов разреза преобразовывались в амфиболиты – зеленокаменные породы, а терригенные осадки и кислые вулканиты – в слюдистые сланцы. По степени метаморфизма отложения нижних серий отвечают амфиболитовой фации (бектурганская серия), верхних серий – фации зеленых сланцев (карсакпайская серия). В зоне перехода этих двух фациально-формационных ритмов фиксируются отложения кварц-железистого состава. Среди них преобладают кварциты и кварцевые сланцы, в различной степени насыщенные минералами железа, – магнетитом, гематитом, пиритом. Мощность этой переходной пачки составляет 150-250 м. Яркими представителями этих образований являются месторождения Балбрауын, Керегетас в Карсакпайском синклинории, Гвардейское в Жуантобинском поднятии и др., в различной степени детальности изученные нами.

В.А. Глоба и В.С. Шибко [1974] установили повышенную золотоносность железистых кварцитов бектурганской серии. В протоловках установлено самородное золото в количестве от 1 до 200 знаков размером 0,01-0,15 мм в сростании с пиритом и гематит-магнетитовыми агрегатами. Пробность золотин 778-980. Содержание Au в пирите по результатам атомно-абсорбционного анализа достигает 10 г/т. Форма золотин комковатая, пластинчатая, губчатая, каплевидная. В протоловках железистых порфириидов и кварцево-слюдистых сланцев количество золотин в протоловках достигает 380, средний размер частиц 0,06 мм, наибольший – 0,2 мм. Пробность золотин 785-850. По спектральным анализам в пирите установлены Au (до 5 г/т) и Ag (до 100 г/т). В протоловках проб аналогичных пород верхней ерементауской серии присут-

ствует золото (до 49 знаков) размером 0,025 мм проволочковидной, каплевидной и изометричной форм. Проба золота 895. В ряде случаев отмечается золотая минерализация в кварцево-слюдистых сланцах и филлитах (базальная часть унгулинской свиты). Решающую роль, по мнению авторов, в локализации золотой минерализации в толщах Улытау играли условия седиментации. Метаморфогенные процессы приводили лишь к перераспределению золотой минерализации.

Т.М. Жаутиковым и З.С. Тилеповой [1984] проведены исследования по определению золотоносности джеспилитов Шуйского, Улытауского и Аргынтинского поднятий. Установлено, что железистые кварциты почти во всех случаях содержат Au по результатам атомно-абсорбционной спектроскопии от 0,003-0,006, до 0,079 г/т. Наиболее благоприятным для его накопления, по мнению авторов, являются горизонты тонкополосчатых кварцитов.

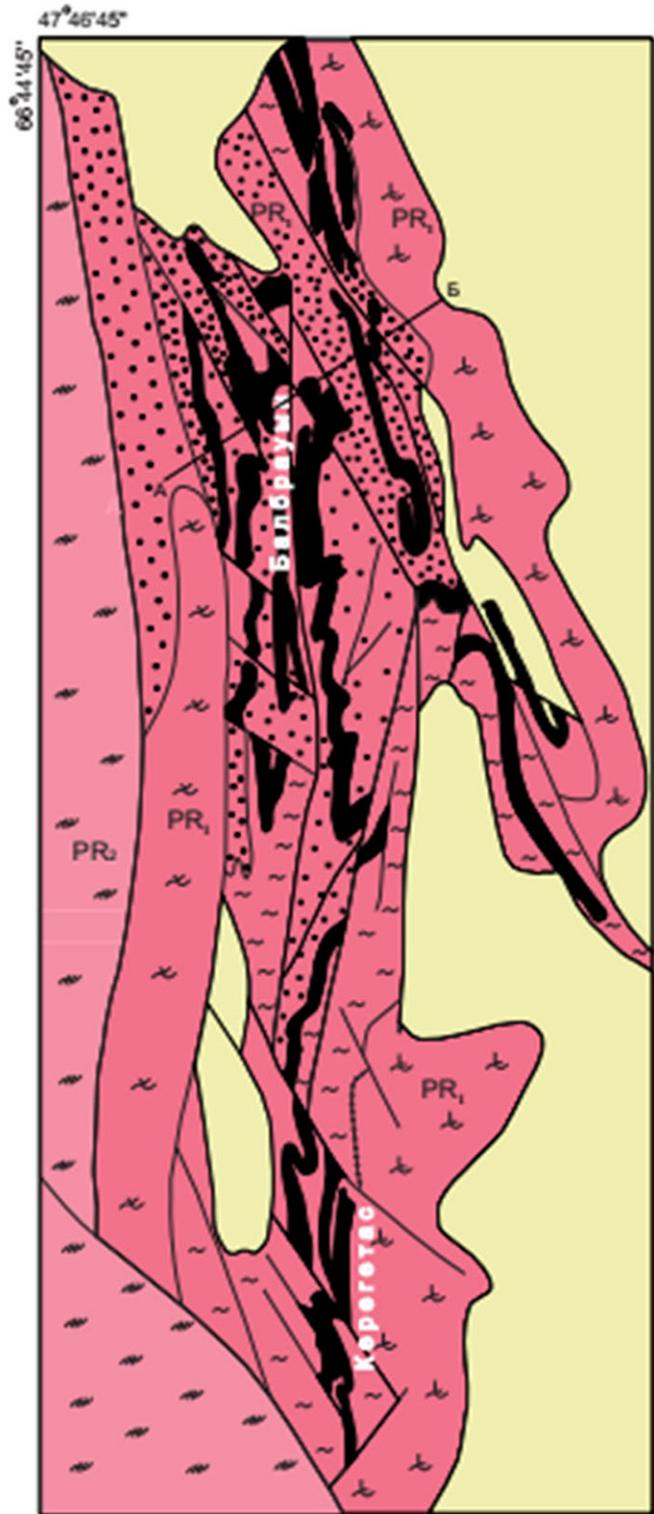
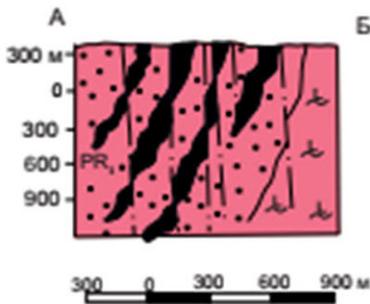
Следует отметить и то, что Улытауский регион сходен с геологическим строением зарубежных областей, в которых локализованы крупнейшие месторождения золотоносных конгломератов: Витватерсранд (ЮАР), Тарква (Гана), Жакобина (Бразилия). В древних толщах Улытау, наряду с железистыми кварцитами и метаморфическими сланцами, присутствуют конгломераты, кварцевые гравелиты и другие породы кремнисто-терригенной формации, а также углеродистые сланцы и графитизированные разновидности пород.

Известно, что основным критерием локализации золотого оруденения в древних конгломератах в региональном плане являются: наличие молассовых формаций, крупных впадин с компенсированным осадконакоплением, терригенно-зеленокаменных поясов с базитовым и гранитоидным магматизмом в пределах древних питающих провинций. Факторами локального плана служат: борта бассейнов седиментации, граничащие по сбросам с воздымающимися областями питания; фации галечных пляжей у стабильных береговых зон вдоль подножья структурных уступов, наличие несогласия или размыва, разделяющего циклы; наличие кварцево-галечных конгломератов, кварцито-песчаников; кварцево-серицитовый состав цемента; геохимические и шлиховые ореолы золота. Вышеизложенные критерии характерны также и для тесно ассоциирующихся с конгломератами кварцитов, кварцито-песчаников, углеродсодержащих сланцев и филлитов.

На основании этих данных, Д.Д. Дуйсенбеков [1991] выдвинул в качестве положи-

Свита	Пачка	Схема	Мощность м
БАЛБРАУНСКАЯ	КВАРЦИТО-СЛАНЦЕВАЯ	~	1000
		~	15
		~	50
		~	75
		~	15
		~	25
		~	15
		~	120
		~	15
		~	5
ПОРФИРИТОИДНАЯ	Бурмашинская свита	~	300 - 500
		~	
		~	

Стратиграфическая колонка рудоносного отложения Карсакая



По Узбекову М.Р.



1 – кайнозойские отложения; 2 – боздакская свита PR<sub>2</sub>: глинисто-кремнисто-карбонатные породы, кремнисто-углистые сланцы, конгломераты и песчаники; 3 – нижний протерозой: порфириитоиды, сланцы разного состава, железистые кварциты; 4 – кварц-серицитовые сланцы и кварциты; 5 – кварц-серицитовые, серицит-кремнистые сланцы; 6 – базальтовые порфириитоиды; 7 – горизонты окварцованных мраморов; 8 – кварциты; 9 – порфириитоиды; 10 – горизонты железистых кварцитов; 11 – разломы; 12 – геологические границы

тельных факторов золотоносности древних толщ Улытау следующие: наличие древней линейной протоструктуры; развитие горизонтов и линз конгломератов, гравелитов и кварцито-песчаников со следами золотоносности; наличие золота в кварцитах и железистых кварцитах; хорошая сортировка и окатанность галек конгломератов; развитие конгломератов в низах серий. По его представлениям, перспективы выявления крупных месторождений золота в древних конгломератах Улытау ограничены, но возможно обнаружение мелких объектов.

Приведенные материалы показывают распространение благородных металлов, в основном золота, в месторождениях железистых кварцитов Казахстана. Однако этот материал пока качественный. Следует отметить, что в настоящее время имеется большое количество опубликованных работ по методам изучения благороднометалльного оруденения в рудах железа, по прогнозированию и выбору технологий обогащения и извлечения Au и МПГ [«Методические рекомендации...», 1991; и многие другие работы]. При оценке на БМ выделенных типов рудных объектов, прежде всего, необходима надежная аналитическая база для их определения. В монографической работе по платиновым месторождениям России Д.А. До-

дин, Н.М. Чернышов и Б.А. Яцкевич [2000] рассмотрели методы анализа МПГ. В нем авторы пришли к весьма неутешительному выводу: «В ближайшее время при оценке проявлений МПГ в углеродсодержащих комплексах мы не сможем полностью доверять ни одному из существующих методов анализа». За последние 20 лет ситуация существенно не изменилась. Таким образом, следует отметить, что в этой ситуации данную проблему необходимо решать комплексно как в геологическом, так и аналитическом направлении. Если вопрос о благороднометаллоносности железистых кварцитов решится положительно, то перспектива освоения крупных запасов железа этих регионов будет реальной.

### Выводы

1. Месторождения железистых кварцитов в Центральном Казахстане сосредоточены в нескольких рудоносных свитах допалеозоя и палеозоя и приурочены к различным структурно-формационным зонам.

2. Анализ и сопоставление их с аналогами месторождений ближнего и дальнего зарубежья ставит необходимость их дальнейшего изучения и освоения со стороны недропользователей на предмет извлечения нетрадиционного минерального сырья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глоба В.А., Шибко В.С. К сингенетической золотоносности докембрийских метаморфических толщ Улытау // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Вып. 1. Алма-Ата: Каз ИМС, 1975. С. 28-31.
2. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. Санкт-Петербург: Наука, 2000. 755 с.
3. Дуйсенбеков Д.Д. О перспективах золотоносности древних терригенных толщ Улытау // Геология, минералогия и геохимия новых и нетрадиционных типов золотого оруденения Казахстана. Сб. научных трудов; Каз ИМС. Алма-Ата, 1991. С. 22-27.
4. Ершов А.И. Золотоносность древних железистых кварцитов Казахстана // Геология, минералогия и геохимия новых и нетрадиционных типов золотого оруденения Казахстана. Сб. научных трудов; Каз ИМС. Алма-Ата, 1991. С. 16-22.
5. Жаутиков Т.М., Тилепова З.С. Золотоносность железистых кварцитов Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1984. С. 50-52.
6. Жунусов А.А. Геохимические особенности железистых кварцитов Центрального Казахстана // Геохимия в локальном металлогенетическом анализе. – Новосибирск, 1986. – С. 41-43.
7. Крюков А.С. Бетпақдалинский железорудный бассейн (геология и перспективы железистых кварцитов докембрия). 1983. 22 с.
8. Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, 2009.
9. Старостин В.И., Пелымский Г.А., Леоненко Е.И., Сакия Д.Р. Золото в месторождениях железистых

кварцитов Восточно-Европейской платформы // Известия высших учебных заведений. 2005. № 14. С. 27-42.

10. Чернышов Н.М., Абрамов В.В., Кузнецов В.С. К вопросу о выборе технологий обогащения и извлечения благородных металлов из железистых кварцитов, черных сланцев и продуктов их переработки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: геология. № 2. 2009. С. 110-122.
11. Чернышов Н.М., Молотков С.П., Резникова О.Г. Золото-платиноносность главнейших типов железорудных формаций мира (информационно-аналитический обзор) // Научный журнал «Вестник ВГУ». Серия геология. 2003. № 2. С. 3-28.

### **Орталық Қазақстанның темірлі кварцитті кендерінен асыл металдарды қосымша алудың болашағы**

<sup>1</sup>**\*ЖҮНІСОВ Акылбек Асыраркулович**, г.м.ф.к., бас ғылыми қызметкер, [zunussov44@mail.ru](mailto:zunussov44@mail.ru),

<sup>1</sup>**ИДЫРЫШЕВ Рахметолла Баязиевич**, г.м.ф.к., жетекші ғылыми қызметкер, [rahmetolla13@mail.ru](mailto:rahmetolla13@mail.ru),

<sup>2</sup>**МИЗЕРНАЯ Марина Александровна**, г.м.ф.к., доцент, [mizernaya@bk.ru](mailto:mizernaya@bk.ru),

<sup>1</sup>«Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты» ЖШС, Сәтбаев Университеті, Қабанбай батыр көшесі, 69, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Д. Серікбаев көшесі, 19, Өскемен, Қазақстан,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Орталық Қазақстанның палеозойға дейінгі және палеозойлық түзілімдерінде темірлі кварциттердің отыздан астам кен білінімдері мен кенорындары белгілі. Олардың жаралуы алғашқы докембрий мен төменгі палеозойға шейінгі мұхит түбі геодинамикалық жағдайымен байланысты. Темірлі кварциттер протерозойдың әртүрлі геологиялық түзімдерінде-кремнийлі-спилит-көктүсті тақтатасты, порфиroidты-тақтатасты, карбонатты-кремнийлі-терригенділердің жеке свиталарымен байланысты дамыған. Олар Қарсақпай, Ұлытау зоналары және Жуантөбе темірлі кварциттер бассейні түрінде белгілі. Оңтүстік Ұлытауда қарсақбай сериясының балбрауын, бұрмашы, шағырлы, бейіт, ал Солтүстік Ұлытауда – суықтал, жақсықайынды свиталарымен берілген. Жуантөбе темірлі кварциттер бассейні бетпақдала сериясының жуантөбе свитасының темірлі кенді түзілімдерінен тұрады. Осы нысаналардағы жекеленген аналитикалық мәліметтері алыс, жақын шетелдердегі осындай құрамды кенорындардағы асыл металдар мөлшері, мұндай нысаналардағы элементтерді анықтауға байланысты зерттеулерді тыянақты жүргізуді қажет етеді.

**Кілт сөздер:** асыл металдар, темірлі кварциттер, кенорындары, темірлі-кремнийлі формация, көмірлі-кремнийлі тақтатастар, қарсақбай сериясы, алтынды кендену, болашағы, -мартит, гематит.

### **Prospects for Associated Extraction of Precious Metals from the Ores of Ferruginous Quartzite Deposits in Central Kazakhstan**

<sup>1</sup>**\*ZHUNUSOV Akylbek**, Cand. of Geol. and Min. Sci., Chief Researcher, [zunussov44@mail.ru](mailto:zunussov44@mail.ru),

<sup>1</sup>**IDYRYSHEV Rahmetolla**, Cand. of Geol. and Min. Sci., Leading Researcher, [rahmetolla13@mail.ru](mailto:rahmetolla13@mail.ru),

<sup>2</sup>**MIZERNAYA Marina**, Cand. of Geol. and Min. Sci., Associate Professor, [mizernaya@bk.ru](mailto:mizernaya@bk.ru),

<sup>1</sup>LLP «Institute of Geological sciences named after K.I. Satpaev», Satbayev University, Kabanbay batyr Street, 69, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», D. Serikbayev Street, 19, Oskemen, Kazakhstan,

\*corresponding author.

**Abstract.** *More than thirty ore occurrences and deposits of ferruginous quartzite are known in the Pre-Paleozoic and Paleozoic deposits of Central Kazakhstan. They make up the Karsakpai, Ulytau zones and the Zhuantobinsky basin of ferruginous quartzites, administratively located in Ulytau, Zhambyl and Kostanay regions. Their nature is determined by the formation of the ocean floor in the period from the Early Precambrian to the Lower Paleozoic. Ferruginous quartzites of the region are confined to various geological formations of the Proterozoic-siliceous-spilite-green slate, porphyroid-shale, carbonate-siliceous-terrigenous, which are represented by various formations. The most iron-bearing are the Balbraun, Burmashinskaya, Shagirlinskaya, Biitskaya in Southern Ulytau, as well as the Suuktalskaya Zhaksykindinsky formations of the Karsakpai series in Northern Ulytau. The Zhuantobinsky basin of ferruginous quartzites is represented by ore-bearing deposits of the Betpakdalinsky series formation of the same name. Separate analytical data on the content of precious metals in ferruginous quartzites and their study in similar formations of the near and far abroad determine their prospects for these elements, which requires a more detailed study.*

**Keywords:** *precious metals, ferruginous quartzites, deposit, ferruginous-siliceous formation, carbonaceous-siliceous shales, Karsakpai series, gold mineralization, prospects, martite, hematite.*

## REFERENCES

1. Globa V.A., Shibko B.S. On the syngenetic gold content of the Precambrian metamorphic strata of Ulutau // *Geology, geochemistry and mineralogy of gold mining areas and deposits of Kazakhstan*. Vol. 1. Alma-Ata: Kaz IMS, 1975. Pp. 28-31.
2. Dodin D.A., Chernyshov N.M., Yatskevich B.A. *Platinum metal deposits of Russia*. St. Petersburg: Science, 2000. 755 p.
3. Duisenbekov D.D. On the prospects of gold bearing in ancient terrigenous strata of Ulutau // *Geology, mineralogy and geochemistry of new and unconventional types of gold mineralization in Kazakhstan*. *Sat. scientific works*. Kaz IMS. Alma-Ata. 1991. Pp. 22-27.
4. Ershov A.I. Gold content of ancient ferruginous quartzites of Kazakhstan // *Geology, mineralogy and geochemistry of new and unconventional types of gold mineralization in Kazakhstan*. *Sat. scientific works*. Kaz IMS. Alma-Ata. 1991. Pp. 16-22.
5. Zhautikov T.M., Tilepova Z.S. Gold content of ferruginous quartzites of Kazakhstan // *Izv. Academy of Sciences of the KazSSR. Ser. geol.* 1984. Pp. 50-52.
6. Zhunusov A.A. Geochemical features of ferruginous quartzites of Central Kazakhstan // *Geochemistry in local metallogenic analysis*. – Novosibirsk, 1986. – Pp. 41-43.
7. Kryukov A.S. Betpak-dala iron ore basin (geology and prospects of Precambrian ferruginous quartzites). 1983. P. 22.
8. Rafailovich M.S. *Gold of the subsoil of Kazakhstan: geology, metallogeny, forecasting and prospecting models*. Almaty, 2009.
9. Starostin V.I., Pelymsky G.A., Leonenko E.I., Sakiya D.R. Gold in deposits of ferruginous quartzites of the East European Platform // *News of higher educational institutions*. 2005. No. 14. Pp. 27-42.
10. Chernyshov N.M., Abramov V.V., Kuznetsov V.S. On the issue of choosing technologies for enrichment and extraction of precious metals from ferruginous quartzites, black shales and their processed products // *Bulletin of Voronezh State University. Series: geology*. No. 2. 2009. Pp. 110-122.
11. Chernyshov N.M., Molotkov S.P., Reznikova O.G. Gold-platinum content of the main types of iron ore formations in the world (information and analytical review) // *Scientific journal «Bulletin of VSU». Geology series*. 2003. No. 2. Pp. 3-28.