

Код МРНТИ 38.17.91

А.А. Бекботаева¹, К. Фурлонг², *Д.Н. Талгарбаева¹, Т.Л. Абдуллаева¹¹Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан),²Пенсильванский государственный университет (г. Стейт Колледж, США)

МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРДИЛЬЕРСКОГО (США) И ЦЕНТРАЛЬНО-КАЗАХСТАНСКОГО РУДНЫХ ПОЯСОВ: ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РУДООБРАЗОВАНИЕ

Аннотация. Анализ разломных зон, магматических комплексов и гидротермальных изменений позволил выявить структурно-геологические и минералогические закономерности размещения рудных тел в субдукционных обстановках. Сравнение порфировых систем Центрального Казахстана (позднепалеозойская субдукция) и северо-западных районов США (мезозойско-кайнозойская субдукция) показало сходные рудоконтролирующие факторы: активные разломы, калиевые изменения, кварц-серпичитовые ассоциации. Отличия касаются интенсивности изменений, состава рудных минералов и масштаба магматизма. Полевые работы (2019, 2024) включали картирование и отбор образцов, лабораторные анализы охватывали минералогию, петрографию и геохимию. Интеграция данных позволила уточнить условия формирования порфировых систем и выделить признаки перспективных объектов в сходных геодинамических условиях. Результаты применимы для планирования поисков.

Ключевые слова: медно-порфировые месторождения, Центрально-Казахстанский, Кордильерский, тектоника, минералогия, интрузивные комплексы, рудообразование.

Кордильера (АҚШ) және Орталық Қазақстан кен белдеулерінің порфирді мыс кен орындары: тектоникалық жағдайлардың кен түзілуіне әсері

Аннотация. Жарылымдық зоналар, магмалық кешендер мен гидротермальдық өзгерістерді талдау субдукция жағдайларындағы кен денелерінің құрылымдық-геологиялық және минералогиялық заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді. Қазақстанның орталығындағы (палеозой) және АҚШ-тың солтүстік-батысындағы (мезозой-кайнозой) порфирлік жүйелерді салыстыру ұқсас руданы бақылаушы факторларды көрсетті: белсенді жарылымдар, калийлі өзгеру аймақтары, кварц-серпичиттік ассоциациялар. Айырмашылықтар гидротермальдық өзгеру қарқындылығы мен кен минералдарының құрамында байқалады. 2019 және 2024 жылдардағы далалық жұмыстар құрылымдық карталау мен үлгілер жинауды қамтыды. Лабораториялық зерттеулер минералогияны, петрографияны және геохимианы талдауды қамтыды. Бұл деректер перспективаны аудандарды анықтауға және геологиялық барлау жұмыстарын жоспарлауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: порфирді мыс кен орындары, Орталық Қазақстандық, Кордильералық, тектоника, минералогия, интрузивтік кешендер, кен түзілуі.

Porphyry copper deposits of the Cordilleran (USA) and Central Kazakhstan ore belts: the influence of tectonic conditions on ore formation

Abstract. Analysis of fault zones, magmatic complexes, and hydrothermal alterations revealed structural and mineralogical controls on ore body localization in subduction settings. A comparison between porphyry systems of Central Kazakhstan (Paleozoic subduction) and the northwestern USA (Mesozoic-Cenozoic subduction) shows common ore-controlling factors: active faults, potassic alteration zones, and quartz-sericite associations. Differences lie in the intensity of hydrothermal alteration, ore mineral composition, and the scale of magmatic events. Fieldwork in 2019 and 2024 included structural mapping and sampling, while laboratory studies covered mineralogical, petrographic, and geochemical analyses. The integrated data refined the formation conditions of porphyry systems and identified indicators of prospective areas in similar geodynamic settings. Results are applicable to future exploration planning.

Key words: porphyry copper deposits, Central Kazakhstan, Cordillera, tectonics, mineralogy, intrusive complexes, ore formation.

Введение

Медно-порфировые месторождения традиционно связаны с магматическими дугами, формирующимися в субдукционных зонах, где магмато-гидротермальные процессы концентрируют металлы в рудных телах. Формирование рудных комплексов Центрально-Казахстанского рудного пояса (ЦКРП) происходило в позднем палеозое, когда субдукционные и последующие коллизийные процессы привели к интенсивному магматизму и гидротермальной активности. Однако последующие тектонические деформации изменили пространственное распределение рудных тел, что усложняет их идентификацию и прогнозирование новых месторождений. В отличие от классических субдукционных провинций, ЦКРП испытал разрывные и складчатые деформации, что могло способствовать формированию скрытых или глубоко залегающих рудных систем.

В 2019 году в рамках научно-исследовательской работы, выполненной по технической спецификации ТОО «KAZ Minerals Aktogay», были проведены комплексные исследования, направленные на изучение влияния приразломной тектоники на изменение минерального состава медно-порфирового оруденения месторождения Акто-

гай, а также использовались опубликованные данные по месторождениям США [1]. Полевые данные включают структурные описания, ориентировки зон измененности и отбор проб для лабораторного анализа, минералогический и минераграфический состав пород и руд.

Несмотря на значительный объем исследований, остается недостаточно изученным влияние поздних тектонических перестроек на перераспределение металлов. Большинство моделей рудообразования учитывают только начальные этапы формирования месторождений, тогда как последующая переработка рудных тел может существенно изменять их структуру и минеральный состав. Настоящее исследование направлено на анализ пространственной локализации и сохранности рудных тел в ЦКРП с учетом поздних тектонических процессов. Сравнение с медно-порфировыми месторождениями Кордильерского пояса (США) позволяет выявить общие и региональные закономерности формирования порфировых систем. В работе рассматриваются особенности тектонической эволюции, геохимия, минералогический состав и возраст рудообразования, что позволит уточнить механизмы рудогенеза и предложить новые подходы к прогнозированию месторождений.

Методы и методология

Исследование основано на комплексном подходе, включающем структурно-тектонический, геохимический и петрографический анализ. Основное внимание уделено влиянию субдукционных и посторогенных процессов на перераспределение металлов и формирование рудных тел. Лабораторные исследования, проведенные по итогам двух полевых сезонов – в 2019 году (по проекту ТОО «KAZ Minerals Aktogay») и в 2024 году (в рамках проекта ПЦФ), включали минералогический, петрографический и геохимический анализ горных пород и руд месторождений Актогай и Кызылкия. В исследование вошли роговики, порфириды, кварц-серицитовые и калишпатизированные породы, а также сульфидные руды образцов пород и руд, отобранных в 2019 и 2024 годах, с акцентом на ореолы калишпатизации, кварц-серицитового и пропилитового изменения.

Сравнение месторождений Центрального Казахстана и Северо-Западной Америки выявило схожие закономерности формирования рудных тел, связанные с активными разломами и магматическими комплексами зон субдукции, а также различия в интенсивности гидротермального обогащения. Интеграция полевых данных (структурно-геологическое картирование, описание зон измененности, GPS-привязка проб) и лабораторных исследований позволила уточнить факторы формирования рудных систем и определить критерии прогнозирования новых месторождений, что важно для дальнейших геологоразведочных работ.

Основная часть

Геологическая и тектоническая обстановка. Меднопорфиридные месторождения в США сосредоточены вдоль Кордильерского рудного пояса. Этот пояс простирается от Аляски на севере до Мексики на юге, охватывая такие штаты, как Аризона (Моренси, Резолюшен), Юта (Бингем-Каньон), Невада (Робинсон), Монтана (Батт) и Нью-Мексико (Чино) и другие. Кордильерский рудный пояс сформировался в мезозойско-кайнозойский период в результате субдукции Тихоокеанской плиты под Североамериканскую платформу. Эти месторождения связаны с крупными магматическими интрузиями, приуроченными к континентальным дуговым системам.

Порфиридные медные системы чаще всего развиваются в условиях сжатия или трансрессии, но также могут образовываться при переходе к растянутому или умеренно растянутому тектоническому режиму, что способствует внедрению порфиридных интрузий. Некоторые месторождения формируются в постколлизийных обстановках или в бэк-арк-зонах, где происходит растяжение коры после завершения субдукции. Они образуются в верхней коре на глубинах менее 5–10 км в тектонически нестабильных районах, что делает их уязвимыми к эрозии [2]. Компрессионные тектонические условия способствуют накоплению гидратированных магм в нижней коре, а последующие изменения тектонического режима могут способствовать быстрой эмиссии магматических жидкостей в верхнюю кору, что критично для формирования порфиридных месторождений [3].

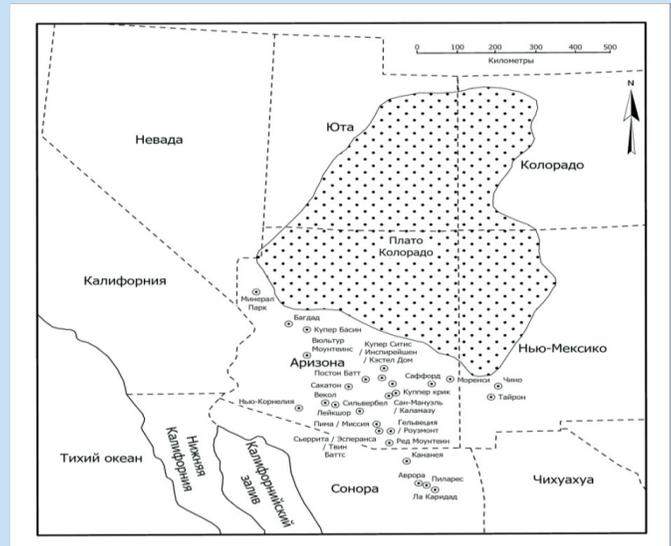


Рис. 1. Медно порфиридные месторождения юго-запада Северной Америки [1].

Сурет 1. Солтүстік Американың оңтүстік-батыс аймағында орналасқан мыс порфирил кенорындары [1].
Figure 1. Porphyry copper deposits of southwestern North America [1].

Центрально-Казахстанский рудный пояс представляет собой одну из наиболее значимых металлогенических провинций Центральной Азии. Он включает Актогайский и Балхашский рудные районы, известен своими крупными порфиридными медными месторождениями, такими как Актогай, Бозшаколь, Коньрат и Коунрад. Пояс сформировался в результате сложных тектоно-магматических процессов, происходивших в позднем палеозое, в ходе аккреции и субдукции океанических террейнов, закрытия Палеоазиатского океана и последующих коллизийных событий [4].

Геологическое развитие ЦКРП связано с активным орогенезом, что привело к формированию благоприятных условий для рудообразования [5]. Порфиридные месторождения пояса образовались в тесной связи с гранитоидными интрузиями, внедрившимися в континентальную кору в посторогенный этап тектонической эволюции региона [6]. Металлогеническая специализация пояса включает медь, молибден и золото, а также сопутствующие элементы, такие как серебро и редкие земли.

Минералогический состав вмещающих пород Северо-Западной Америки характеризуются сложной системой гидротермальных изменений. Основные зоны изменения включают натрий-кальциевую, калиевую, серицит-хлоритовую, серицитовую, кварц-пиррофиллитовую, кварц-алунит-каолинитовую, пропилитовую и хлоритовую зоны [2]. Эти зоны альтерации формируют концентрические оболочки вокруг магматического центра месторождения, отражая температурные и химические градиенты флюидных потоков [3]. Порфиридные интрузии, ассоциированные с этими месторождениями, включают диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, кварцевые монзониты (монцограниты) и реже сиениты [2]. Для медно-молибденовых порфиридов характерны более кислые интрузивные породы,

такие как кварцевые монцитоны и гранодиориты, обогащенные фтором редкометалльные граниты, содержащими элементы, такие как *Zr, Ba, Li, P3Э, Nb, Rb* и *Ta* [2].

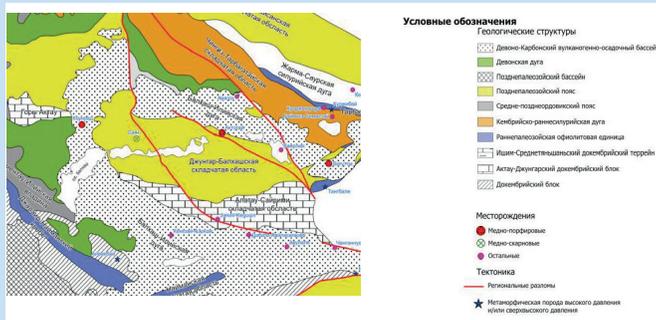


Рис. 2. Геолого-тектоническая карта Центрально-Казахстанского рудного пояса [5].

Сурет 2. Орталық Қазақстан кен белдеуінің геология-тектоникалық картасы [5].

Figure 2. Geological-tectonic map of the Central Kazakhstan ore belt [5].

Основными вмещающими породами ЦКРП являются гранодиориты, диориты и кварцевые монцитоны, в некоторых районах встречаются плагиограниты, амфиболиты и метаморфизованные осадочные породы. Изученный нами минералогический состав включает порообразующие минералы: плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кварц, амфиболы и биотит. В процессе гидротермального изменения породы подвергались серицитизации, пропицитизации, силицификации и калишпатизации, что способствовало концентрации рудных минералов [7].

Cu-Mo-порфировые месторождения Казахстана и Кордильер имеют схожие закономерности рудной минерализации, но также проявляют ряд отличий. В обоих регионах основными рудными минералами являются халькопирит,

борнит и молибденит, приуроченные к калиевым зонам изменений, фотографии аншлифов из месторождения Актогай показаны на рисунках 3–6 [8]. Пространственная зональность одинакова: борнит концентрируется в центральных частях рудных тел, халькопирит – в промежуточных, а пирит – на периферии. Оба типа месторождений связаны с гидротермальными процессами, а в калиевых зонах выявлены золото, серебро и минералы платиновой группы. Однако в Казахстане поздние тектонические процессы могли значительно изменить пространственное положение рудных тел, а в зонах окисления преобладают малахит, хризоколла и другие [2, 9].

Сопутствующие элементы и минералы (Au, Ag, PGE) концентрируются в калиевых зонах гидротермальных изменений, преимущественно в ассоциации с борнитом, халькопиритом и молибденитом. Их пространственное распределение важно учитывать при оценке экономического потенциала месторождений.

Платиновые металлы (PGM) часто связаны с борнит-халькопиритовыми рудами, обогащенными магнетитом. В Кордильерских месторождениях [2] основным минералом платиновой группы является мерензкит, тогда как в ЦКРП [10, 11] платина и палладий встречаются в дисперсных включениях борнита, а также в молибденитах, содержащих примеси *Rh* и *Au*.

Формы рудных тел. Рудные тела медно-порфировых месторождений Центрального Казахстана и Северо-Западной Америки в основном представлены штокверковыми и жильными системами, что характерно для порфировых систем в зонах субдукции [8, 12]. В обоих регионах минерализация связана с магматическими интрузиями и их гидротермальными преобразованиями, формирующими зоны рудного обогащения.

Месторождения Северо-Западной Америки, такие как Бингем и Моренси, демонстрируют классическую порфировую морфологию рудных тел [2]. Эти рудные тела

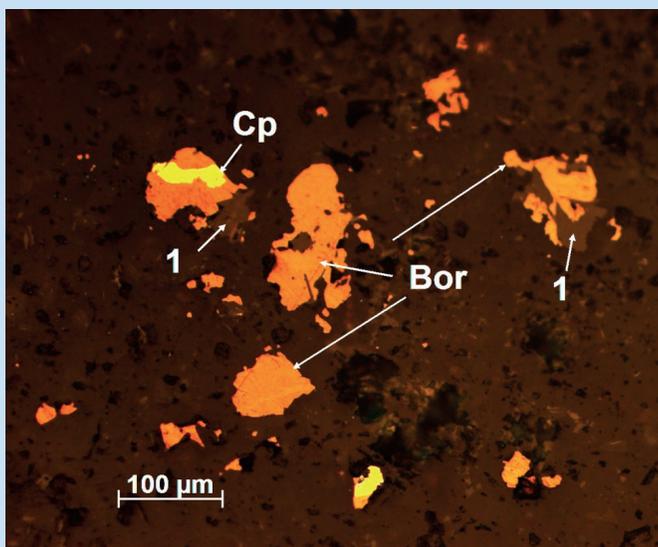


Рис. 3. Борнит (Bor) замещает халькопирит (Cp).

Сурет 3. Борнит (Bor) халькопиритті (Cp) алмастырады.

Figure 3. Bornite (Bor) replaces chalcopyrite (Cp).

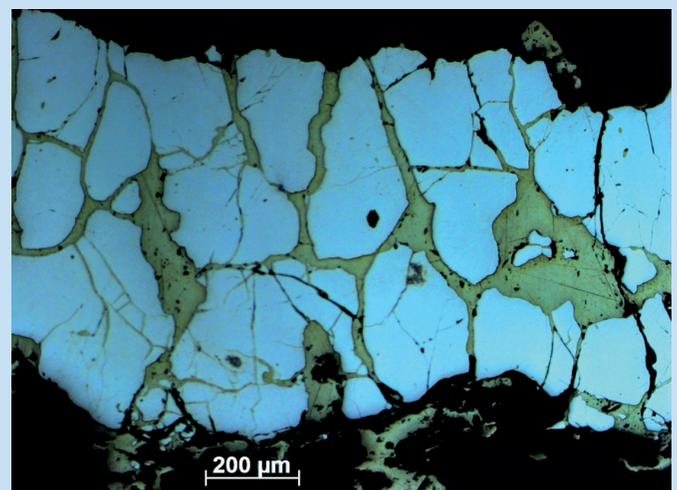
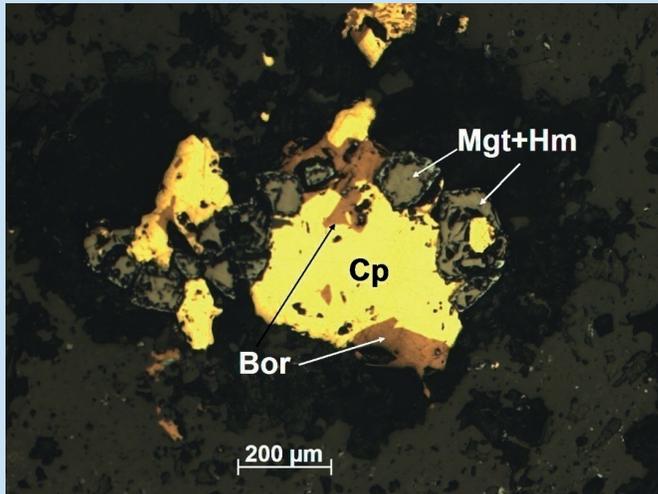


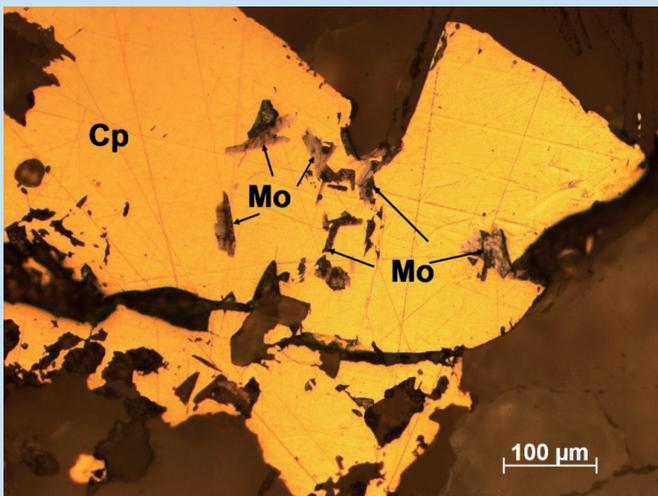
Рис. 4. Py-Cp находится в кварце. Белый – пирит (Py), желтый – халькопирит (Cp).

Сурет 4. Py-Cp кварц жігінде. Ақ – пирит (Py), сары – халькопирит (Cp).

Figure 4. Py-Cp is in a quartz. White is pyrite (Py), yellow is chalcopyrite (Cp).



**Рис. 5. Магнетит (Mgt) с гематитом (Hm) в ассоциации с халькопиритом (Cp) и борнитом (Bor).
Сурет 5. Магнетит (Mgt) гематитпен (Hm) халькопиритпен (Cp) және борнитпен (Bor) бірге.
Figure 5. Magnetite (Mgt) with hematite (Hm) in association with chalcopyrite (Cp) and bornite (Bor).**



**Рис. 6. Зерна молибденита (Mo) в халькопирите (Cp).
Сурет 6. Молибденит (Mo) түйіршіктері халькопириттің (Cp) ішінде.
Figure 6. Molybdenite (Mo) grains in chalcopyrite (Cp).**

обладают относительной устойчивостью к поздним тектоническим изменениям, что обусловлено стабильной субдукционной тектоникой региона.

В ЦКРП форма рудных тел также преимущественно штокверковая, но на некоторых месторождениях отмечается влияние поздних тектонических процессов, что привело к изменению пространственного расположения рудных зон. На месторождении Нурказган наблюдается частичная деструкция рудного массива вследствие разломных процессов [12], а в Актогае, Айдарлы и Арганаты фиксируются тектонически нарушенные зоны [9]. Морфология рудных тел в ЦКРП остается типичной для порфировых систем, однако местами претерпела модификации

вследствие позднепалеозойских и мезозойско-кайнозойских тектонических событий, что следует учитывать при прогнозировании рудных объектов на более глубоких горизонтах.

Возраст интрузий и рудообразования. Возраст рудообразования и интрузий существенно различается между регионами. В Восточной Америке медно-порфировые месторождения связаны с позднемезозойскими и кайнозойскими магматическими комплексами (70–30 млн лет). В Центральном Казахстане рудные тела формировались в палеозойскую эру (350–310 млн лет). Это связано с разной геодинамической эволюцией регионов: в Казахстане процесс рудообразования был связан с субдукцией и последующими коллизиями в палеозое, а в Америке – с мезозойской субдукцией Тихоокеанской плиты.

Актогайское порфировое медное месторождение, расположенное в Балхашском металлогеническом поясе Казахстана, является одним из ключевых примеров медно-порфировых месторождений ЦКРП. Это месторождение представляет собой важный объект для изучения процессов рудообразования и тектонической эволюции субдукционных зон. В рамках сравнительного анализа Кордильерского и ЦКРП, исследование возраста интрузий и рудообразования в Актогайском месторождении позволяет выявить ключевые этапы формирования порфировых медных руд и их связь с тектоническими процессами.

По исследованиям [11] датирование циркона методом SHRIMP для гранитоидов Актогайского рудного поля показало, что кварцевый диорит из интрузивного тела Колдар имеет возраст кристаллизации 335.7 ± 1.3 , порфировый гранодиорит – 327.5 ± 1.9 млн лет (верхний карбон). Это соответствует основному этапу рудообразования Актогая. Возраст Коньратского месторождения датируется [12] также с магматизмом и рудообразованием в позднем карбоне, что указывает на общие геодинамические процессы в Балхашском металлогеническом поясе. Таким образом, в Балхашско-Джунгарской рудоносной провинции наблюдается четкая взаимосвязь между геологической эволюцией и минерализацией, возраст формирования порфировых месторождений меди варьируется от ордовика до перми, однако большинство из них относится к позднему карбону [10–12].

Сравнение с Кордильерским поясом (США) показывает, что процессы рудообразования в субдукционных зонах имеют схожие временные рамки, однако тектоническая эволюция и эксгумация месторождений могут значительно варьироваться в зависимости от региональных геодинамических условий.

Заключение

Анализ тектонических условий формирования медно-порфировых месторождений Центрального Казахстана и Кордильерского рудного пояса США показал, что, несмотря на схожие механизмы рудообразования, различия в геодинамической эволюции обусловили уникальные особенности месторождений. В Центральном Казахстане порфировые системы возникли в позднем палеозое вследствие субдукции Палеоазиатского океана и коллизионных процессов, в то время как в Кордильерах они сформиро-

вались значительно позже – в позднем меле и кайнозое, демонстрируя более выраженную зональность.

Гидротермальные изменения оказали ключевое влияние на формирование рудных тел, при этом в Прибалхашье преобладают кашпатизация и серицитизация, а в Кордильерах более интенсивные гидротермальные процессы привели к образованию рудных систем большего масштаба. Различия в магматических источниках и геохимических условиях отразились на составе и распределении металлов.

Возрастные характеристики рудоносных интрузий подтверждают существование двух периодов активного рудообразования: 350–310 млн лет в Центральном Казахстане и 70–30 млн лет в Кордильерах. Поздние тектонические перестройки привели к значительным структурным изменениям казахстанских месторождений, что усложняет

их реконструкцию, но указывает на вероятность скрытых рудных тел в глубинных зонах древней субдукции.

Сопоставление порфировых систем Казахстана и США позволило выделить универсальные признаки, определяющие размещение рудных тел: активные разломы, калиевые изменения, кварц-серицитовая ассоциация. Эти результаты могут быть использованы для оценки перспективных площадей в других регионах с аналогичной тектонической структурой.

Благодарность

Данная статья финансировалась Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме (ПЦФ № BR21882179) «Разработка прогнозно-поисковых решений для геологического картирования рудных залежей наземно-космическими методами».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ливингстон Д.Э. Гипотеза тектоники плит для генезиса порфировых месторождений меди в провинции Южного бассейна и хребта // *Earth and Planetary Science Letters*. 1973. № 20 (2). С. 171–179 (на английском языке)
2. Джон Д.А., Тейлор Р.Д. Побочные продукты месторождений медно-порфировых и молибденовых руд // *Reviews in Economic Geology*. 2016. № 8. С. 137–164 (на английском языке)
3. Генрих К.А. Формирование месторождений медно-порфировых руд: взгляд из геологии, геохимии и геофизики // *Reviews in Economic Geology*. 2007. № 14. С. 1–38 (на английском языке)
4. Медно-порфировые месторождения Восточного Казахстана / Рагданова А.А. [и др.] // *Горный журнал Казахстана*. 2022. № 3. С. 137–143 (на русском языке)
5. Геологическая эволюция и огромные рудообразующие пояса в центральной части Центрально-Азиатского металлогенического региона / Сяо В. [и др.] // *Journal of Earth Science*. 2016. № 27 (3). С. 491–506 (на английском языке)
6. Новая геологическая карта Западного Джунгара, Северный Синьцзян (Северо-Западный Китай): значение для реконструкции палеоэкологической среды / Чжу Ю.Ф. [и др.] // *Episodes*. 2013. 36. С. 205–220 (на английском языке)
7. Оценка магматического родства и петрогенезиса гранитоидов на гигантском медно-порфировом месторождении Актогай, Центральный Казахстан / Цао М.-Дж. [и др.] // *American Journal of Science*. 2016. № 316 (9). С. 614–668 (на английском языке)
8. Силлитоз Р.Х. Медно-порфировые системы // *Economic Geologist*. 2010. № 105 (1). С. 3–41 (на английском языке)
9. Новое порфировое медно-молибденовое рудопроявление в аргановых гранитах Восточного Прибалхашья (Казахстан): геология, геохимия и минералогия / Байбатша А. [и др.] // *Geosciences*. MDPI. 2024. Т. 14. № 237. С. 1–21 (на английском языке)
10. Медные минералы из зоны окисления Cu(Mo)-порфирового месторождения Сарышаган (Западное Прибалхашье, Центральный Казахстан) / Прибавкин С.В. [и др.] // *Минералогия*. 2020. Т. 6. № 1. С. 58–67 (на английском языке)
11. Степанец В.Г., Макат Д.К., Савельева Н.А. Геология, минералогия и геодинамическая природа платиноносного месторождения Нурказган (Центральный Казахстан) // МНК «Геология, минералогия и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов РК и стран СНГ», Алматы, 8–9 октября 2015 г. С. 1–16 (на русском языке)
12. Ермолов П.В., Дегтярев К.Е., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Толмачева Е.В. Определение возраста рудоносных гранитоидов месторождения Коньрат (Коунрад) в Северном Прибалхашье, ЦК // *Доклады Академии наук*. 2015. Т. 461. № 2. – С. 345–350 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ливингстон Д.Э. Оңтүстік бассейні және жотасы провинциясындағы порфирлі мыс кен орындарының генезисіне қатысты плиталық тектоника гипотезасы // *Earth and Planetary Science Letters*. 1973. № 20 (2). Б. 171–179 (ағылшын тілінде)
2. Джон Д.А., Тейлор Р.Д. Мыс-порфирлі және молибденді кен орындарының қосалқы өнімдері // *Reviews in Economic Geology*. 2016. № 18. Б. 137–164 (ағылшын тілінде)

3. Генрих К.А. Мыс-порфирлі кен орындарының қалыптасуы: геология, геохимия және геофизика тұрғысынан қарастыру // *Reviews in Economic Geology*. 2007. № 14. Б. 1–38 (ағылшын тілінде)
4. Шығыс Қазақстанның мыс-порфирлі кен орындары / Рагданова А.А. [және т.б.] // *Қазақстан тау-кен журналы*. 2022. № 3. Б. 137–143 (орыс тілінде)
5. Орталық Азия металлогендік аймағының орталық бөлігіндегі геологиялық эволюция және ірі кен түзілу белдеулері / Сяо В. [және т.б.] // *Journal of Earth Science*. 2016. № 27 (3). Б. 491–506 (ағылшын тілінде)
6. Батыс Жоңғардың (Солтүстік Синьцзян, Солтүстік-Батыс Қытай) жаңа геологиялық картасы: палеоэкологиялық ортаны қайта құру үшін маңызы / Чжу Ю.Ф. [және т.б.] // *Episodes*. 2013. № 36. Б. 205–220 (ағылшын тілінде)
7. Орталық Қазақстандағы Актогай алып мыс-порфирлі кен орны гранитоидтарының магмалық туыстығы мен петрогенезисін бағалау / Цао М.-Дж. [және т.б.] // *American Journal of Science*. 2016. № 316 (9). Б. 614–668 (ағылшын тілінде)
8. Силлитое Р.Х. Мыс-порфирлі жүйелер // *Economic Geology*. 2010. № 105 (1). Б. 3–41 (ағылшын тілінде)
9. Шығыс Прибалхаш арганды граниттеріндегі жаңа порфирлі мыс-молибденді кен шоғыры (Қазақстан): геология, геохимия және минералогия / Байбатша А. [және т.б.] // *Geosciences*. MDPI. 2024. Т. 14. № 237. Б. 1–21 (ағылшын тілінде)
10. Сарышаған Си (Мо)-порфирлі кен орнының (Батыс Прибалхаш, Орталық Қазақстан) тотығу аймағындағы мыс минералдары / Прибавкин С.В. [және т.б.] // *Минералогия*. 2020. Т. 6. № 1. Б. 58–67 (орыс тілінде)
11. Степанец В.Г., Макат Д.К., Савельева Н.А. Нұрқазған платина тасымалдаушы кен орнының геологиясы, минералогиясы және геодинамикалық табиғаты (Орталық Қазақстан) // «Геология, минералогия және ҚР мен ТМД елдерінің минералдық-шикізат ресурстарын дамытудың перспективалары» ХҒ конференция материалдары, Алматы, 8–9 қазан 2015 ж. Б. 1–16 (орыс тілінде)
12. Ермолов П.В., Дегтярев К.Е., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Толмачева Е.В. Солтүстік Прибалхаш (Коунрад) Конырат кен орнының рудалы гранитоидтарының жасын анықтау // Ғылым академиясының есептері. 2015. Т. 461. № 2. – Б. 345–350 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Livingston D.E. A plate tectonic hypothesis for the genesis of porphyry copper deposits of the Southern Basin and Range Province // *Earth and Planetary Science Letters*. 1973. V. 20 (2). 171–179 pp. (in English)
2. John D.A., Taylor R.D. By-Products of Porphyry Copper and Molybdenum Deposits // *Reviews in Economic Geology*. 2016. V. 18. 137–164 pp. (in English)
3. Heinrich C.A. The Formation of Porphyry Copper Deposits: Insights from Geology, Geochemistry, and Geophysics // *Reviews in Economic Geology*. 2007. V. 14. 1–38 pp. (in English)
4. Medno-porfirovyye mestorozhdeniia Vostochnogo Kazakhstana [Copper-porphyry deposits of Eastern Kazakhstan], Ragdanova A.A. [et al.], *Gornyi zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]*. 2022. No. 3. 137–143 pp. (in Russian)
5. Geological Evolution and Huge Ore-Forming Belts in the Core Part of the Central Asian Metallogenic Region / Xiao W. [et al.] // *Journal of Earth Science*. 2016. V. 27 (3). 491–506 pp. (in English)
6. A New Geological Map of the Western Junggar, North Xinjiang (NW China): Implications for Paleoenvironmental Reconstruction / Zhu Y.F. [et al.] // *Episodes*. 2013. V. 36. 205–220 pp. (in English)
7. Assessing the magmatic affinity and petrogenesis of granitoids at the giant Aktogai porphyry Cu deposit, Central Kazakhstan / Cao M.-J. [et al.] // *American Journal of Science*. 2016. V. 316 (9). 614–668 pp. (in English)
8. Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems // *Economic Geology*. 2010. V. 105 (1). 3–41 pp. (in English)
9. New Porphyry Copper–Molybdenum Ore Occurrence in Arganaty Granites of the Eastern Balkhash (Kazakhstan): Geology, Geochemistry, and Mineralogy / Baibatsha A. [et al.] // *Geosciences*. MDPI. 2024. V. 14. No. 237. 1–21 pp. (in English)
10. Copper Minerals from the Oxidation Zone of the Saryshagan Cu (Mo)-Porphyry Deposit (Western Balkhash Region, Central Kazakhstan) / Pribavkin S.V. [et al.] // *Mineralogy*. 2020. V. 6. No. 1. 58–67 pp. (in English)
11. Stepanets V.G., Makat D.K., Saveliyeva N.A. Geologiya, mineralogiia i geodinamicheskaiia priroda platinonosnogo mestorozhdeniia Nurkazgan (Tsentralnyi Kazakhstan) [Geology, mineralogy

and geodynamic nature of the platinum-bearing deposit Nurkazgan (Central Kazakhstan)], Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia «Geologiia, minerageniia i perspektivy razvitiia mineralno-syrevykh resursov RK i stran SNG» [International scientific conference «Geology, minerageny and prospects for the development of mineral resources of the Republic of Kazakhstan and the CIS countries»], Almaty, October 8–9, 2015. 1–16 pp. (in Russian)

12. Ermolov P.V., Degtyarev K.E., Kotov A.B., Salnikova E.B., Yakovleva S.Z., Plotkina Yu.V., Tolmacheva E.V. *Opreделение vozrasta rudonosnykh granitoidov mestorozhdeniia Konyrat (Kounrad) v Severnom Pribalkhashe, Tsentralnyi Kazakhstan [Determination of the age of ore-bearing granitoids of the Konyrat (Kounrad) deposit in the Northern Balkhash region, Central Committee], Doklady Akademii nauk [Reports of the Academy of Sciences]. 2015. V. 461. No. 2. 345–350 pp. (in Russian)*

Сведения об авторах:

Бекботаева А.А., доктор Ph.D, профессор кафедры «Геология», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), Приглашенный ученый PennState University (г. Стэйт Колледж, США), *a.bekbotayeva@satbayev.university*; <https://orcid.org/0000-0003-2670-3604>

Фурлонг К., доктор Ph.D, профессор кафедры «Геонаука», PennState University (г. Стэйт Колледж, США), *kpf1@psu.edu*; <https://orcid.org/0000-0002-2674-5110>

Талгарбаева Д.Н., магистр технических наук по специальности «Геология и разведка полезных ископаемых», Институт Ионосферы (г. Алматы, Казахстан), *turebekova.d.n@gmail.com*; <https://orcid.org/0000-0001-5747-8978>

Абдуллаева Т.Л., магистр технических наук, преподаватель кафедры «Геология», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), Приглашенный ученый PennState University (г. Стэйт Колледж, США), *t.abdullaeva@satbayev.university*; <https://orcid.org/0000-0003-0657-0867>

Авторлар туралы мәліметтер:

Бекботаева А.А., Ph.D, Сәтбаев университетінің геология кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), ПеннСтейт университетінің шақырылған стипендиаты (Стейт колледжі қ., АҚШ)

Фурлонг К., Ph.D, Геоғылымдар кафедрасының профессоры, ПеннСтейт университеті (Стейт колледжі қ., АҚШ)

Талгарбаева Д.Н., «Геология және пайдалы қазбаларды барлау» мамандығы бойынша ғылым магистрі, Ионосфера институты (Алматы қ., Қазақстан)

Абдуллаева Т.Л., техника ғылымдарының магистрі, Сәтбаев университетінің геология кафедрасының оқытушысы (Алматы, Қазақстан), ПеннСтейт университетінің шақырылған стипендиаты (Стейт колледжі қ., АҚШ)

Information about the authors:

Bekbotayeva A.A., Ph.D, Professor, Department of Geology, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Visiting Scholar, PennState University (State College, USA)

Furlong K., Ph.D, Professor, Department of Geosciences, PennState University (State College, USA)

Talgarbaeva D.N., Master of Technical Sciences in the specialty «Geology and exploration of minerals», Institute of the Ionosphere (Almaty, Kazakhstan)

Abdullayeva T.L., MSc, Lecturer, Department of Geology, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Visiting Scholar, PennState University (State College, USA)