

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2023.i5.06>

## Features of the geological structure of the Kogodai VMS deposit in the Kurchum block

A.A. Bekbotayeva, S.B. Dyussetay\*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

\*Corresponding author: [saltanatdyussetay@gmail.com](mailto:saltanatdyussetay@gmail.com)

**Abstract.** The article considers the geological structure of Kogodai copper massive sulfide deposit in the Kurchum block, which is an integral part of the Irtysh shear zone. It is shown that the geological structure of the site involves feldspar quartz-mica and amphibole-feldspar-mica crystalline schists, gneisses with frequent horizons of amphibolites. Mineralized zones confined to the contact of amphibolite bodies with gneisses on terrigenous rocks are noted, granitoids in different phases of intrusion including dikes and various granite and quartz porphyries are also considered. The spatial contiguity of geological structures of different ages and compositions subject to intense metamorphic transformations is emphasized. This article presents the features of the copper massive sulfide deposit, the composition of the ores and the connection with the geological and structural-tectonic factors that contributed to its formation.

**Keywords:** Kogodai, VMS deposit, Irtysh shear zone, highly metamorphosed rocks, Kurchum block, shales, structure.

### 1. Введение

Выявленное в середине прошлого столетия по «чудским» выработкам Когодайское месторождение находится в высокометаморфизованных породах Курчумского блока, являющегося составной частью Иртышско-Фуянской зоны Большого Алтая. Оно привлекает внимание исследователей своим необычным положением, составом руд и вмещающих пород, которые в значительной степени отличаются от традиционных рудноалтайских колчеданно-полиметаллических месторождений. В структурном отношении участок приурочен к центриклинальному замыканию Когодайской синклинали. Магматические образования представлены мелкими согласными телами массивными амфиболитами и дайками гранофировых плагиоклазов порфиоров, распространённых по всей площади месторождения. Рудные тела сопровождаются околорудно-изменёнными породами эпидотового, тальк-хлоритового, актинолит-кварцевого состава.

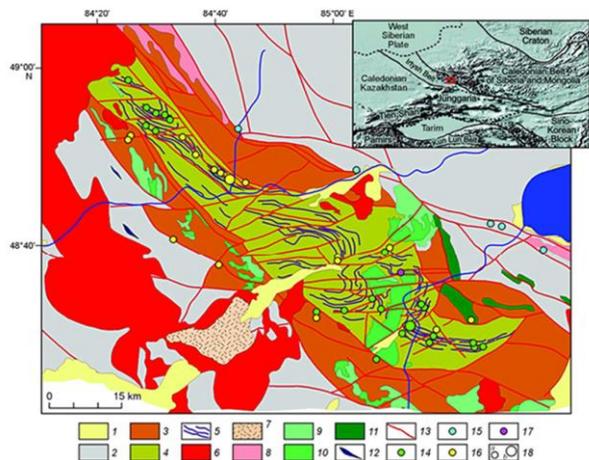
### 2. Краткая характеристика геологического строения и металлогении Курчумского блока

Курчумский блок расположен в осевой части ИЗС и имеет форму призмы длиной около 100 км и шириной 25 км, вытянутой в северо-западном направлении вдоль зоны смятия (рисунок 1). На северо-западе он ограничивается гранитами калбинского комплекса (P<sub>1</sub>), а на юго-востоке выклинивается. Описываемый блок сложен комплексом высокометаморфизованных пород, представленных гнейсами и амфиболитами, которые образуют выдержанные на большие расстояния по простиранию горизонты мощностью от 1 до 100 м.

Гнейсы представлены биотит – плагиоклазовыми, гранат – биотит – кордиерит - плагиоклазовыми, биотит –

амфиболовыми и реже пироксен – амфиболовыми разновидностями. Иногда среди них встречаются линзы мраморов. Амфиболиты в толще образуют контрастные стратифицированные горизонты, которые являются хорошими маркирующими горизонтами, позволяющими выявить внутреннюю структуру гнейсоамфиболитового комплекса. По степени насыщенности амфиболитами вся толща подразделяется на три пачки [1]. Нижняя пачка мощностью до 2000 м представлена различными гнейсами с отдельными горизонтами амфиболитов, средняя мощностью около 1800 м отличается резким преобладанием пироксен – амфиболовых гнейсов и амфиболитов над слюдястыми гнейсами, и верхняя мощностью около 1200 м почти не содержит амфиболитов и сложена переслаиванием различных слюдястых гнейсов. Амфиболиты по своему составу отвечают толеитовым базальтам и по петрохимическим характеристикам относятся к нормальному ряду пород натриевой серии. Гнейсы содержат 60-65% SiO<sub>2</sub> и сформировались по терригенно – осадочным отложениям в условиях эпидот – амфиболитовой фации. Температурные условия метаморфизма вулканогенно – терригенных образований, рассчитанные по гранату и биотиту, оцениваются в 510-660°C [2].

По периферии комплекс высокометаморфизованных пород окаймляется зелеными кварц – серицит – хлоритовыми сланцами среднепалеозойского возраста мощностью до 2000 м. Породы метаморфизованы в основном в зеленосланцевой фации и смяты в складки. Причем простирание складок меняется от северо – западного до субширотного, повторяя контуры блока высокометаморфизованных пород [3]. Соотношения между комплексом высокометаморфизованных пород и зелеными сланцами повсеместно тектонические, однако петрогеохимический состав гнейсов и сланцев практически идентичен [4].



**Рисунок 1. Геолого-структурная схема Курчумского блока глубокометаморфизованных пород. Составлена с использованием материалов [Хорева, 1963; Беспяев и др., 1997; Щерба и др., 1998]: 1 - отложения P-Qiv, нерасчлененные; 2 - осадочные и вулканогенно-осадочные отложения D<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>; 3 - терригенно-осадочные отложения S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>; 4 - гнейсо-амфиболитовый комплекс, нерасчлененный; 5 - горизонты амфиболитов; 6-граниты P<sub>1</sub> (калбинский комплекс); 7 - вулканогенный калгутинский комплекс C<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>; 8 - синтектонические гранито-гнейсы; 9-11 - прииртышский комплекс D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>: 9 - гранодиориты, плагиограниты, 10 - габброиды; 11 - диабазы; 12 - серпентиниты, маралихинский комплекс; 13 - тектонические нарушения; 14-17 - минеральные типы месторождений и рудопроявлений: 14 - Cu-колчеданные, 15 - Cu-Zn-колчеданные, 16 - золоторудные, 17-Cu-Ni магматические; 18а,б - размер объекта: 18 - рудопроявления**

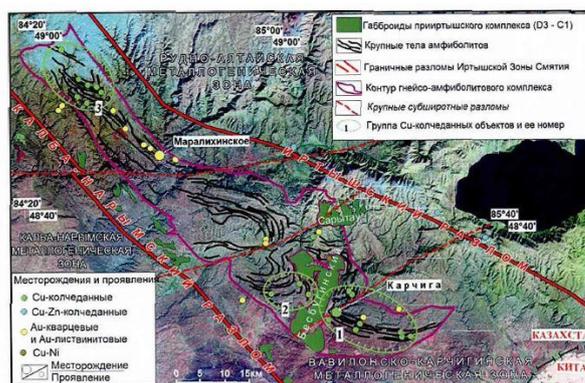
В целом термодинамический диапазон формирования метаморфического комплекса Курчумского блока и непосредственно прилегающих к нему пород определяется в интервале температур 350-750°C и давления 3-6 кбар. Отмечается, что степень метаморфизма нарастала с приближением к крупным зонам смятия [5].

Интрузивные образования представлены несколькими возрастными группами пород. Наиболее раннее проявление интрузивного магматизма наблюдается в виде дайкообразных тел и силлов основного и ультраосновного состава, которые тесно ассоциируют с горизонтами амфиболитов и объединены в маралихинский комплекс. Широким развитием в описываемом районе пользуются интрузивы Прииртышского габброидного комплекса (D<sub>3</sub> - C<sub>1</sub>p), которые представлены достаточно крупным Бесбугинским массивом этмолитолополитовой формы и серией более мелких тел. К этому же комплексу, с определенной условностью, может быть отнесен Батпакбулакский диабазовый массив, который сопоставляется с образованиями первой фазы Бесбугинского массива. К гранитоидам кунушского комплекса (C<sub>2</sub> - зк) относится ряд мелких массивов и даек плагиогранитного состава. Эти образования имеют интрузивные контакты с массивами прииртышского комплекса. Граниты калбинского комплекса (P<sub>1</sub>k) слагают пояс протяженностью более 750 км и шириной 20-50 км, который протягивается вдоль ИЗС. Северо-западное окончание Курчумского блока контактирует непосредственно с Калба-Нарымским батолитовым массивом, а несколько небольших интрузивных тел располагаются по периферии этого блока [1].

Все месторождения и проявления с медно-колчеданным оруденением локализованы в относительно узкой полосе, ограничивающей с юго – запада Рудноалтайский колчеданный пояс, и отвечающей в региональном плане Иртышской Зоне Смятия. В ее пределах известно два рудных района с медноколчеданным оруденением – Курчум – Кальджирский и Вавилонский. Эти районы расположены в 360 км друг от друга, каждый из них включает месторождение и несколько проявлений при этом все они пространственно ассоциируют с вулканитами основного состава, имеют однотипный минеральный и химический состав руд, сходный характер окolorудных изменений, одинаковую морфологию рудных тел, соответствие в степени метаморфизованности вмещающих пород и руд. Медно – колчеданные месторождения и проявления имеют целый ряд специфических особенностей, по которым принципиально отличаются от других колчеданных месторождений рудноалтайской провинции и в первую очередь, по составу руд и ассоциирующим с ними вулканогенным породам основного состава. В процессе исследования эти и многие другие особенности медноколчеданного оруденения были рассмотрены с учетом всего комплекса геологических и структурно-тектонических факторов его формирования, а также в свете палеогеодинамических реконструкций этого региона. Последние позволяют установить связь между всеми процессами, так или иначе касающимися истории становления и развития медно – колчеданного оруденения Юго – Западного Алтая [8].

Медно-колчеданные объекты Курчум - Кальджирского рудного района пространственно можно объединить в три группы (рисунок 2):

- Карчигинская (месторождение Карчига и проявления - Спассовское, Южная Антиклиналь, Шандыбулак, Бериктас и др.);
- Бала-Кальджирская (проявления Кок-Кара-Узек, Узун-Булак, Береза);
- Когодайская (месторождение Когодай, проявления Лотошное, Туук, Федоровское, Канат).



**Рисунок 2. Спутниковый снимок (Landsat image) Курчум-Кальджирского рудного района и положение основных рудных месторождений и проявлений. На снимке показано: группы Cu-колчеданных объектов (I – Карчигинская; 2 – Бала – Кальджирская; 3 – Когодайская), интрузивные массивы прииртышского комплекса (Бесбугинский и Сарытау), граничные разломы ИЗС (Иртышский и Калба – Нарымский)**

Все проявления локализованы в пределах высоко метаморфизованных пород гнейсо - амфиболитового комплекса, при чем для всех них характерным является размещение в его средней пачке, характеризующейся широким развитием амфиболитов. При этом медно - колчеданное оруденение тесно ассоциирует с последними, размещаясь в непосредственной близости от амфиболитов, или же в зонах их контакта с гнейсами.

### 3. Особенности геологического строения Когодайско-го медно-колчеданного месторождения

Месторождение Когодай находится в пределах Иртышской структурно - формационной зоны, характеризующейся широким распространением метаморфических фаций, сформированных, главным образом, по осадочным породам. В ней большое развитие получили также интрузивные магматические породы разного возраста. Среди осадочно - метаморфического комплекса пород зоны выделены нижеследующие стратиграфические подразделения [6].

Нижний палеозой - нижний девон (PZ<sub>1</sub>-D<sub>1</sub>).

Метаморфизованные первично осадочные образования этого возраста расчленены на пять толщ:

1) Толща «b» характеризуется примерно одинаковым содержанием амфибол - плагиоклаз - кварцевых сланцев и гнейсов с одной стороны и биотит - плагиоклаз - кварцевых сланцев с другой. Вне зоны глубокого метаморфизма в эту толщу включены переслаивающиеся алевролиты, глинистые сланцы и песчаники, общей мощностью 3000 м.

2) Толща «с» представлена биотит - плагиоклаз - кварцевыми сланцами с кордиеритом, андалузитом, гранатом и редкими горизонтами амфиболитов и гнейсов. Среди отложений присутствуют глинистые сланцы, сменяющиеся вверх по разрезу алевролитами и песчаниками. Мощность разреза толщи составляет 900 м.

3) Толща «d» широко развита. Породы этой толщи представлены с одной стороны филлитизированными осадочными отложениями; с другой - кристаллическими сланцами. Характерной чертой данной толщи является примерно одинаковое содержание амфиболсодержащих сланцев, амфиболитов и биотитовых кристаллических сланцев. Мощность толщи составляет 2160 м. Она согласно перекрывается толщей «е», граница между ними проводится по резкому увеличению в разрезе биотитсодержащих кристаллических сланцев.

4) Толща «е» слагает северо - восточную часть площади. Состав толщи характеризуется резким преобладанием биотит - плагиоклаз - кварцевых сланцев и различных хлоритовых микрокристаллических сланцев. Установлены постоянные переходы кристаллических сланцев в глинистые сланцы и алевролиты с песчаниками. Общая мощность толщи - 1100 м.

5) Толща «f» развита в северо - восточной части площади и характеризуется чередованием известковистых песчаников, алевролитов и глинистых сланцев. Общая мощность разреза составляет 1200 м.

*Живетский ярус. Кыстав-Курчумская свита (D<sub>2</sub> gv ks).* Отложения кыстав-курчумской свиты ограниченно развиты к юго-западу от участка. Они представлены углисто-глинистыми и глинистыми сланцами и алевролитами с резко подчиненными прослоями песчаников и линзами известняков. Общая мощность этих отложений

достигает 800 м. Их граница с образованиями метаморфической полосы проходит по разлому. Возраст свиты определен по обильной фауне.

*Верхнемеловые-палеоценовые отложения (K<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>).* Отложения этого возраста встречены на поверхностях выравнивания по южному склону Нарымского хребта. К ним отнесены красно-бурые и пестроцветные глины с примесью крупнообломочного и псаммитового материала. Мощность глин колеблется 0,5-1,0 м. до 10-15 м.

*Четвертичная система.* Четвертичные отложения представлены делювиальными и аллювиальными песками, галечниками и суглинками в долинах мелких речек. Их мощность колеблется от 1,5 м. до 10 - 15 м.

Структурно участок Когодай располагается в пределах юго - восточной части Осевой подзоны Иртышской структурно - формационной зоны, которая сложена высокометаморфизованными породами, сменяющимися к северо - востоку филлитизированными осадочными отложениями нижнего палеозоя - нижнего девона, сформировавшими нижний структурный этаж этой зоны.

В Осевой подзоне развиты многочисленные линейные и брахиформные структуры второго порядка, к которым на площади участка относятся Когодайская синклиналь и Лотошинская антиклиналь.

Когодайская синклиналь протягивается в пределах кристаллической полосы на 30 км при ширине 4км. Погружение оси структуры - северо - западное, в бассейне реки Киинсу она испытывает неоднократную ундуляцию. Углы погружения составляют 5-20°. Установить истинные углы падения крыльев структуры невозможно, так как в условиях высокой степени метаморфизма элементы первичной слоистости совершенно не сохраняются. Здесь мы имеем дело с кристаллизационной сланцеватостью, которая в одних случаях развивается по слоистости, но большей частью - по кливажу осевых поверхностей. В ядре Когодайской структуры падение кристаллизационной сланцеватости пологое 10-40°, на крыльях она резко возрастает до 70-80°. Последнее можно объяснить лишь неравномерным развитием кливажа в осевой части структуры и на её крыльях.

Лотошинская антиклиналь является северо - западным продолжением северной ветви Маралихинской антиклинали и прослеживается на расстояние около 6 км при ширине 1-1,5 км. В строении структуры принимают участие кристаллические сланцы и амфиболиты. Оба её крыла срезаны разломами и осложнены мелкой изоклинальной складчатостью. Погружение оси антиклинали юго - восточное в северо - западной части и северо - западное в юго - восточной. К западу от рудопроявления Лотошное ось складки по северо-восточным разломам смещается к югу. Структура в целом характеризуется асимметричным профилем. Падение южного крыла достигает 50-60°, в то время как углы падения северного крыла не превышают 20-40° (рисунок 3).

В пределах полосы осадочно - метаморфических пород развиты магматические образования, группирующиеся в следующие интрузивные комплексы: прииртышский, средне - верхнекаменноугольный, верхне - каменноугольный и калбинский. Породы прииртышского комплекса имеют наибольшее распространение в Иртышской зоне смятия. Он объединяет довольно обширную группу пород от диабазов, габбро - диабазов до гранитов. В составе этого комплекса установлено четыре фазы.



образования. Установлена перекристаллизация руд с образованием метаморфогенных текстур и структур, и частичная регенерация рудного вещества с переотложением его в замковые части складок и тектонически ослабленных зон.

2. В пределах Иртышской зоны смятия известно два рудных района с медноколчеданным оруденением Курчум – Кальджирский и Вавилонский. Эти районы включают месторождения и рудопроявления, которые имеют однотипный минеральный и химический состав руд, сходный характер околорудных изменений, одинаковую морфологию рудных тел, соответствие в степени метаморфизованности вмещающих пород и руд;

3. В геологическом отношении участок находится в пределах Курчум – Кальджирского блока. В геологическом строении месторождения принимают участие чередующиеся полевошпат – кварц – слюдястые и амфибол – полевошпат – слюдястые кристаллические сланцы и гнейсы с частыми горизонтами амфиболитов мощностью от первых метров до 100 м. Амфиболиты часто хлоритизированы и эпидотизированы. Основной структурой района является Когодайская синклираль. Минерализованные зоны приурочены к контакту амфиболитовых тел с гнейсами (по терригенным высокометаморфизованным породам). Зоны имеют лентообразную, согласную с вмещающими породами форму.

## Литература / References

- [1] Lobanov, K.V., Gaskov, I.V. (2012). Medno-kolchedannoe Karchiginskoe mestorozhdenie v visokometamorfizovannih porodah Kurchumskogo bloka: geologicheskoe stroenie, osobennosti obrazovaniya i metamorfizma (Rudniy Altay). *Geologiya i geofizika, 1-15*
- [2] Bespaev, H.A., Polyanskiy, N.V., Ganzhenko, G.D. & Dyachkov, B.A. (1997). *Geologiya i metallogeniya Yugo-Zapadnogo Altaya (v predelakh territorii Kazakhstana i Kitaya). Almaty, Gylm*
- [3] Khoreva, B.Y. (1963). Geologicheskoe stroenie, intruzivnyi magmatizm i metamorfizm Irtishskoi zony smyatiya. *Gosgeoltekhizdat*
- [4] Kuibida, M.L. (2009). Petrologiya plagiogranitoidov Altaya. Avtoreferat. *Novosibirsk, OIGGM SO RAN*
- [5] Vikentiev, I.V. (2004). Usloviya formirovaniya i metamorfizm kolchedannih rud. *Nauchnyi mir*
- [6] Nazarov, G.V., Kuzmin, Y.V. (1968). Geologicheskoe stroenie i poleznie iskopaemie listov M-45-110-B; M-45-110-A-a, v, g; M-45-110-B-v; M-45-109-B-b, g. *Okonchatelnyi otchet Kaldzhirskoi PSP po rabotam 1966-1968 godov. Tom 2. Ust'-Kamenogorsk*
- [7] Klepikov, N.A. (1992). Otchet o rezul'tatah poiskovih rabot na Yuzhno-Altayskom uchastke v 1990-92 gg. *Ust'-Kamenogorsk*
- [8] Lobanov, K.V. (2012). Medno-kolchedannoe orudnenie Yugo-Zapadnogo Altaya. *Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk, Novosibirsk*
- [9] Pyatkov B.A. (2022). Otchet o mineral'nih resursah mednogo mestorozhdeniya Kogodai. Razdel 5. *LL «Geos»*

## Күршім блогындағы Когодай мыс-колчеданды кенорнының геологиялық құрылымының ерекшеліктері

А.А. Бекботаева, С.Б. Дюсетай\*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

\*Корреспонденция үшін автор: [saltanatdyussetay@gmail.com](mailto:saltanatdyussetay@gmail.com)

**Андатпа.** Мақалада Ертістің ығысу аймағының бөлігі болып табылатын Күршім блогындағы мыс-колчеданды Когодай кенорнының геологиялық құрылымы қарастырылған. Аймақтың геологиялық құрылымына кристалдық тақтатастардың слюдалы-кварц далашпаттары мен слюдалы-амфибол-далашпаттары және амфиболды гнейстер кіретіні көрсетілген. Терригендік таужыныстарындағы амфиболиттердің гнейстермен жанасуымен шектелген минералданған аймақтар және интрузияның әртүрлі фазаларындағы гранитоидтар, соның ішінде дайкалар мен әртүрлі гранитті және кварцты порфириттер қарастырылған. Қарқынды метаморфтық өзгерістерге ұшыраған әртүрлі жастағы және құрамдағы геологиялық құрылымдардың кеңістіктік сабақтастығы атап өтілген. Мақалада, мыс колчеданды кенорнының ерекшеліктері, кен құрамы және оның пайда болуына ықпал еткен геологиялық және құрылымдық-тектоникалық факторлармен байланысы сипатталған.

**Негізгі сөздер:** Когодай, мыс-колчеданды кенорын, Ертіс ығысу аймағы, жоғары метаморфизмге ұшыраған жыныстар, Күршім блогы, тақтатастар, құрылымдар.

## Особенности геологического строения медно-колчеданного месторождения Когодай в Курчумском блоке

А.А. Бекботаева, С.Б. Дюсетай\*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: [saltanatdyussetay@gmail.com](mailto:saltanatdyussetay@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрено геологическое строение медно - колчеданного месторождения Когодай в Курчумском блоке, являющемся составной частью Иртышской зоны смятия. Показано, что в геологическом строении

участка принимают участие полевошпат кварц - слюдистые и амфибол – полевошпат - слюдистые кристаллические сланцы, гнейсы с частыми горизонтами амфиболитов. Отмечаются минерализованные зоны, приуроченные к контакту амфиболитовых тел с гнейсами по терригенным породам, также рассматриваются гранитоиды в различных фазах интрузии включая дайки и разнообразные гранитные и кварцевые порфиры. Подчеркивается пространственная сопряженность геологических структур разного возраста и состава, подверженных интенсивным метаморфическим преобразованиям. Данная статья представляет особенности медно-колчеданного месторождения, состав руд и связь с геологическими и структурно-тектоническими факторами, которые способствовали его формированию.

**Ключевые слова:** Когодай, медно-колчеданное месторождение, Иртышская зона смятия, высокометаморфизованные породы, Курчумский блок, сланцы, структуры.

Received: 19 July 2023

Accepted: 16 October 2023

Available online: 31 October 2023