

Модель формирования золотосульфидных месторождений Западной Калбы и ее основные прогнозно-поисковые критерии

¹*ЗИНЯКИН Станислав Сергеевич, докторант, s.zinyakin@yandex.ru,

¹ОЙЦЕВА Татьяна Анатольевна, PhD, старший преподаватель, tatiana.oitseva@gmail.com,

¹НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Западно-Калбинский золоторудный пояс (ЗКП), расположенный в пределах Большого Алтая, является уникальной золоторудной провинцией в мировом масштабе. В нем сосредоточено около 500 известных золоторудных проявлений и месторождений. Главным промышленным типом для ЗКП являются золотосульфидные месторождения. В статье представлена модель формирования золотосульфидных месторождений Западной Калбы. Рассмотрены основные прогнозно-поисковые критерии, позволяющие оценивать перспективность площадей на наличие потенциальных золотосульфидных объектов в пределах описываемой территории. Целью работы является уточнение основных прогнозно-поисковых критериев, характерных для рассматриваемой модели месторождений. Приведенные данные выделены с применением методов описательной аналитики.

Ключевые слова: Большой Алтай, Западная Калба, золоторудный пояс, золотосульфидные месторождения, модель, прогнозно-поисковые критерии.

Введение. Западно-Калбинский пояс (ЗКП) – геологическая структура, являющаяся частью Большого Алтая. В структурно-тектоническом плане ЗКП представляет собой синклиний, в строении которого преимущественно участвуют вулканогенно-терригенные образования карбона (С). Пространственно данная структура расположена между Жарма-Саурской и Калба-Нарымской металлогеническими зонами, ограничиваясь Байгузин-Булакским (с запада) и Теректинским (с востока) глубинными разломами (см. рисунок).

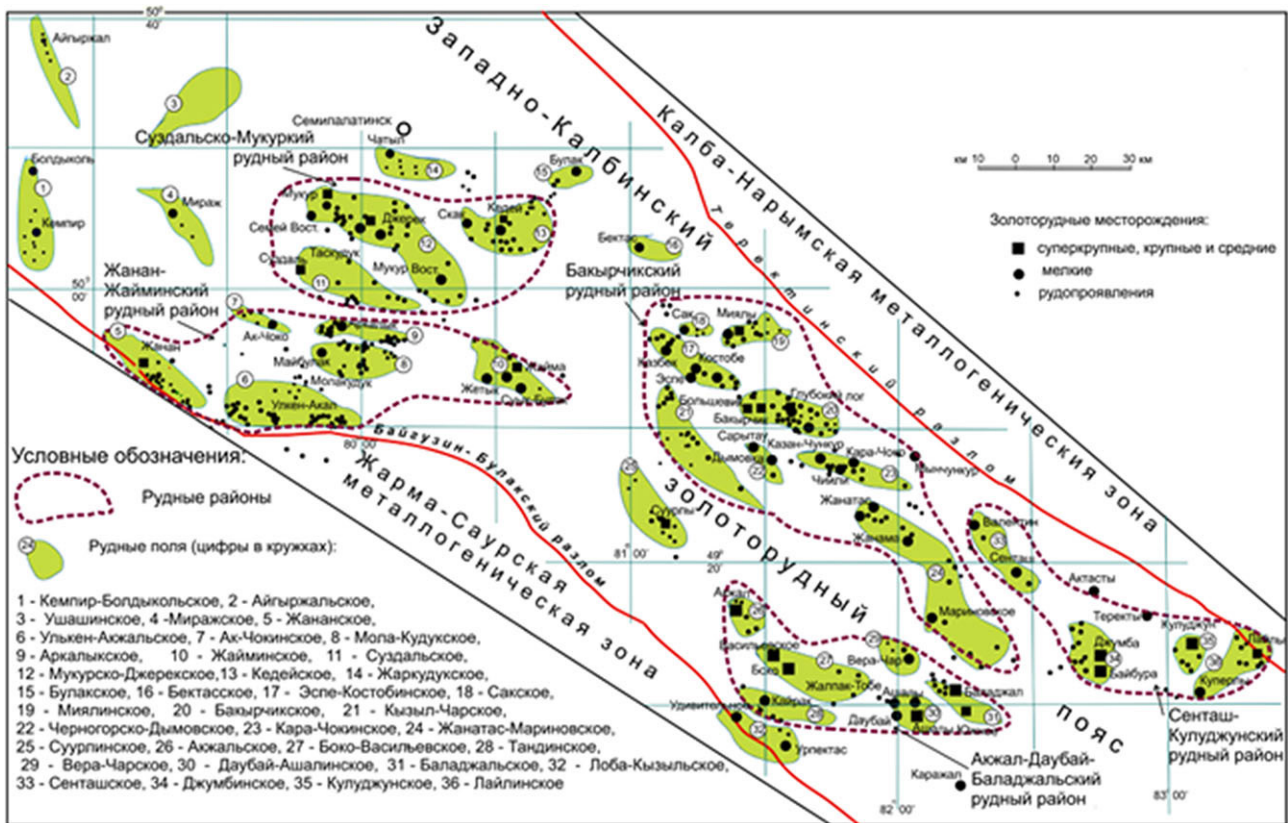
Формирование ЗКП происходило при весьма активных тектонических процессах, происходивших на стыке Сибирского и Казахстанского палеоконтинентов в герцинскую эпоху. В геодинамическом плане ЗКП формировался в ослабленных зонах западного и северо-западного простирания, после проявления главной фазы складчатости (сжатия) нижнего карбона. Геологически пояс трассируется наложенными прогибами и мульдами, выполненными терригенными и вулканогенно-осадочными молассами средне- и позднекаменноугольного возрастов, часто повышенной углеродистости (Кызыловский, Жананский, Саржалско-Даубайский и др. прогибы) и синхронными по возрасту гипабиссальными малыми интрузиями и дайками средне-основного и кислого

состава.

В металлогеническом плане отчетливо характеризуется золоторудной специализацией. В пределах ЗКП сосредоточено свыше 500 золоторудных проявлений, включая уникальные месторождения (Бакырчик), которые группируются в 36 рудных полей, объединяющихся в 5 главных рудных районов. В связи с этим, ЗКП имеет значительно высокий ресурсный потенциал [1], поэтому уточнение и описание прогнозно-поисковых критериев размещения золоторудных объектов в регионе остается актуальной задачей.

В большинстве случаев формирование золоторудных объектов пояса происходило в заключительный этап образования ЗКП, на стыке двух возрастов – позднего карбона и ранней перми, в период предполагаемого закрытия древнего палеоазиатского океана. Указанный период характеризуется не только высокой тектонической активностью, но и разнообразными проявлениями гранитоидного магматизма на стадиях заключительного орогенеза, а также оценивается исследователями как самая богатая металлогеническая эпоха Центральной Азии [2].

Модель золотосульфидного месторождения Западной Калбы и ее главные прогнозно-поисковые критерии. Главным про-



Геолого-структурная схема размещения золоторудных объектов Западной Калбы [1]

мышленным типом золотого оруденения на месторождениях Западной Калбы является золотосульфидный. Исследователями прошлых лет (1960-е г.) в ходе интерпретации грави- и электромагнитных полей с привлечением данных сейсморазведки была составлена модель Западно-Калбинского района и основных золотосульфидных месторождений, характерных для региона. Позднее эта модель была подтверждена данными геологоразведочных работ, которая представляется нижеследующим образом.

Для большей части золоторудных объектов вмещающими породами, как правило, выступают терригенно-черносланцевые, осадочные толщи, локализующиеся в надинтрузивных областях и не имеющих выхода к эрозионному срезу интрузий калбинского, кунушского, салдырминского комплексов. Основными рудоподводящими и рудораспределяющими каналами являются тектонические нарушения, достигающие апикальной части этих интрузий, образованных по фронту их внедрения. Наиболее важную роль при формировании золотосульфидных месторождений сыграли постмагматические гидротермальные растворы, которые совместно с тепловой энергией интрузий содействовали выщелачиванию и выносу золота из вмещающих пород [3], и соответственно способствовали дальнейшему перетолжению и концентрации золотосульфидного оруденения в благоприятных локализациях.

Также, в направлении перемещения раство-

ров определяющее место имели естественные гальванические элементы, образованные минералами шунгитовой группы и вмещающими породами, содержащее углистое вещество [4].

Таким образом, принимая во внимание данную модель образования золотосульфидного оруденения, а также значительный объем выполненных в регионе геологоразведочных работ, можно выделить ряд характерных прогнозно-поисковых критериев и признаков.

Литолого-стратиграфический критерий. По литологическому составу наиболее значительные сосредоточения золоторудного вещества относятся к углистым и известковистым песчано-сланцевым отложениям. Анализ же приуроченности золотого оруденения к определенным пачкам пород показывает, что для некоторой части ЗКП характерно большее число рудопроявлений, приуроченных к отложениям серпуховского яруса раннего карбона, для других же районов наиболее распространенными золотовмещающими отложениями являются отложения буконовской свиты среднего карбона [5, 6]. На примере уникального месторождения Бакырчик можно также фиксировать приуроченность оруденения к серпуховскому ярусу – калбинской свите, отложения которой представлены неоднородными осадочными породами с их частым переслаиванием, которое в последующем весьма благоприятно способствует образованию межпластовых срывов – одного из тектонических рудоконтролирующих критериев.

В целом, несмотря на объективные стратиграфические расхождения приуроченности золотого оруденения, до сих пор остается малоизученным вопрос сингенетичных сульфидов вмещающих пород, которые подразумеваются как основной источник золотосульфидного оруденения месторождений ЗКП в терригенно-осадочных толщах.

Магматические критерии. Как уже указывалось ранее, при анализе размещения золоторудной минерализации устанавливается, что ее наиболее частое проявление пространственно связано с дайками и малыми гипабиссальными порфировыми интрузиями верхнекаменноугольно-нижнепермского возраста (кунушский, калбинский салдырминский комплексы). На большинстве участках и рудопроявлений были откартированы с поверхности или на глубине малые тела и дайки гранит-гранодиорит-порфиров, плагиогранитов, дацитовых и кварцевых порфиров указанных комплексов. Во многих случаях золоторудная минерализация приурочена к участкам гидротермальных изменений (беретизация, окварцевание, лимонитизация и др.) как вмещающих пород вблизи с контактом интрузий, так и в самих интрузиях. Чаще всего золото присутствует в сульфидных минералах – пирит, арсенипирит, образующих вкрапления в измененных породах [7, 8]. Таким образом, для золотого оруденения обнаруживается парагенетическая связь с интрузиями указанных комплексов, а также их рудогенерирующая роль.

Структурно-тектонические критерии. Данный фактор является одним из определяющих для золотого оруденения в районе. Повсеместно отчетливо проявляется рудоконтролирующая роль зон крупных тектонических нарушений: Горностаевский, Байгузин-Булакский, Жананский, Теректинский, Западно-Калбинский и др. При общем сложном строении зон крупных разломов, рудолокализирующими, как правило, оказываются, опережающие разрывы и тектонические швы высоких порядков, а также зоны смятия, развитые вблизи крупных разломов.

Также благоприятными для рудолокализации являются зоны тектонически осложненных контактов и межпластовых срывов литологически разнородных образований. Кроме того, в связи с крупными разломами, нередко формируются участки развития мезозональных тектонофаций, наиболее благоприятных для развития как дайкового магматизма, так и золотого оруденения.

В некоторых случаях наиболее благоприятными для размещения золотого оруденения оказываются узлы пересечения северо-западных разломов с разломами других направлений [7], однако наиболее логичной при всем существующем фактическом материале представляется связь оруденения с теми тектоническими процессами, которые обусловили формирование магматических образований (C_3-P_1), все последующие тектонические деформации лишь усложняли структуру

месторождений и рудопроявлений.

Роль пликативных деформаций в рудолокализации проявлена менее четко, хотя достаточно явно определен фактор приуроченности золоторудных проявлений к областям замыканий узких напряженных и мелких складок высоких порядков, относящихся как раз-таки к тектонофациям мезозоны [7, 10].

Геохимические и геофизические критерии. Минерализованные зоны, сопровождающие золото, сопровождаются вторичными ореолами рассеяния элементов-спутников: мышьяка, вольфрама, сурьмы, молибдена, меди, свинца, цинка, серебра. Особенно показательными являются комплексные ореолы мышьяка, сурьмы, меди, свинца и цинка.

Геофизические критерии разнонаправлены, и характеризуют, как правило, еще более косвенные признаки золотоносности, определяющие наличие метасоматических изменений, а также глубинного очага. Например, по данным магнито-разведочных работ, гидротермально измененные породы, в том числе золотоносные, картируются в магнитном поле с близким к нулевым значениям, что объясняется выщелачиванием магнитных минералов при гидротермальных изменениях. Применение геофизических методов, основанных на измерении полей вызванной поляризации позволяют устанавливать наиболее высокие значения поляризуемости в зонах с повышенным динамо- и гидротермальным метаморфизмом, проявленных в виде интенсивной графитизации углисто-глинистых алевролитов и насыщении пород сульфидами. Применение гравиметрических методов исследований позволяет установить наличие скрытых интрузий, которые играют значимую роль в рудогенерации золотоносных объектов ЗКП [9].

В некоторых случаях определяющее значение имеет градиент естественного электрического поля, соответствующий различным по перспективности площадям, в которых положительные значения ЕЭП соответствуют зонам интенсивной проработки гидротермальными процессами [10].

Все упомянутые геофизические критерии в целом могут быть качественно интерпретированы только с учетом значительного объема фактического материала, полученного работами предшествующих лет в регионе.

Заключение. В ходе выполнения работы, на основе анализа значительного количества накопленного фактического материала, рассмотрена модель формирования золотосульфидных месторождений Западно-Калбинского пояса, выделены главные прогнозно-поисковые критерии характерные для месторождений и рудопроявлений региона. С учетом полученных данных в дальнейшем представляется возможным последующая дифференциация наименее изученных площадей по степени их перспективности для последующего изучения.

Статья выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19676805).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Париков Ю.С. Большое золото Восточного Казахстана // Геология и охрана недр. № 4. 2016. С. 77-91.
2. Рафаилович М.С. Геология золота Центральной Азии: эволюция оруденения, метасоматические формации, эффузивные брекции: Монография. – Алматы, 2013. – 400 с.
3. Нарсеев В.А., Уваров В.В. К геохимии терригенных пород // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата: ОНТИ КазИМС, 1977. С. 18-47.
4. Борцов В.Д., Титов Д.В. Особенности формирования рудных минералов золотосульфидных месторождений Западной Калбы // Сборник статей «Науки о земле Казахстана». Алматы, 2008. С. 207-216.
5. Шибко В.С. Изучение литолого-стратиграфических и структурных условий локализации золотого оруденения в Северо-Западной Калбе и детальное прогнозирование новых промышленных месторождений // Фонды МД «Востказнедра». Алма-Ата: КазИМС, 1969. – 267 с.
6. Майоров В.Н. Отчет Горностаевской партии о результатах опережающих геофизических работ масштаба 1:50000 в северо-западной части Семипалатинского Прииртышья // Фонды МД «Востказнедра». п. Опытное поле, 1994. – 293 с.
7. Воронцов С.Н. Геологическое строение и полезные ископаемые Знаменско-Суздальского района. Отчет Горностаевской партии о результатах геологического доизучения площади в масштабе 1:50000 и общих поисков в Семипалатинском Прииртышье // Фонды МД «Востказнедра». п. Опытное поле, 1993. – 427 с.
8. Борцов В.Д., Рафаилович М.С., Мизерная М.А. и др. О зональности золотого оруденения в Западной Калбе // Геология и охрана недр. № 3. 2004. С. 20-26.
9. Казазаев В.П. Отчет о результатах поисков масштаба 1:10000 в пределах Жананской и Мукурской золотоносных зон. Куджунская партия // Фонды МД «Востказнедра». п. Опытное поле, 1978. – 144 с.
10. Кучукова Л.М. Геологическое строение и полезные ископаемые территории листов М-44-64-Б, 64-Г, 65-А, 65-В (окончательный отчет Семипалатинской ГСП по геологической съемке м-ба 1:50000, проведенной в 1973-76 гг.) // Фонды МД «Востказнедра». Семипалатинск, 1977. – 144 с.

Батыс Калба алтын сульфидті кен орындарының түзілу моделі және оның негізгі болжамды-ізвестіру критерийлері

¹*ЗИНЯКИН Станислав Сергеевич, докторант, s.zinyakin@yandex.ru,

¹ОЙЦЕВА Татьяна Анатольевна, PhD, аға оқытушы, tatiana.oitseva@gmail.com,

¹«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Үлкен Алтай шегінде орналасқан Батыс Қалба алтын кен (БҚК) белдеуі әлемдік ауқымдағы бірегей алтын кен провинциясы болып табылады. Онда 500-ге жуық белгілі алтын кен көріністері мен кен орындары шоғырланған. БҚК үшін негізгі өнеркәсіптік түрі алтын сульфидті кен орындары болып табылады. Мақалада Батыс Калба сульфидті кен орындарының алтын түзілу моделі келтірілген. Сипатталған аумақ шегінде әлеуетті алтын сульфидті объектілердің болуына алаңдардың перспективалылығын бағалауға мүмкіндік беретін негізгі болжамды-ізвестіру критерийлері қаралды. Жұмыстың мақсаты қарастырылып отырған кен орындарының моделіне тән негізгі болжамды-ізвестіру критерийлерін нақтылау болып табылады. Жоғарыда келтірілген мәліметтер сипаттамалық аналитика әдістерін қолдана отырып бөлінген.

Кілт сөздер: Үлкен Алтай, Батыс Қалба, алтын кен белдеуі, алтын сульфидті кен орындары, модель, болжамды-ізвестіру критерийлері.

Formation Model of the Gold-Sulfide Deposits of the Western Kalba and Its Main Forecast and Search Criteria

¹*ZINYAKIN Stanislav, Doctoral Student, s.zinyakin@yandex.ru,

¹OITSEVA Tatiana, PhD, Senior Lecturer, tatiana.oitseva@gmail.com,

¹NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

*corresponding author.

Abstract. The West Kalba Gold ore Belt (WKB), located within the Greater Altai, is a unique gold ore province on a global scale. It contains about 500 known gold occurrences and deposits. The main industrial type for the WKGB are gold-bearing sulfide deposits. The article presents a model for the formation of gold sulfide deposits in West Kalba. The main predictive-search criteria are considered, which make it possible to assess the prospects of areas for the presence of potential gold-sulfide objects within the described territory. The aim of the work is to clarify the main predictive

and prospecting criteria specific to the considered field model. The given data is highlighted using descriptive analytics methods.

Keywords: *Greater Altai, West Kalba, gold belt, gold-sulfide deposits, model, predictive search criteria.*

REFERENCES

1. Parilov Yu.S. Bolshoye zoloto Vostochnogo Kazakhstana // *Geologiya i okhrana nedr.* No. 4. 2016. Pp. 77-91.
2. Rafailovich M.S. *Geologiya zolota Tsentralnoy Azii: evolyutsiya orudneniya. metasomatische formatsii. eskplozivnyye brekchii: Monografiya.* – Almaty, 2013. – 400 p.
3. Narseyev V.A., Uvarov V.V. K geokhimii terrigennykh porod // *Geologiya, geokhimiya i mineralogiya zolotorudnykh rayonov i mestorozhdeniy Kazakhstana.* Alma-Ata: ONTI KazIMS, 1977. Pp. 18-47.
4. Bortsov V.D., Titov D.V. Osobennosti formirovaniya rudnykh mineralov zolotosulfidnykh mestorozhdeniy Zapadnoy Kalby // *Sbornik statey «Nauki o zemle Kazakhstana».* Almaty, 2008. Pp. 207-216.
5. Shibko V.S. Izucheniye litologo-stratigraficheskikh i strukturnykh usloviy lokalizatsii zolotogo orudneniya v Severo-Zapadnoy Kalbe i detalnoye prognozirovaniye novykh promyshlennykh mestorozhdeniy // *Fondy MD «Vostkaznedra».* Alma-Ata: KazIMS, 1969. – 267 p.
6. Mayorov V.N. Otchet Gornostayevskoy partii o rezultatakh operezhayushchikh geofizicheskikh rabot masshtaba 1:50000 v severo-zapadnoy chasti Semipalatinskogo Priirtyshia // *Fondy MD «Vostkaznedra»*, p. Opytnoye pole, 1994. – 293 p.
7. Vorontsov S.N. Geologicheskoye stroyeniye i poleznyye iskopayemyye Znamensko-Suzdalskogo rayona. Otchet Gornostayevskoy partii o rezultatakh geologicheskogo doizucheniya ploshchadi v masshtabe 1:50000 i obshchikh poiskov v Semipalatinskom Priirtyshye // *Fondy MD «Vostkaznedra»*, p. Opytnoye pole, 1993. – 427 p.
8. Bortsov V.D., Rafailovich M.S., Mizernaya M.A. i dr. O zonalnosti zolotogo orudneniya v Zapadnoy Kalbe // *Geologiya i okhrana nedr.* No. 3. 2004. Pp. 20-26.
9. Kazazayev. V.P. Otchet o rezultatakh poiskov masshtaba 1:10000 v predelakh Zhananskoy i Mukurskoy zolotonosnykh zon. Kuludzhunskaya partiya // *Fondy MD «Vostkaznedra»*, p. Opytnoye pole, 1978. – 144 p.
10. Kuchukova L.M. Geologicheskoye stroyeniye i poleznyye iskopayemyye territorii listov M-44-64-B. 64-G. 65-A. 65-V (okonchatelnyy otchet Semipalatinskoy GSP po geologicheskoy syemke m-ba 1:50000. provedennoy v 1973-76 gg.) // *Fondy MD «Vostkaznedra»*, Semipalatinsk, 1977. – 144 p.