

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ /  
GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION OF SOLID MINERALS, MINERALOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.15>

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Научная статья

**Куделина И.В.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-0661-1550;

<sup>1</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (kudelina.inna[at]mail.ru)

**Аннотация**

Благородные металлы относятся к стратегическим высоколиквидным видам полезных ископаемых. К настоящему времени Оренбургская область обладает запасами и прогнозными ресурсами в основном золота и серебра. Имеются перспективы на выявление металлов платиновой группы. Месторождения рудного и россыпного золота в Оренбургской области известны с середины XIX века. Возрождение золоторудной промышленности является одним из направлений развития минерально-сырьевой базы Оренбуржья. Целью данного исследования является выявление закономерностей размещения благороднометальной минерализации Восточного Оренбуржья. Приведенная характеристика золоторудно-метасоматических формаций Оренбургского Урала позволяет отнести площади развития пострудных магматитов - гранитных комплексов PZ<sub>3</sub>; низкими перспективами на золото отметить участки развития метаморфических комплексов рифея-нижнего палеозоя (глубокий эрозионный срез); средний уровень перспективности характерен для вулканогенных толщ от силура до эйфеля; более высокими перспективами обладают вулканогенно-осадочные и терригенно-карбонатные комплексы верхнего девона и нижнего карбона.

**Ключевые слова:** золоторудно-метасоматические формации, вулканогенные толщи, рудоконтролирующие факторы, поисковые признаки.

PATTERNS OF PLACEMENT OF NOBLE METALS MINERALIZATION IN THE SOUTHERN URALS

Research article

**Kudelina I.V.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-0661-1550;

<sup>1</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

\* Corresponding author (kudelina.inna[at]mail.ru)

**Abstract**

Noble metals are strategic, highly liquid types of mineral deposits. To this day, the Orenburg region has reserves and predicted resources, mainly gold and silver. There are prospects for the identification of platinum group metals. Lode gold and placer gold deposits in the Orenburg region has been known since the mid 19th century. The revival of the gold ore industry is one of the directions of development of the mineral resource base of the Orenburg region. The purpose of this study is to identify patterns of placement of noble metals' mineralization in the Eastern Orenburg region. The given description of the gold ore metasomatic formations of the Orenburg Ural allows to include the areas of development of post-mineral magmatites - granite complexes PZ<sub>3</sub> in the group of prospectless; areas of development of metamorphic complexes Riphean-lower Paleozoic (deep erosional truncation) are marked by low prospects for gold mining; average level of perspective is characteristic for volcanogenic layer from Silurian to Eifel; higher prospects have volcanogenic-sedimentary and terrigenous-carbonate complexes of Upper Devonian and Lower Carboniferous.

**Keywords:** gold ore metasomatic formations, volcanogenic layers, ore-controlling factors, prospecting shows.

**Введение**

Благородные металлы относятся к стратегическим высоколиквидным видам полезных ископаемых. Они находят применение в базовых отраслях промышленности, а также служат источником валютных поступлений [1, С. 64]. В связи с все возрастающим потреблением благородных металлов требуется увеличение объемов их производства. Это возможно путем пересмотра и изменения структуры сырьевой базы золота, серебра и платиновых металлов.

К настоящему времени Оренбургская область обладает запасами и прогнозными ресурсами золота и серебра. Убогие содержания металлов платиновой группы (МПГ) известны в связи с проявлениями сульфидных медно-никелевых руд в дунитах платиноносной дунит-пироксенитовой формации Восточно-Хабарнинского массива и никель-кобальт-медных руд колчеданных месторождений Ишкининского типа [2, С. 63], [3, С. 25]. Что касается серебра, то практически все его запасы и около 70% запасов золота связаны с медно-колчеданными и колчеданно-полиметаллическими месторождениями области, и в меньшей мере с месторождениями и проявлениями медистых песчаников, медно-порфировых и редкометальных руд [4, С. 173]. В то же время большинство собственно золоторудных месторождений и проявлений содержат серебро в небольшом количестве. Эти данные не исключают возможного выделения в пределах области богатых серебром месторождений золота золото-серебряной или золото-полиметаллической формаций в связи с проявлениями верхнедевонского-нижнекаменноугольного вулканизма. Признаки проявления данных формационных типов имеются в пределах Восточно-Магнитогорской вулканогенной

палеодуги (Балашовская зона) и в ее сочленении со структурами Восточно-Уральского поднятия [5, С. 218]. Таким образом, на данный момент в качестве потенциальных источников благороднометальной минерализации можно рассматривать только собственно золоторудные объекты с учетом имеющихся данных по содержанию в них попутных компонентов: серебра и МПГ.

### Основные результаты

Вопросами классификации, в том числе и формационной, золоторудных месторождений уделялось значительное внимание ведущих специалистов [6, С.16], [7, С.156]. Для качественного проведения металлогенических исследований территорий и прогнозирования специалистами Института геологии и геохимии УрО РАН разработана классификация золоторудно-метасоматических формаций Урала содержащая конкретные, узко локализованные сведения об их геологической позиции [8, С.88], [9, С.23]. Данная классификация с некоторыми обобщениями и изменениями, учитывающими особенности геологического строения Оренбургского Урала и проявленной золоторудной минерализации, использована в данной работе. При этом золотое оруденение охарактеризованное на базе материалов детального изучения объектов (Светлинское, Гагарское, Воронцовское, Астафьевское), носит названия эталонов. К ним добавлено Кировское (Оренбургская обл.) месторождение [10, С. 35].

Ниже приведена краткая характеристика золоторудно-метасоматических формаций Южного Урала.

Золото-серпентинитовая формация локализуется в массивах альпинотипных гипербазитов, распространена незначительно, изучена слабо. В ее составе известно три формационных типа золотого оруденения резко различных по составу метасоматитов. Выявленные и прогнозируемые объекты, как правило, небольшие, редко достигают промышленных месторождений. Среди них выделяются следующие типы оруденения: золото-хлограпитовый, золото-антигоритовый, золото-талькиитовый.

Для золото-хлограпитового типа, который обычно контролируется глубинными разломами с рудными залежами типа жил состоящих из граната, пироксена, хлорита (хлограпита). Их продуктивность определяется присутствием самородного золота, самородной меди, карбоната, иногда ковеллина и халькозина. Характерно низкопробное медистое золото. На Урале отрабатывался один объект данного типа - Золотая Гора. В пределах Оренбургской области не исключено выявление подобных объектов в пределах Киембаевского, Аккаргинского, Подольского и др. массивов.

Выделение золото-антигоритового типа минерализации основано на двух важных фактах. Первый - известны золоторудные объекты (Кировское -I месторождение и др.), локализующиеся в расщепленных антигоритовых серпентинитах, второй - концентрация золота в процессе антигоритизации ультрабазитов вблизи контактов с небольшими телами гранитоидов. Самородное золото Кировского-I месторождения отличается высокой пробой (>900).

Золото-талькиитовый тип развит достаточно широко среди альпинотипных гипербазитов области. Рудные тела обычно мощностью 1-2 м, протяженностью первые десятки метров. Руды представлены зонами сульфидной вкрапленности (пирит, халькопирит, галенит, самородная медь). Золото обычно представлено мелкой вкрапленностью и пленками, покрывающими поверхность тальковых чешуек. Содержание золота достигает десятков граммов на 1 тонну. Причем, самородное золото с сульфидами не связано. Последние слабозолотоносны. Типичными объектами являются рудопроявления Фзули (№18), Шишка (№5).

В целом практическая значимость объектов золото-серпентинитовой формации в пределах площади небольшая.

Золото-полиметаллическая березит-лиственитовая формация развита достаточно широко. Объекты данной формации часто сосредоточены в вулканогенных блоках и тесно связаны с кислыми телами андезит-дацитового ряда. Околорудные метасоматиты относятся к березит-лиственитовой формации с присутствием парагонита, реже метасоматитов кварц-серицитового состава с внешней хлорит-кальцитовоной зоной. К данной формации отнесены золоторудные объекты восточного борза Айдырлинской вулканогенной структуры (Винокуровское и др.) со значительной ролью полиметаллического оруденения.

Золото-порфировая формация включает золотосодержащие объекты медно-порфирового типа с повышенной золотоносностью, где золото может быть отнесено к главным компонентам руд. К этой формации отнесены объекты и аномалии, где пространственно сближены, местами совмещены комплексы элементов-индикаторов медно-порфировой (Cu, Ag, Mo) и золоторудной (Au, Ag, Pb, As, W) формаций. На Урале известно недавно разведанное крупное Березьяковское золото-порфировое месторождение, которое тесно связано с небольшим массивом диоритовых порфиритов с характерным присутствием в рудах парагонита, пирита, теллуридов, тенактита, энаргита, станноидита и др.

Золото-кварцевая формация имеет наибольшее распространение в регионе. По ряду морфологических и минералогических особенностей подразделяется на несколько формационных типов: кварц-вольфрамитовый (шеелитовый), кварц-березитовый, сульфидно-кварцевый.

Последние типы преобладают. Различия этих типов проводится весьма условно, по степени проявления их диагностических признаков. Для сульфидно-кварцевой характерна значительная роль сульфидов, тесная связь золота с сульфидами, наличие теллуридов и сульфосолей и др.

Нетрадиционные типы - к ним отнесены проявления и ожидаемые месторождения золота обычно образующие крупные субстратиформные залежи прожилково-вкрапленных руд в углеродисто-карбонатно-сланцевых комплексах. Золото в рудах преимущественно высокопробное, самородное, тонкодисперсное. По структурно-геологическим признакам на основе изучения эталонных объектов выделяются следующие типы месторождений: Светлинский, Воронцовский, Астафьевский, Кировский.

Ряд исследователей уральских месторождений нетрадиционного типа относит их к метаморфогенно-гидротермальным [8, С.93]. Геологическая позиция этих месторождений - расположение в зоне сопряжения (шовной зоне) фемических (Магнитогорский прогиб) и салических (гранитизированные структуры Восточно-Уральского поднятия) блоков земной коры, где со среднего девона и до перми включительно неоднократно проявлялась тектоно-

магматическая активизация. Данный геолого-генетический тип месторождений золота можно охарактеризовать как месторождения золото-сульфидно-кварцевые субстратиформные в углеродистых карбонатно-сланцевых комплексах.

К основным закономерностям локализации золоторудных объектов данного типа относятся региональные и локальные рудоконтролирующие признаки.

Региональные рудоконтролирующие признаки:

- а) геантиклинальные поднятия с зонами продольных складчато-надвиговых дислокаций;
- б) гипабиссальный гранитоидный магматизм инверсионной и предорогенной стадий;
- в) наличие потенциально-рудноносных формаций слагающих синклинозные зоны - карбонатные, терригенно-карбонатные фации с повышенной битуминозностью и сероносностью;
- г) региональные проявления джаспероидизации в рудноносных карбонатных комплексах;
- д) благоприятный эрозионный срез, выводящий поднадвиговые рудноносные формации;
- е) широкое развитие полихронного и полиформного золотого оруденения и золотосодержащих месторождений.

Главными критериями регионального прогнозирования являются - в, г, е.

Локальные рудоконтролирующие признаки:

- а) литолого-стратиграфический - карбонатно-терригенные интервалы разреза потенциально-рудноносных формаций дифференцированного состава и строения (пиритсодержащие, битуминозные);
- б) структурный - крупные тектонические зоны с приразломной складчатостью;
- в) метасоматический - участки развития джаспероидов, пиритизация;
- г) геохимический - литохимические аномалии Au, As, W, а также Ag, Sb, Hg, Ba, F.

В условиях Южного Урала сюда следует отнести локальное развитие мощных (>100м) химических кор выветривания в пределах потенциально рудноносных формаций. В наибольшей мере им отвечают карбонатно-терригенные отложения, обычно датированные  $C_{2V_{2-3}}$ .

По своему характеру поисковые признаки разделены на косвенные и прямые. К косвенным отнесены структурно-тектонические и геофизические. Последние представлены гравитационными аномалиями тесно связанными с вещественными признаками. В том числе: локальные положения, связанные с участками предлагаемого развития мощных кор выветривания и карстообразования в углеродисто-терригенно-карбонатных толщах перспективных на связь с оруденением тонкодисперсного золота вкрапленного типа; локальные положения, обусловленные малыми телами лейкократовых гранитоидов и субвулканитов, с которыми пространственно сочетается золото-сульфидно-кварцевое оруденение жильного и жильно-штокверкового морфологических типов. Среди тектонических структур, как отмечено ранее, важное значение имеют глубинные разломы и сопутствующие им системы сопряженных тектонических нарушений влияющих на локализацию золотого оруденения. Важную роль в концентрации золотого оруденения играют системы субширотных дислокаций фундамента, образующие сквозные проницаемые зоны (пояса) играющие рудоконцентрирующую роль.

Среди прямых поисковых признаков выделяются: проявления рудного золота от точек минерализации до промышленных месторождений; проявления других рудных полезных ископаемых содержащих повышенные концентрации золота; участки развития различных типов околорудных метасоматитов, в том числе джаспероидов, кварц-турмалиновых пород, березитов и лиственитов.

### Заключение

По приведенным данным видно, что месторождения золото-кварцевой формации имеет наибольшее распространение в регионе, интерес представляют сульфидно-кварцевые субстратиформные месторождения в углеродистых карбонатно-сланцевых комплексах.

Анализ распределения прямых и косвенных признаков в геологическом пространстве, с учетом степени изученности тех или иных геологических структур, позволяют установить основные закономерности размещения золоторудной минерализации различных формационных морфологических типов и использовать эти закономерности при проведении поисковых работ. Учитывая, что подавляющее большинство проявлений рудного золота данной территории связано с предорогенной стадией развития ( $D_3-C_1$ ) и возможно, более молодыми процессами тектоно-магматической активизации, в общем случае, с увеличением эрозионного среза структур и участков, их перспективы на золото снижаются. С этих позиций к бесперспективным можно отнести площади развития пострудных магматитов - гранитных комплексов  $PZ_3$ ; низкими перспективами на золото отметить участки развития метаморфических комплексов рифея-нижнего палеозоя (глубокий эрозионный срез); средний уровень перспективности характерен для вулканогенных толщ от силура до эйфеля; более высокие перспективы необходимо связывать с вулканогенно-осадочными и терригенно-карбонатными комплексами верхнего девона и нижнего карбона.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Бородаевский Н.И. Зональность гидротермальных рудных месторождений Эндеогенная зональность золоторудных полей и месторождений : в 2 т.; / Н.И. Бородаевский, Н.В. Петровская, Д.А. Тимофеевский – М.: Наука, 1974. – 2 т.
2. Сазонов В.Н. Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала / В.Н. Сазонов, В.А. Коротеев – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009. – 161 с.
3. Мелекесцева И.Ю. Руды Ишкининского кобальт-медноколчеданного месторождения (Южный Урал) / И.Ю. Мелекесцева, В.В. Зайков – Миасс: Российская академия наук, 2003. – 122 с.
4. Константинов М.М. Геолого-промышленная группировка золоторудных месторождений. / М.М. Константинов, С.Ф. Стружков, В.В. Аристов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2007. – № 4. – с. 15-18.
5. Потапова Е.И. Сравнительный анализ колчеданосных вулканогенных формаций Блакской зоны и Восточно-Уральского поднятия. / Е.И. Потапова, И.В. Куделина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8 (110). – с. 172-175.
6. Савельев Д.Е. Хромититы Аккаргинского массива (Южный Урал). / Д.Е. Савельев, И.И. Мусабиров // Вестник Пермского университета. Геология. . – 2018. – № 17(1). – с. 61-74.
7. Алексеев Я.В. Количественные аспекты развития МСБ золота РФ . / Я.В. Алексеев, О.М. Конкина, Т.А. Пивоварова // Сборник тезисов докладов IX Межд. научно-практ. конфер. «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов»; – М.: ЦНИГРИ, 2019. – с. 64.
8. Панкратьев П.В. Металлогеническая зональность коллизионных зон Оренбургской части Южного Урала (на примере Восточного борта Магнитогорского синклинория и Восточно-Уральского поднятия) . / П.В. Панкратьев, В.С. Пантелеев // Актуальные задачи фундаментальных и прикладных исследований: материалы Межд. науч.-практ. конф., 20 нояб. 2018 г.; – Оренбург: ОГУ, 2018. – с. 216-219.
9. Шаповалов В.С. О промышленных типах собственных золоторудных месторождений РФ . / В.С. Шаповалов // Сборник тезисов докладов IX Межд. научно-практ. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов»; – М.: ЦНИГРИ, 2019. – с. 156-157.
10. Казаков С. В. Отчет по объекту «Поисковые работы на рудное золото в пределах Айдырлинско-Синешиханского рудного района (Оренбургская область) в 2006-2009гг / С.В. Казаков и др. // Оренбургский филиал ФБУ "ТФГИ по Приволжскому федеральному округу". Оренбург. 2009г. Инв. № 9909. – 567 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Borodaevskij N.I. Zonal'nost' gidrotermal'ny'x rudny'x mestorozhdenij [Zonality of hydrothermal ore deposits] Endogenous zonality of gold ore fields and deposits: in 2 vol.; / N.I. Borodaevskij, N.V. Petrovskaya, D.A. Timofeevskij – М.: Nauka, 1974. – 2 vol. [in Russian]
2. Sazonov V.N. Osnovny'e zolotoproduktivny'e i soputstvuyushhie metasomaticheskie formacii Urala [The main gold-producing and accompanying metasomatic formations of the Urals] / V.N. Sazonov, V.A. Koroteev – Ekaterinburg: Institut geologii i geokimii UrO RAN, 2009. – 161 p. [in Russian]
3. Melekesceva I.Yu. Rudy' Ishkininskogo kobal't-mednokolchedannogo mestorozhdeniya (Yuzhny'j Ural) [Ores of the Ishkininsky cobalt-copper-cruste deposit (Southern Urals)] / I.Yu. Melekesceva, V.V. Zajkov – Miass: Rossijskaya akademiya nauk, 2003. – 122 p. [in Russian]
4. Konstantinov M.M. Geologo-promy'shlyennaya gruppировка zolotorudny'x mestorozhdenij [Geological and industrial grouping of gold deposits]. / M.M. Konstantinov, S.F. Struzhkov, V.V. Aristov // Mineral'ny'e resursy' Rossii. E'konomika i upravlenie [Mineral resources of Russia. Economics and Managemel]. – 2007. – № 4. – p. 15-18. [in Russian]
5. Potapova E.I. Sravnitel'ny'j analiz kolchedanosny'x vulkanogenny'x formacij Blakskoj zony' i Vostochno-Ural'skogo podnyatiya [Comparative analysis of pyrite-bearing volcanogenic formations of the Black zone and the East Ural uplift]. / E.I. Potapova, I.V. Kudelina // Mezhdunarodny'j nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – 2021. – № 8 (110). – p. 172-175. [in Russian]
6. Savel'ev D.E. Xromitity' Akkarginskogo massiva (Yuzhny'j Ural) [Chromitites of the Akkarginsky massif (Southern Urals)]. / D.E. Savel'ev, I.I. Musabirov // Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. [Bulletin of Perm University. Geology.]. – 2018. – № 17(1). – p. 61-74. [in Russian]
7. Alekseev Ya.V. Kolichestvenny'e aspekty' razvitiya MSB zolota RF [Quantitative aspects of the development of SMEs in the Russian Federation]. / Ya.V. Alekseev, O.M. Konkina, T.A. Pivovarova // Collection of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference. "Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond deposits, precious and non-ferrous metals"; – М.: CZNIGRI, 2019. – p. 64. [in Russian]
8. Pankrat'ev P.V. Metallogenicheskaya zonal'nost' kollizionny'x zon Orenburgskoj chasti Yuzhnogo Urala (na primere Vostochnogo borta Magnitogorskogo sinklinoriya i Vostochno-Ural'skogo podnyatiya) [Metallogenic zonality of collision zones of the Orenburg part of the Southern Urals (on the example of the Eastern side of the Magnitogorsk Synclinorium and the East Ural uplift)]. / P.V. Pankrat'ev, V.S. Panteleev // Actual tasks of fundamental and applied research: materials of the International Scientific and Practical Conference, November 20, 2018.; – Orenburg: OGU, 2018. – p. 216-219. [in Russian]
9. Shapovalov V.S. O promy'shlyennyy'x tipax sobstvenny'x zolotorudny'x mestorozhdenij RF [About industrial types of own gold deposits of the Russian Federation]. / V.S. Shapovalov // Collection of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference. "Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond deposits, precious and non-ferrous metals"; – М.: CZNIGRI, 2019. – p. 156-157. [in Russian]
10. Kazakov S. V. Report on the object "Prospecting for ore gold within the Aidyrlynsko-Sineshikhansky ore district (Orenburg region) in 2006 - 2009 / S.V. Kazakov et al. // Orenburg branch of the Federal State Budgetary Institution "TFGI in the Volga Federal District". Orenburg. 2009. Inv. No. 9909. – 567 p.