

**В.Н. Голдырев, В.А. Наумов, А.Ш. Хусаинова**  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, г. Пермь

## БУРОЖЕЛЕЗНЯКОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ – КОСВЕННЫЙ ПОИСКОВЫЙ ПРИЗНАК ЗОЛОТОЙ ЭПИТЕРМАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Продемонстрированы результаты поисково-оценочных работ на Кремовой площади (Центральная Чукотка). В ходе полевых работ обнаружены ручьи, на дне и берегах которого обильно осаждаются гидроксиды железа, а также выходы сильно ожелезненных пород. Целью исследования является изучение взаимосвязи между наличием гидроксидов железа и золотым эпитеpmальным оруденением. Описано поведения золота в процессе разрушения и растворения коренного источника – эпитеpmальных руд. Рассмотрены бурожелезняковые образования как косвенный поисковый признак золотой эпитеpmальной минерализации.

*Ключевые слова:* эпитеpmальные месторождения, гидроксиды железа, сульфиды, золото, Охотско-Чукотский вулканический пояс.

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2022.46**

**Введение.** Геологами давно замечено, что месторождения золота часто связаны с бурожелезняковыми образованиями («железные шляпы», ожелезненные коры выветривания, конкреции, обломки, стяжения лимонита). Так, в XX веке многие золото-колчеданные месторождения на Урале были открыты по выходам бурых железняков [1]. Наиболее известными и значимыми из них являются Блявинское [2], Учалинское [3], Александринское [4] и Гайское [5]. Железные шляпы множества средних и мелких месторождений (Юбилейное, Западно-Озёрное, Семеновское и др.).

Во время поисковых работ на территории Среднего Урала Прозоровский С.Б. [6] как и многие другие геологи отмечал, что бурые железняки тяготеют к промышленным участкам россыпей и небольшим проявлениям золото-сульфидной формации. И особое внимание следует уделять встречающимся в мелких ложках и водотоках зонам обохривания, а также выходящим на поверхность источникам «ржавой воды», отложениям оксидов железа в ручьях и речках. Все эти признаки могут свидетельствовать о близости рудных тел, содержащих сульфиды и разрушающихся в процессе гипергегнеза.

Однако данные наблюдения носили переменный характер, и прежде всего, были направлены на выявление россыпей золота. Поэтому в данный момент бурожелезняковые образования редко рассматриваются как прямой поисковый признак золоторудной минерализации. Цель исследования – изучение взаимосвязи между наличием гидроксидов железа и золотой эпитермальной минерализации.

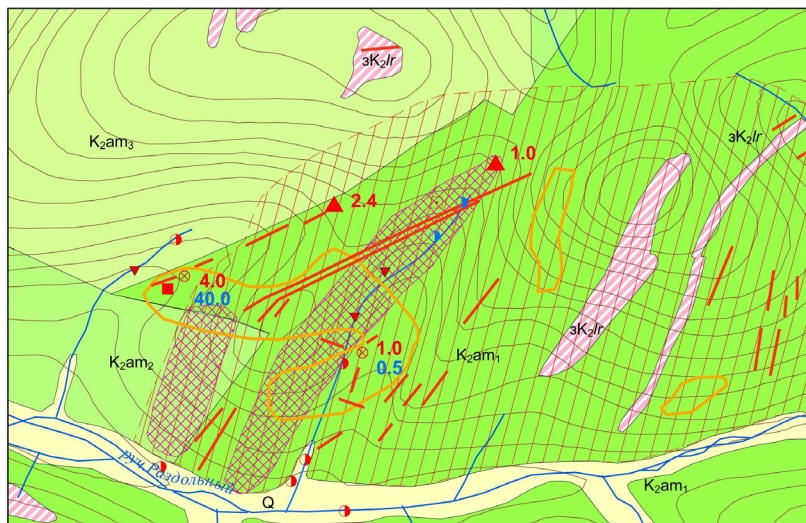
**Методика исследования.** Полевые работы были проведены Голдыревым В.Н. в 2018 году на Кремовой площади, АО «Георегион» (Чукотский АО). Работы включали в себя поисковые маршруты, проходку канав и траншей, отбор геохимических, бороздовых, сколковых, шлиховых, донных, штучных, копушных проб.

Лабораторные работы (приближенно-количественный спектральный, спектрозолотометрический, пробирный анализы) были выполнены в АО «Северо-Восточное ПГО». Камеральные работы были выполнены авторами в НИ Лаборатории геологии осадочных и техногенных месторождений ЕНИ ПГНИУ. Работы включали поиск, обработку, анализ и интерпретацию известных фактических и обобщающих материалов (геологические карты, научные работы, отчеты производителей, космоснимки), полевых наблюдений.

**Объект исследования.** *Геологическое строение.* В данном исследовании изучена металлоносная зона «Донная», расположенная на правом берегу руч. Раздольный, левый приток р. Кытемнайваам. Исследованная территория (рис. 1) расположена в пределах субширотного сегмента Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП), представляющего пограничную структуру в области максимального сжатия на северо-восточной окраине Азии, обусловленного расширением Тихоокеанской плиты. ОЧВП наложен на вещественные комплексы Кони-Танюерской складчатой системы Корякско-Камчатской складчатой области [7, 8].

В строении участка принимают участие кристаллокластические риолитовые игнимбриты нижнеамгеньской подсвиты, туфы и туфогенно-осадочные породы среднеамгеньской подсвиты, разноструктурные дацитовые лавы верхней части амгеньской свиты, локально распространены базальты экитыкинской свиты, субвулканические тела позднемеловых массивных дацитов и флюидалных липаритов (рис. 1). Все породы относятся к верхнему мелу.

Приуроченность к краевой части Канчалано-Амгуэмской зоны разломов северо-восточного простирания, в пределах которой находится месторождение Валунистое (к западу от участка Раздольный) определяет общий план разрывной тектоники участка Раздольного [9]. Преобладающим развитием пользуются разрывы и трещинные структуры северо-восточного (30-60 градусов) направления. Зоны трещиноватости этой ориентировки



0 0,1 0,2 0,4 0,6  
Километры

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Q	Четвертичные нерасчлененные отложения. Галечники, валуны с песком, гравием, суглинком, суглинком	$\text{zK}_2\text{lr}$	Жилы кварцевые и карбонат-кварцевые состава
K <sub>2es</sub>	Эжигитинская свита. Дуплироksenовые базальты.		Площади развития окварцованных и аргиллизированных пород
K <sub>2am3</sub>	Амгеньская свита. Верхняя подсвита. Дашитовые лава.		Площади развития интенсивного кварцевого метасоматоза
K <sub>2am2</sub>	Амгеньская свита. Средняя подсвита. Туфы дашитов		Копушные пробы с содержанием золота: единичные знаки (а), знаки (б)
K <sub>2am1</sub>	Амгеньская свита. Нижняя подсвита. Кристаллоингмбриды липаритов.		Места отбора шпиховых проб с содержанием золота: единичные знаки (а), малый вес (б); с аргентитом (arg)
zK <sub>2lr</sub>	Субвулканические тела позднемоловых массивных дашитов, и флюидалльных липаритов		Донные пробы с содержанием золота (г/т) 0,1-33,0
			Места отбора сколовых проб с содержанием (в г/т) золота (в числителе) и серебра (в знаменателе)
			Места отбора штучных проб с содержанием золота от 1,0 до 10,0 г/т
			Контурь геохимических аномалий золота по вторичным ореолам рассеяния

Рис. 1. Геологическая карта зоны Донная с элементами прогноза (по данным полевых работ 2018 года и [10])

являются основными рудовмещающими структурами участка, вмещают субвулканические тела и дайки различного состава, что указывает на неодноактность их развития.

*Прямые поисковые признаки.* Установлены [10] на всей площади участка (рис. 1). К ним относятся:

- выявление локальных золото-серебряных вторичных ореолов рассеяния (по результатам литогеохимического опробования), тяготеющих к западному флангу зоны. Максимальное содержание золота и серебра в ореолах достигает 0,1 и 1 г/т;

- наличие штучных проб кристаллокластических игнимбритов с высоким содержанием золота (2,4 г/т) и серебра (97,4 г/т);
- наличие устойчивого ореола шлихового золота в этой части бассейна руч. Раздольного, где содержание изменяется от единичных знаков до 0,5 г/м<sup>3</sup>, в отдельных пробах отмечаются знаки электрума и аргента;
  - присутствие знакового содержания золота в отдельных копушах;
  - наличие донных проб с высоким содержанием золота (до 33 г/т) и серебра (до 12,5 г/т) в мелких водотоках;
  - наличие сколковых проб с высоким содержанием золота (до 4 г/т) и серебра (40,0 г/т);
  - наличие зон гидротермальных образований; выявленные в пределах участка Раздольный металлоносные зоны гидротермалитов приурочены к единой крупной трещинной структуре северо-восточного простирания (30 градусов); благоприятные условия развития метасоматоза в пределах этих зон связаны, видимо, с наличием здесь более ранних систем трещиноватости северо-западного направления.

*Объект-аналог.* По комплексу поисковых предпосылок и признаков зона Донная перспективна на выявление рудных объектов золото-серебряной формации [11]. Ожидаемый геолого-промышленный тип месторождений - золото-адуляр-кварцевый. Объектом-аналогом является эксплуатируемое эпитермальное Au-Ag месторождение Валунистое, расположенное в 20 км западнее участка Раздольный.

По классификации Н.В. Петровской, жильные тела и руды месторождения Валунистое относятся к малоглубинной рудной формации убогосульфидных руд с содержанием сульфидов до 3% (как правило до 0,5%). Оруденение локализуется в кварцевых жилах. На оксиды железа приходится около 1%. Среди сульфидной составляющей преобладает пирит, доля которого составляет более 99%. Золото присутствует в руде в основном в самородном виде. Преобладают частицы тонкого и пылевидного золота с максимальным размером 0,2 мм. На поверхности частиц золота установлены прерывистые или сплошные покровные образования гидрооксидов железа [12].

**Результаты.** *Ржавые ручьи.* В ходе полевых работ в центре зоны Донная был обнаружен «ржавый» ручей, правый приток руч. Раздольный, на дне и берегах (рис. 2) которого отложились бурожелезняковые образования. Они представлены лимонитизированным цементом, стяжениями и агрегатами лимонита, минералами гетита и гидротетита.

По данным картирования (рис. 1) установлено, что ручей пересекает рудную зону. Именно в этом ручье было встречено большинство шлиховых и донных проб, содержащих свободное шлиховое золото.



Рис. 2. Бурожелезняковые образования на дне ручья (Зона Донная)

По нашему мнению, гидроксиды железа являются продуктами разложения сульфидов. Ранее они были отмечены нами на многих объектах сульфидной минерализации. Наиболее сильно они проявлены на участках оттаивания в зоне многолетнемерзлых пород [13, 14]. Криогенные процессы способствуют разложению сульфидов, которые переходят в сульфатные фазы в виде кристаллогидратов металлов. Данный процесс подтвержден нами экспериментально [15]. Кристаллогидраты и другие продукты разложения сульфидов неустойчивы в экзогенных условиях. При попадании в воду они окрашивают ее в бурый цвет и окисляются до гидроксидов. Одной из устойчивых фаз разложения сульфидов железа являются именно гидроксиды железа в виде минералов гетита и гидрогетита и производные самородной серы.

В конце весны – начале лета на данной территории наступает паводковый период. В это время поверхностные воды питают подземные, четвертичные отложения, которые становятся средой, где происходит дополнительная аэрация недр, в результате которой создаются условия, благоприятные для гидрогенного образования железистых и марганцевых оксидных и гидроксидных минералов.

При окислении и взаимодействии с атмосферными водами, на поверхности зерен сульфидов образуются пленки-корочки гидроксидов

железа, в водной фазе концентрируются сульфат-ионы, который способствует образованию сернокислых растворов. При сернокислом процессе золото активно растворяется и перераспределяется, мигрируя из одних горизонтов в другие [16, 17]. Увеличение содержания золота в отложениях ручья связано с процессами физико-химического преобразования вещественного состава рудных зон (высвобождения зерен из сульфидов, сростков и др.) и золота (растворение, отложение, замещение, переход в коллоидное состояние и др.) [18]. Нами экспериментально доказано [19], что на различных геохимических барьерах из рудоносных растворов осаждаются наночастицы золота. Эти частицы способны «слипаться», образуя крупные агрегаты.

*Аргиллизитовые шляпы.* На соседнем участке «Кремевый» были обнаружены участки сильно ожелезненных, местами глинистых, пород (рис. 3) или «аргиллизитовые шляпы».

В дальнейшем, результаты полевых работ установили, что в местах развития ожелезненных пород находятся геохимические аномалии золота-серебра, значительное количество штуфных проб с высокими содержаниями благородных металлов, а также выходы гидротермальных образований.

На расположенной западнее, Канчалано-Амгуэмской лицензионной площади, Гуревич Д.В. [20] рассматривал аналогичные участки как один из



Рис. 3. Выходы сильно ожелезненных пород (Кремевая площадь)

признаков золотого оруденения. Подтверждают этот факт, эксплуатируемые на этой площади месторождения Валунистое и Горное, на которых развиты данные участки. Разрез этих пород типичен для кор выветривания по сульфидизированным вулканитам. Слой зоны окисления имеет мощность не более первых десятков сантиметров, ниже располагаются глинисто-щербенистые белые каолинизированные породы с частично окисленным пиритом. Количество глины вниз по разрезу убывает, породы переходят в плотные аргиллизированные вулканиты. Все эти особенности свидетельствуют о том, что описанные образования являются остаточными латеритными корами выветривания, сформированными по ранее аргиллизированным вулканитам в период частичной пенеппенизации территории.

**Обсуждение результатов и заключение.** Проведенные исследования позволяют предположить, что бурожелезняковые образования образуются в результате преобразования первичных сульфидов, которые, как правило, содержат золото в своей структуре. Гидроксиды железа являются хорошими сорбентами золота [21], поэтому они служат кристаллическими центрами, или «затравками», на которых осаждается золото из растворов и/или коллоидов. Это приводит к росту и укрупнению золота.

В водотоках образуются конгломераты, цементом которых служат именно гидроксиды железа. И большинство частиц золота, поступивших в ручей, оказываются заключенными в железистые новообразованные конгломераты. Этот процесс также приводит к существенному изменению гидравлической крупности частиц. Возможно по этим причинам, несмотря на нероссыпеобразующую золото-серебряную формацию, происходило концентрирование золота в ручье, и опробование отложений ручья показало высокие содержания.

Применительно к зоне Донная, долина ручья прямолинейна, ориентирована северо-восточно и явно заложена по ослабленным зонам разломов. В аллювии установлены высокие содержания золота и серебра по данным шлихового и донного опробования. Вполне вероятно присутствие рудных зон, находящихся под аллювиальными наносами. Верхняя часть долины ручья выполнена рыхлыми отложениями ледникового генезиса, перекрывающими, видимо, коренные источники металла.

Аргиллизитовые шляпы, как правило, свидетельствуют о наличии мощной гидротермальной системы. Однако в различных случаях она может быть как рудной, так и безрудной. На формирование данных шляп оказывают влияние экзогенные и эндогенные факторы, поэтому вопрос различия каолинитов кор выветривания от гидротермальных разностей является дискуссионным и не имеет единого подхода. В любом случае, наличие аргиллизитовых шляп является признаком верхнего, слабо эродированного

уровня порфирово-эпитермальной системы, а на умеренной глубине весьма возможно выявление золоторудного месторождения [22, 23].

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что бурожелезняковые образования имеют различную природу, в том числе и в пределах ОЧВП. В некоторых случаях они имеют пространственную и генетическую связь с золотым эпитермальным оруденением, поэтому их необходимо рассматривать в качестве косвенного поискового признака наличия золотой эпитермальной минерализации.

#### *Библиографический список.*

1. *Сергеев Н.Б., Бугельский Ю.Ю., Кузнецова О.Ю.* Распределение золота в зоне окисления колчеданных месторождений Урала: влияние состава первичных руд и климата. Геология рудных месторождений, 38(4), 1996. С. 321–333.
2. *Шадулун Т.Н.* Минералогия зоны окисления колчеданного месторождения Блява на Южном Урале. Труды ИГН АН СССР, сер. рудн. м-й. М., 96(11), 1948. 58 с.
3. *Серавкин И.Б., Пирожок П.И., Скуратов В.Н. и др.* Минеральные ресурсы Учалинского горнообогатительного комбината. Уфа, Баш. кн. изд., 1994. 328 с.
4. *Новоселов К.А.* Зоны окисления над слепыми колчеданными залежами Александринского и Западно-Озерного месторождений (Южный Урал). Автореф. дисс... канд. геол.-мин. наук. С-Пб, 2000. 18 с.
5. *Зайков В.В., Сергеев Н.Б.* Зона гипергенеза серноколчеданной залежи Гайского месторождения (Южный Урал). Геология рудных месторождений, (4), 1993. С. 20–32.
6. *Прозоровский С.Б., Брянский Я.Ш., Подсухин Н.А.* Отчет о результатах поисков месторождений рудного золота в пределах Кварцевогорской рудной зоны и Больше-Именновской перспективной площади, проведенных в 1973-1978гг. Пермь, 1978.
7. *Бельый В.Ф.* Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. 76 с.
8. *Полин В.Ф.* Петрология контрастной серии Амгуэм-Канчаланского вулканического поля Чукотки. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 228 с.
9. *Читалин А.Ф., Агапитов Д.Д., Штенгелов А.Р., Усенко В.В., Фомичев Е.В., Гришин Е.М., Воскресенский К.И.* Сдвиговая тектоника и золотоносность Колымско-Чукотского региона // Конференция Майнекс Дальний Восток, 2016. (г. Магадан. 14—15 июля 2016). [https://minexforum.com/wp-content/uploads/2016/07/4.CHitalin-i-dr\\_Sdvigovaya-tektonika-i-zolotonosnost-Kolymsko-SNukotskogoregiona\\_2016.pdf](https://minexforum.com/wp-content/uploads/2016/07/4.CHitalin-i-dr_Sdvigovaya-tektonika-i-zolotonosnost-Kolymsko-SNukotskogoregiona_2016.pdf).
10. *Казинский В.А.* Отчет о поисках в пределах восточного фланга Канчаланской рудной зоны за 1992-1995 годы. (Тнэквеемский отряд). Научно-производственное предприятие «Геопоиск». п.Эгвекино, 1996.
11. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедра / Под редакцией А.И.Кривцова; составители: Беневольский Б.И. (руководитель), Аксенов Е.М., Блинова Е.В., Ваганов В.И., Вартанян С.С., Голенев В.Б., Конкина О.М., Курторгин В.И., Логвинов М.И., Машковцев Г.А., Мигачев И.Ф., Микерова В.Н, Руднев В.В., Ручкин Г.В. – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.
12. *Козлова М.А., Травкин Е.В., Климова И.А.* Оперативный пересчет запасов зоны Главная месторождения Валунистое по состоянию на 01.01.2018 г. ООО «ГеоСолошинс», г. Москва, 2018. 113 с.
13. *Голдырев В.Н. и др.* Минералы-индикаторы золотоносности россыпей в бассейне р. Берелех (Магаданская область) // Известия УГГУ. 2021. Вып. 3 (63). С.



44–52. DOI 10.21440/2307-2091-2021-3-44-52.

14. *Калинин, Ю.А., Росляков Н.А., Наумов В.А.* Эпигенез самородного золота в активном слое мерзлоты // Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015, с. 89-90.
15. *Наумов В.А., Хусаинова А.Ш.* Влияние сезонного промораживания и прогревания сульфидов на частицы золота в техногенно-минеральных образованиях // Цветные металлы и минералы. Сборник докладов Девятого международного конгресса. Красноярск, 2017. С. 942-951.
16. *Наумов В.А.* Минерогения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия. Автореф. дис. ... док-ра геол.-мин. н., Пермь: ПГУ, 2010, 42 с.
17. *Хусаинова А.Ш.* Поведение золота в техногенно-минеральных образованиях месторождений золото-сульфидного типа. Автореф. дис.. канд. геол.-мин. н., Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2020, 19 с.
18. *Генералов М.Е., Наумов В.А.* Преобразование золота в техногенных россыпях и отвалах Урала // Уральский геологический журнал. 1998. № 4. С. 19–56.
19. *Osovetsky B. M., Naumova O. B., Naumov V. A.* Natural processes of nanogold concentrations // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. SGEM 2016. Vienna, 2016. Book 6, Vol. 3. P. 105-112.
20. *Гуревич Д.В., Новоселов К.А. и др.* Оперативный отчет о деятельности полевой группы «SRK Exploration» на Канчалано-Амгуэмской лицензионной площади, М., «SRK Exploration», 2007. 29 с.
21. *Зубова Т.П.* Особенности гидроксидов железа кор выветривания как поисковый признак золоторудных проявлений // В книге: Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. 2019. С. 99.
22. *Cook D.R., Hollings P., Walshe J.L.* Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Controls // *Econ. Geol.* 2005. V. 100. P. 801–818.
23. *Sillitoe R.H.* Porphyry Copper Systems // *Econ. Geol.* 2010. V. 105. P. 3–41.

## IRON HYDROXIDES IS INDIRECT INDICATOR FOR THE DETECTION OF GOLDEN EPIDERMAL MINERALIZATION

**V.N. Goldyrev, V.A. Naumov, A.S. Khusainova**

*vg121297@yandex.ru*

The results of search and evaluation work on the Kremovaya license area (Central Chukotka) are demonstrated. In the course of field work, a stream was discovered, on the bottom and banks of which iron hydroxides are abundantly deposited, as well as outcrops of highly hardened rocks. The aim of the study is to study the relationship between the presence of iron hydroxides and gold epithermal mineralization. The behavior of gold in the process of destruction and dissolution of the root source – epithermal ores is described. Brownstone formations are considered as an indirect indicator for the detection of golden epidermal mineralization.

*Keywords: iron hydroxides, sulfides, gold, epithermal deposits, Okhotsk-Chukchi volcanic belt.*