



УДК 553.411.071

**КРУТОПАДАЮЩИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ЗОНЫ КАК ВОЗМОЖНЫЕ
РУДОПОДВОДЯЩИЕ СТРУКТУРЫ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «НАДЕЖДА»
(ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)**© В.И. Леонтьев¹

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2.

Исследована крутопадающая минерализованная зона, выявленная в ходе эксплуатации золоторудного месторождения «Надежда» куранахского типа. Проведено минералого-петрографическое изучение дайковых, вмещающих и метасоматически измененных пород. Установлены связи миграции химических элементов с изменениями минерального состава горных пород и оценена направленность процесса метасоматоза. На основе выполненных исследований и анализа существующей теоретической базы сделаны выводы о возможных рудоподводящих структурах месторождений куранахского типа.

Ключевые слова: Центральное-Алданский рудный район; куранахский тип оруденения; калиевый метасоматоз; золото; рудоподводящие структуры.

**STEEPLY DIPPING MINERALIZED ZONES AS PROBABLE ROOT STRUCTURES IN «NADEZHDA» GOLD ORE
DEPOSIT (THE CENTRAL ALDAN)**

V.I. Leontiev

National Mineral Resources University «Mining»,
2, 21 Line, Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia.

A steeply dipping mineralized zone identified under the exploitation of a Kuranakh type gold deposit "Nadezhda" is studied. Having performed mineralogical and petrographic study of dyke, matrix and metasomatically altered rocks, the correlations between chemical element migration and the changes in the mineral composition of rocks are found and the direction of the metasomatic process is estimated. Conducted research and the analysis of the existing theoretical foundation allow to derive conclusions on possible root structures of the Kuranakh type deposits.

Keywords: Central Aldan ore province; Kuranakh type of ore mineralization; potassium metasomatism; gold; root structures.

Введение и цели исследования

Месторождение «Надежда» находится в северо-восточной части Нижнеякококитского рудного поля (Центральное-Алданский рудный район). Основное оруденение локализуется на контакте горизонтально залегающих доломитов унгелинской свиты нижнего кембрия и перекрывающих их юрских песчаников юхтинской свиты. Развитые на площади месторождения теригенно-карбонатные породы прорваны дайками минетт нижнекуранахского комплекса и сиенит-порфиоров колтыконского комплекса раннемелового возраста. Дайки сиенит-порфиоров являются важным элементом структуры рудного поля. Они выполняют трещины в пределах зон тектонических нарушений, контролируемых рудные залежи. Данная система тектонических нарушений принадлежит к зоне Эмельджанского регионального разлома, контролирующего размещение всех месторождений и рудопроявлений Нижнеякококитского рудного поля. С его поздней активизацией связана линейная рудоносность доломитов и сиенитовых даек. Омоложенная структура представляет собой левый сдвиг, со сложной системой параллельных разломов основного направления (простираение 340°) и оперяющих (простираение 16°) трещин.

Месторождение по своей геолого-структурной позиции, вещественному составу руд и околорудных

метасоматитов относится к куранахскому типу. Золотоносными являются коры выветривания сложного состава, в которых преобладают лимонит, каолинит, гидрослюда, калишпат и кварц. Золоторудные тела представляют собой залежи лентообразной, плащеобразной формы с сильноизвилистыми контурами, с раздувами и пережимами. Они приурочены к карстовым полостям неоген-четвертичного возраста и образуют цепочку, вытянутую в северо-западном направлении (320–340°) [1–4].

Ветлужских В.Г., Казанских В.И. и др. [2] выделяют три разделенных во времени и генетически разнородных этапа формирования месторождений куранахского типа. В первый из них на поверхности венд-кембрийской карбонатной толщи образовались доюрские коры и карстовые полости с накоплением в них остаточных глин. Во второй раннеюрский этап после накопления аркозов юхтинской свиты внедрились дайки калиевых минетт и сиенит-порфиоров. В связи с раннемезозойским магматизмом проявился калиевый метасоматоз карбонатных пород платформенного чехла и литифицированных глин, выполняющих доюрские карстовые полости. В третий поздненеогеновый-раннечетвертичный этап произошло развитие подземного карста, завершилось окисление вмещающих пород и руд с перераспределением рудных компонентов

¹Леонтьев Василий Иванович, аспирант, тел.: +7 921 897 55 71, e-mail: leonteyv@spmi.ru
Leontiev Vasily, Postgraduate, tel.: +7 921 897 55 71, e-mail: leonteyv@spmi.ru



и формированием современных золотоносных залежей. Однако не все авторы согласны с такой моделью. Максимов Е.П. и др. [4] считают, что сохранение доюрской коры выветривания или формирование ее в ранней юре в сколько-нибудь значительных объемах маловероятно. Данные исследователи предполагают, что создание современного облика месторождений куранахского типа происходило в результате проявления двух генетически совершенно независимых и разобщенных во времени на два автономных этапа процесса. На первом этапе в раннем мелу в результате проявления калиевого и кремнекалиевого метасоматоза были сформированы рудные объекты. Позднее в неогеновое и четвертичное время залежи золоторудных метасоматитов были дезинтегрированы и преобразованы в условиях подземного карста с образованием элювиальных золоторудных залежей коры выветривания.

Однако в представленных выше моделях основной акцент сделан на рудные субгоризонтальные залежи, хотя на большинстве месторождений куранахского типа выявлены и крутопадающие рудные зоны. Их потенциал на данный момент мало изучен, а уже проведенные исследования были довольно бессистемными.

Как известно, возможная рудоносность платформенного чехла ниже уровня золотоносных залежей куранахского типа изучалась в 1956–1957 гг., когда в Куранахской впадине была пройдена 31 скважина, в том числе 13 на глубину более 100 м, из них 4 достигли кристаллического фундамента. Скважины пробурены без какого-либо учета строения и условий залегания рудоносных зон. Несмотря на это, в ряде скважин на разных глубинах были зафиксированы значительной мощности рудные интервалы [4]. На рудном поле ниже золотоносных карстовых полостей разведочными скважинами вскрыты фрагменты крутопадающих зон трещиноватости [2]. В карбонатных породах на глубинах 260–500 метров присутствуют зоны крутопадающих карбонатных прожилков, содержащих пирит. По единичным пробам мелкозернистый пирит содержит десятки г/т золота и сотни г/т серебра [1].

Целью работы являлось выявление геолого-

генетических особенностей подобных крутопадающих минерализованных зон на месторождении «Надежда» куранахского типа.

Материал и методы исследования

В процессе разработки месторождения «Надежда» была выделена крутопадающая минерализованная зона, развивающаяся по системе тектонических нарушений и представленная дезинтегрированными и метасоматически измененными доломитами и дайками сиенитового состава (рис. 1). По результатам пробирного анализа установлено, что золотоносными являются катаклазированные и брекчированные доломиты и измененные породы сиенитового состава (среднее содержание 2,4 г/т) [3].

Для определения направленности метасоматического процесса и установления связи с ним благороднометалльного оруденения были исследованы дайковые, вмещающие и метасоматически измененные породы. Исследование заключалось: в изучении прозрачных шлифов измененных и исходных горных пород; выявлении закономерностей распределения рудной минерализации в отдельных зонах измененных пород с использованием минераграфического и микроскопического исследования аншлифов; установлении связи миграции химических элементов с изменением минерального состава горных пород и оценке направленности и стадийности процесса метасоматоза на основе изучения баланса вещества при метасоматическом процессе. Минеральный состав метасоматитов и вмещающих горных пород определялся микроскопически в проходящем свете на микроскопе «Zeiss Axioplan» с компьютерной системой Videotest. Исследование рудной минерализации проводилось на сканирующем электронном микроскопе-микроанализаторе модели MV 2300 фирмы CamScan (Великобритания). Измерение плотности горных пород на образцах было выполнено гидростатическим способом. Химический анализ проб произведен на рентгеновском флуоресцентном спектрометре XRF-1800 методом фундаментальных параметров, совмещенном с термическим анализом на ДСК-ТГА термоанализаторе SDT Q600.

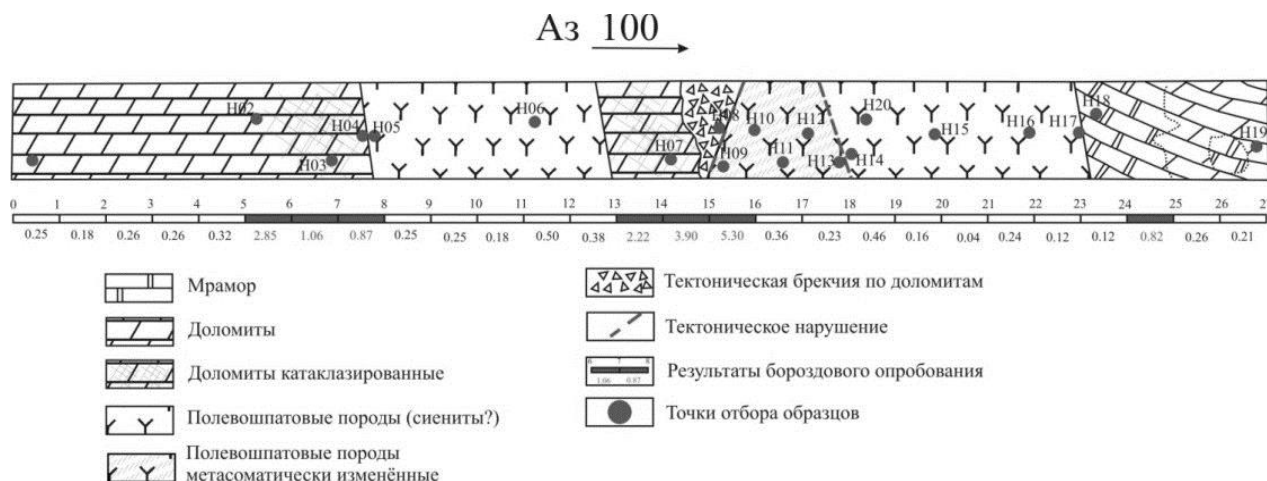


Рис. 1. Геологическая схема крутопадающей минерализованной зоны, вскрытой в северном борту карьера



Результаты исследований и их обсуждение

Вмещающими породами являются доломиты, состоящие из ксенобластовых изометричных зерен карбоната. Текстура массивная. Присутствует мелкий пирит, нередко кубической формы; иногда отмечаются более темные полосы, обусловленные большей долей глинистого материала.

Внедрившиеся в доломиты дайки представлены сиенит-порфиром трахитовой структуры. Фенокристаллы представлены ортоклазом, основная масса сложена более мелкими лейстами ортоклаза. Кварц в породе представлен редкими включениями небольших зерен и составляет 2–3%. Порода подвергалась слабым среднетемпературным изменениям, что отражается в слабой серицитизации основной массы, замещением темноцветных минералов гидроокислами железа и карбонатом, присутствием отдельных зерен флюорита.

Контакты, в целом, не сопровождаются изменениями, лишь в восточном контакте доломиты мраморизованы. Мрамор состоит из ксенобластовых зерен карбоната, имеющих изометричные формы и различные размеры. Встречаются единичные зерна рудного минерала. Структура гетеробластовая. Присутствуют реликты практически не перекристаллизованного доломита. На контакте сиенит-порфиров и доломитов отмечаются прожилки карбоната, секущие как доломиты, так и сиенит-порфиры; лимонитизация наложена на оба типа пород.

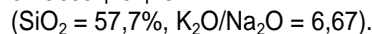
Измененные породы представлены катаклазированными доломитами. По трещинам развивается кальцит-доломит-анкеритовый агрегат. Тектонические брекчии представлены обломками доломитов, сцементированными анкеритовой массой. К карбонатным прожилкам приурочена мелкая вкрапленность галенита, пирита и арсенопирита (рис. 2).

Измененные сиенит-порфиры отличаются слабой серицитизацией и широким развитием сульфидов в порах и трещинах, причем интенсивность сульфиди-

зации уменьшается по мере отдаления от зоны тектонического нарушения.

Результаты химического анализа по породообразующим элементам вмещающих пород и метасоматитов показаны в табл. 1.

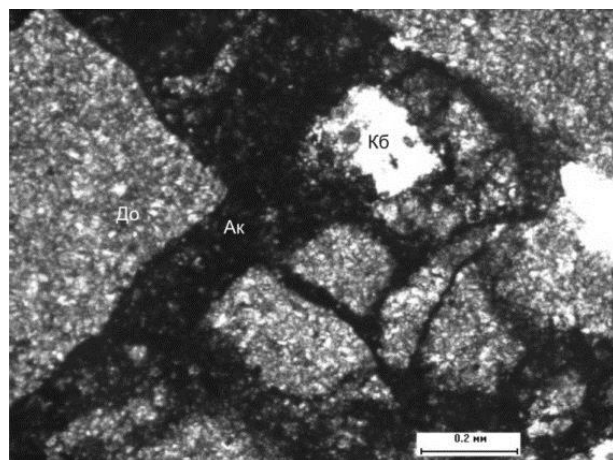
Вмещающие породы представлены доломитами унгелинской свиты нижнего кембрия. Дайки можно отнести к колтыконскому гипабиссальному комплексу сиенит-порфиров, представленных калиевой щелочносиенитовой ассоциацией



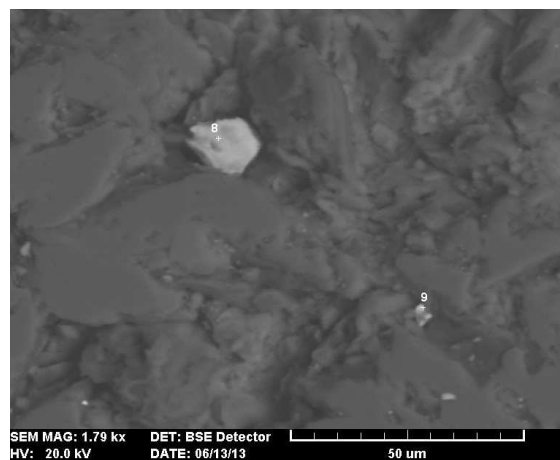
Измененные породы представлены катаклазированными и брекчированными доломитами, в которых прожилки и цемент тектонических брекчий представлены анкеритом, доломитом и кальцитом. К прожилкам приурочена мелкая вкрапленность галенита и арсенопирита. В сиенит-порфирах в зоне тектонического нарушения прошло выщелачивание ортоклаза с образованием пор. В порах и трещинах позже проходило отложение сульфидов. Интенсивность сульфидизации уменьшается по мере отдаления от зоны нарушения. В гипергенных условиях практически все сульфиды подверглись окислению. Продуктивная минерализация представлена вкрапленными пиритом, арсенопиритом, галенитом.

По результатам химического анализа был выполнен расчет баланса вещества при метасоматозе. В табл. 2 отражено содержание атомов элементов в объеме $10\,000 \text{ \AA}^3$ по каждому типу пород.

Процесс, проходящий по карбонатным породам, характеризуется выносом Si, Ti, Al, Mg, Ca, Na, K, воды и CO_2 , привнесом Fe, Mn, P. Метасоматоз проходит со значительным уменьшением объема горной породы. При метасоматическом изменении сиенит-порфиров отмечается вынос Fe, Mg, Mn, Ca, Na, CO_2 , привнос Si, Ti, Al, K, P (табл. 2). Метасоматоз можно охарактеризовать как калиевый. Полученные данные довольно хорошо отражают процесс анкеритизации доломитов и выщелачивания полевых шпатов с образованием серицита в сиенит-порфирах.



а



б

Рис. 2. Тектоническая брекчия по доломиту: а) микроскопическое изображение шлифа в проходящем свете; До – доломит, Ак – анкерит, Кб – кальцит; б) BSE-изображение, вкрапления рудных минералов в цементе тектонических брекчий; точка 8 – арсенопирит (S – 34.43 ат.%, Fe – 31.15 ат.%, As – 34.42 ат.%); точка 9 – никелин (Ni – 43,71 ат.%, Fe – 0,44 ат.%, As – 55,85 ат.%)



Таблица 1

Результаты химического анализа, масс. %

Элементы	Доломит	Выветрелый доломит	Сиенит-порфир	Доломит брекчированный	Доломит брекчированный	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Сиенит-порфир
SiO ₂	15.3	10.4	54.9	27.8	16.6	61.1	60.7	56.7	56.6	56.4
CaO	22.9	28.1	5.8	16.3	25.9	0.81	0.71	0.69	0.86	1.8
MgO	14.9	15.4	3.5	12.1	13.6	0.69	1.3	4.7	6.0	3.0
Al ₂ O ₃	3.7	1.3	14.5	6.1	0.95	16.6	16.8	15.8	16.0	15.9
Fe ₂ O ₃	1.6	1.5	5.6	2.3	2.9	3.6	4.4	5.6	6.2	6.9
K ₂ O	2.9	0.88	6.2	4.6	0.62	12.6	11.8	11.5	8.8	8.5
MnO	0.04	0.06	0.10	0.06	0.15	0.05	0.07	0.12	0.08	0.06
Na ₂ O	0.14	0.084	2.6	0.28	0.041	0.66	0.85	1.1	1.1	2.6
TiO ₂	0.19	0.064	0.64	0.30	0.044	0.79	0.71	0.78	0.78	0.69
P ₂ O ₅	0.051	0.016	0.37	0.072	0.083	0.66	0.50	0.53	0.48	0.43
CO ₂	34.3	38.4	2.9	26.6	37.5					0.71
H ₂ O	3.3	3.6	2.4	3.3	1.5	1.2	1.7	1.6	2.5	1.85
Σ	99.5	99.7	99.5	99.8	99.8	98.7	99.6	99.1	99.3	98.8

Таблица 2

Содержание атомов элементов в объеме 10 000 Å³ во вмещающих, дайковых и метасоматически измененных породах

Порода	Si	Ti	Al	Fe ⁺²	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	H	C
Доломит	45,38	0,42	25,89	7,14	0,10	65,89	72,80	1,61	21,96	0,26	65,33	138,99
Брекчированный доломит	33,93	0,07	4,58	8,92	0,26	41,45	56,75	0,33	3,24	0,29	40,93	104,73
Сиенит-порфир	148,53	1,30	92,55	22,80	0,23	14,12	16,82	27,29	42,82	1,70	43,34	10,72
Измененный сиенит-порфир	166,52	1,62	106,74	14,77	0,12	2,80	2,37	6,98	87,67	3,05	43,66	0,00

Выводы

Выделение крутопадающих минерализованных зон имеет большое значение, так как при относительно небольшой мощности они довольно протяженные и распространяются на большую глубину. Оруденение подобного типа может иметь весьма значительные масштабы, поэтому наличие подобных зон открывает широкие перспективы выявления новых золоторудных объектов в пределах Куранахского и Нижнеякокитского рудных полей.

Можно предположить, что характеризующая в данной работе минерализованная зона является частью системы рудоподводящих структур для золоторудных залежей месторождения «Надежда». В будущем объективное обоснование или опровержение данного предположения детальными геохимическими, минералого-петрографическими и геолого-структурными исследованиями может приблизить нас к полному пониманию механизмов становления благороднометальной минерализации на месторождениях куранахского типа.

Статья поступила 31.10.2014 г.

Библиографический список

1. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н. Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений. 1998. № 4. Т. 40. С. 354–369.
2. Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных месторождений. 2002. № 6. Т. 44. С. 467–499.
3. Леонтьев В.И. Руды и метасоматиты крутопадающих минерализованных зон золоторудного месторождения «Надежда» (Центральный Алдан). Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2013. Том 1. С. 25–27.
4. Максимов Е.П., Уютов В.И., Никитин В.М. Центрально-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеанская геология. 2010. № 2. Т. 29. С. 3–26.