



УДК 549.08:[549.283+549.233]:553.432(234.82)

# ЗОЛОТО-ТЕЛЛУРИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ ПРОЖИЛКАХ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ УЧАСТКА «КРУТОЙ» (ПАЙ-ХОЙ)

Р. И. Шайбеков  
Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
shaybekov@geo.komisc.ru

Приводятся данные о минеральных формах теллуридно-золото-сульфидной минерализации, связанной с зонами окварцевания и кварцевыми прожилками в габбро-долеритовых телах Пайхойского антиклинория. На основе электронно-микроскопических исследований были установлены сульфиды, золото и колорадоит, имеющие гидротермальный генезис.

Ключевые слова: *Пай-Хой, габбро-долерит, сульфиды, золото, колорадоит.*

## GOLD-TELLURIDE MINERALIZATION IN QUARTZ-SULFIDE VEINS ORE OCCURRENCES «UCHASTOK KRUTOY» (RUSSIA, PAY-KHOY)

R. I. Shaybekov  
Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The data on the mineral forms of telluride-gold-sulphide mineralization associated with zones of silicification and quartz veins in gabbro-dolerite bodies from Paykhoysky anticlinorium are given. Sulfides, gold, coloradoite, having a hydrothermal origin, were found by electron microscopy studies.

Keywords: *Pay-Khoy, gabbro-dolerite, sulfides, gold, coloradoite.*

Базальтоидные формации известны на Южном острове Новой Земли, острове Вайгач и Югорском полуострове. На Пай-Хое девонские базальтоидные комплексы в разное время изучали П. С. Воронов, К. В. Давыдов, В. П. Давыдов, Ю. В. Жуков, О. В. Заборин, Л. А. Костюкова, В. А. Маслов, А. С. Микляев, Б. Я. Осадчев, Б. А. Осташенко, М. В. Фишман, М. А. Шишкин, Н. П. Юшкин и др.

Хенгурский (центрально-пайхойский) базальтоидный комплекс [3, 4, 8] представлен исключительно гипабиссальными субинтрузивными телами, локализующимися в терригенно-карбонатных породах среднепозднеордовикского возраста (хенгурская, тальбейтывисская, сопчинская свиты) в осевой части Пайхойского антиклинория (рис. 1). Только в междуречье Хэйяхи и Силовыхи закартировано свыше 400 долеритовых тел [4]. Форма долеритовых тел в большинстве случаев пластовая (силлы). Их контакты согласны со слоистостью вме-

щающих пород. Только в некоторых телах, выполняющих крупные камеры, в верхней части разреза иногда отмечаются несогласия (пологосекущие контакты, хонолитоподобная форма). Мощность тел колеблется от 1.5 до 150–200 м, протяженность — от 100 м до 15–17 км. Отдельные выходы представляют собой фрагменты весьма крупных межпластовых интрузий протяженностью до 100 км. Долеритовые тела с совместно вмещающими их породами интенсивно дислоцированы, что проявляется в складкообразовании.

По особенностям строения, состава и механизма дифференциации интрузивные тела долеритов хенгурского комплекса делятся на три основных типа [2, 4, 8]: *тип I — полnodифференцированные (гравитационно-дифференцированные); тип II — частично дифференцированные (кристаллизационно-дифференцированные) и недифференцированные; тип III — сложnodифференцированные.* С дифференциро-

ванными интрузиями генетически связано сульфидное медно-никелевое оруденение.

По последним существующим схемам возраст хенгурского габбро-долеритового комплекса считался позднедевонско-раннекаменноугольным [1]. В 2005 г. на вторично-ионном микрозонде высокого разрешения (SHRIMP-II, аналитик А. Н. Ларионов) в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) были получены U-Pb-датировки цирконов (369.8±2.27 млн лет) из габбро-долеритов г. Сопчамыльк [5]. Позднее, тоже по цирконам (U/Pb метод, SHRIMP-II), были получены датировки 374.6±2.0, 374.0±2.7 и 381.4±2.0 млн лет для дифференцированных и недифференцированных тел, локализованных в отложениях нижнего-среднего ордовика на рудопроявлении участка «Первый» [7]. Исходя из этого, М. А. Шишкин сделал вывод о том, что «время внедрения силлов хорошо коррелируется с эпохой излияния оливиновых ба-

зальтов на о. Новая Земля (рейская свита нижнего франа) и верхнедевонским костиншарским габбро-долеритовым комплексом Новой Земли и эпохой кимберлитового магматизма Зимнего Берега» [7, с. 183].

Рудопроявление участка «Крутой» расположено в центральной части хенгурского комплекса на правом берегу р. Хенгурью в 500 м юго-восточнее устья ручья Крутого (рис. 1). Оно представляет собой вытянутое в северо-западном направлении пластовое тело габбро-долеритов, согласно залегающее в глинистых сланцах среднего ордовика. Протяженность залежи около 1.5 км. По простиранию тело образует ряд раздувов и пережимов, поэтому видимая мощность его колеблется в пределах 60–200 м. Падение интрузива юго-восточное, под углом 60–70°. Долериты имеют в плане отчетливо выраженное зональное строение. Краевые части залежи сложены мелкокристаллическими светло-зеленовато-серыми гломерозернистыми долеритами, которые в центральной части интрузива через порфиroidные разности сменяются крупнокристаллическими кварцевыми амфиболитизированными габбро-долеритами с которыми, в свою очередь, пространственно и генетически связана зона равномерно вкрапленной (1–2 мм) халькопирит-пирит-пирроотиновой минерализации. [9, с. 131].

Сульфиды в виде тонких вростков ассоциируются с кварц-альбитовым мирмекитом, выполняющим интерстиции между беспорядочно расположенными призматическими зернами плагиоклаза, и иногда образуют прерывистые оторочки вдоль их границ. Кроме того, постоянно присутствует такие акцессорные минералы, как апатит, зачастую образующий сростания с сульфидами, реже встречается турмалин, циркон. Содержание сульфидов варьируется в пределах 5–20 % (в среднем около 7–10 %). Халькопирит, содержание которого не превышает 0.5–1.0 %, иногда образует с кварцем маломощные секущие прожилки. В результате производственных работ рудная зона мощностью 2–20 м была прослежена канавами, пройденными примерно через 80–120 м на расстояние 1.2 км. Структурно-морфологические особенности минерализации: приуроченность ее к центральной части зональной интрузивной залежи и связь ее с наиболее поздними, обогащенными продукта-

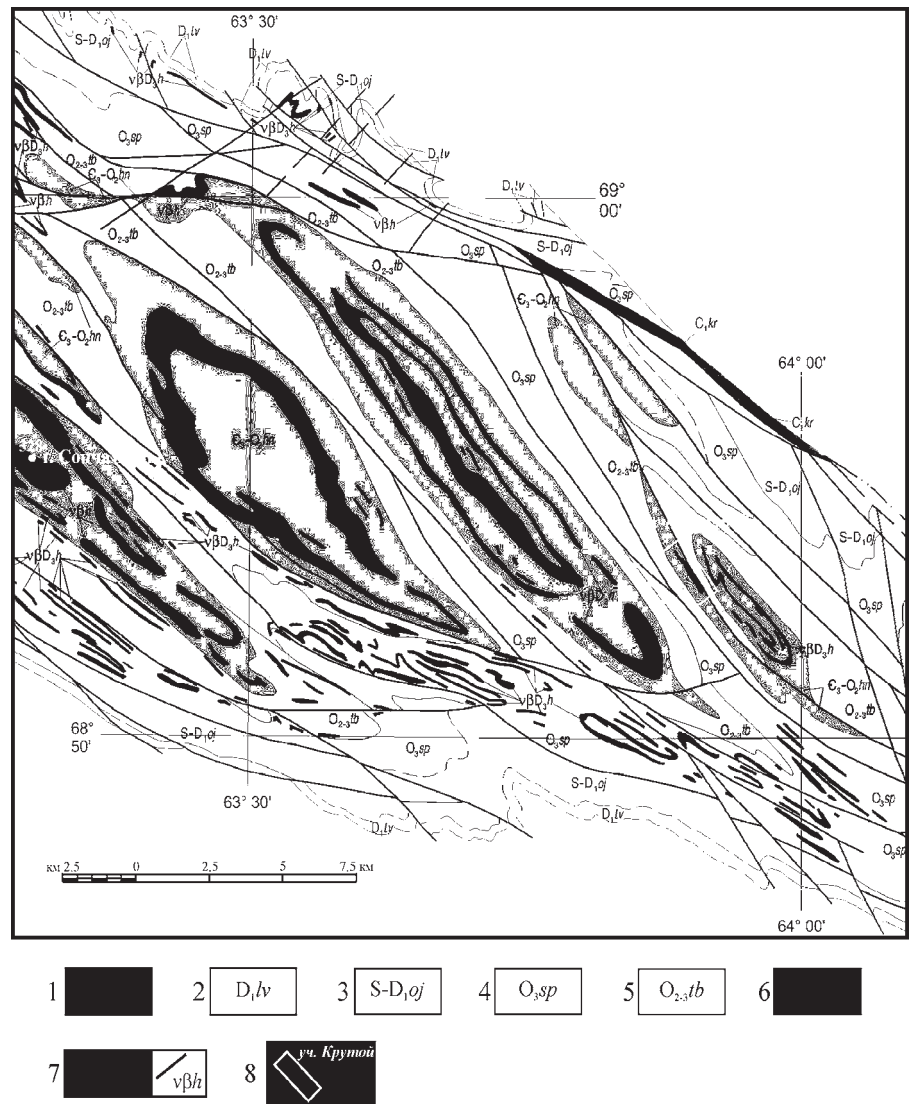


Рис. 1. Геологическая карта центральной части Пайхойского антиклинария. Фрагмент Государственной геологической карты масштаба 1:200000, листов R-41-XXVIII, XXIX [10]: 1 — карская свита. Внизу плитчатые серые детритовые известняки с линзами и стяжениями кремней, прослой черных углеродисто-глинисто-кремнистых сланцев и фтанитов; выше — тонкослоистые и «пятнистые» известняки и доломиты, прослой мраморов, известняковых брекчий, углеродисто-кремнистых сланцев и фтанитов; 2 — ливановская свита. Сланцы углеродисто-кремнисто-глинистые, углеродисто-глинисто-кремнистые и их карбонатные разности, прослой кремнистых и углеродисто-кремнистых известняков; вверху известняки петельчатые с прослоями глинисто-кремнистых сланцев; 3 — оюская свита. Черные углеродисто-глинисто-кремнистые, углеродисто-кремнисто-глинистые сланцы с конкрециями, линзами и прослоями кремнистых известняков; пачки углеродисто-фосфатно-глинисто-кремнистых сланцев, в верхней части свиты — ритмичное переслаивание глинисто-карбонатно-кремнистых, глинисто-кремнистых сланцев и кремнистых, глинисто-кремнистых известняков; 4 — сопчинская свита. В основании — известняки кремнистые с прослоями органо-обломочных известняков и сланцев глинисто-кремнистых, кремнисто-глинистых; выше тонкослоистые известняки, часто биотурбированные, с прослоями и пачками силицитов, глинисто-кремнистых сланцев; в прикоровальной части — ритмичное переслаивание глинисто-кремнистых известняков и сланцев глинисто-кремнистых, кремнисто-глинистых; 5 — тальбейтывисская свита. Ритмичное переслаивание известняковых гравелитов, известковистых песчаников, алевропесчанистых известняков, глинисто-кремнистых, кремнисто-глинистых, известковисто-кремнисто-глинистых сланцев; 6 — хенгурская свита. Внизу — известняки глинисто-кремнистые петельчатые, песчанистые известняки с прослоями глинисто-известковистых и глинисто-углистых сланцев; локально в основании — конгломераты, гравелиты, песчаники (300–600 м); вверху сланцы глинисто-кремнистые, кремнисто-глинистые и их углеродистые разности; редкие прослой известняков; 7 — хенгурский комплекс долерит, габбро-долеритовый (vβD<sub>3</sub>h). Силлы и дайки габбро-долеритов, долеритов и оливиновых габбро-норитов; 8 — контур участка и его название



ми-дериватами, литолого-петрографический контроль оруденения и его выдержанность по простиранию — позволяют считать этот тип минерализации собственно магматическим, сформировавшимся на заключительных стадиях кристаллизации интрузива. По данным химического анализа бороздовых проб, концентрации полезных компонентов составляют (%): медь — 0.02–0.1, никель — 0.003–0.01, кобальт — 0.007–0.01 [9].

Согласно ранее опубликованным данным, золото-теллуридная минерализация была обнаружена в габбро-долеритовых телах хенгурского комплекса Пай-Хоя только на участках «Первый» и «Савабейский», в составе сульфидных медно-никелевых руд [6]. В результате проведенных нами исследований сульфидной (существенно халькопиритовой) минерализации в кварцевых прожилках участка «Крутой» были установлены серебро-золото-теллуридные фазы, имеющие позднее гидротермальное происхождение. Кроме того, на территории Пай-Хоя нами был впервые обнаружен минерал колорадоит.

*Халькопирит* — самый распространённый сульфидный минерал в кварцевых прожилках (в сростках с кварцем) — имеет явно позднее происхождение. Встречается он в виде мелких вкраплений (1–4 мм) либо скоплений (до 2 см) в основной массе кварца, поверхность зерен характеризуется интенсивной трещиноватостью. Именно с халькопиритом в кварц-сульфидных прожилках чаще всего связана золото-теллуридная минерализация. Исходя из полученных нами данных (табл. 1), содержание основных его компонентов варьируется в следующих пределах (мас. %): Cu — 27.08–34.39, Fe — 28.06–33.50, S — 27.97–39.18. В минерале отмечается дефицит меди, содержание железа в основном близко к классическому, а сера часто присутствует в избытке. Такой состав можно объяснить лишь выщелачиванием катионов меди, так как не затронутые этим процессом минеральные фазы близки к эталонным. Средняя кристаллохимическая формула халькопирита —  $Cu_{0.88}Fe_{1.00}S_2$ .

*Ковеллин* обнаруживается довольно редко, в виде небольших (до 20Ч100 мкм) удлиненных кристаллов. Во всех аншлифах отмечаются интенсивное его замещение серебром (до 50 % объема) и кавернозность. Выделения ковеллина чаще всего приурочены к

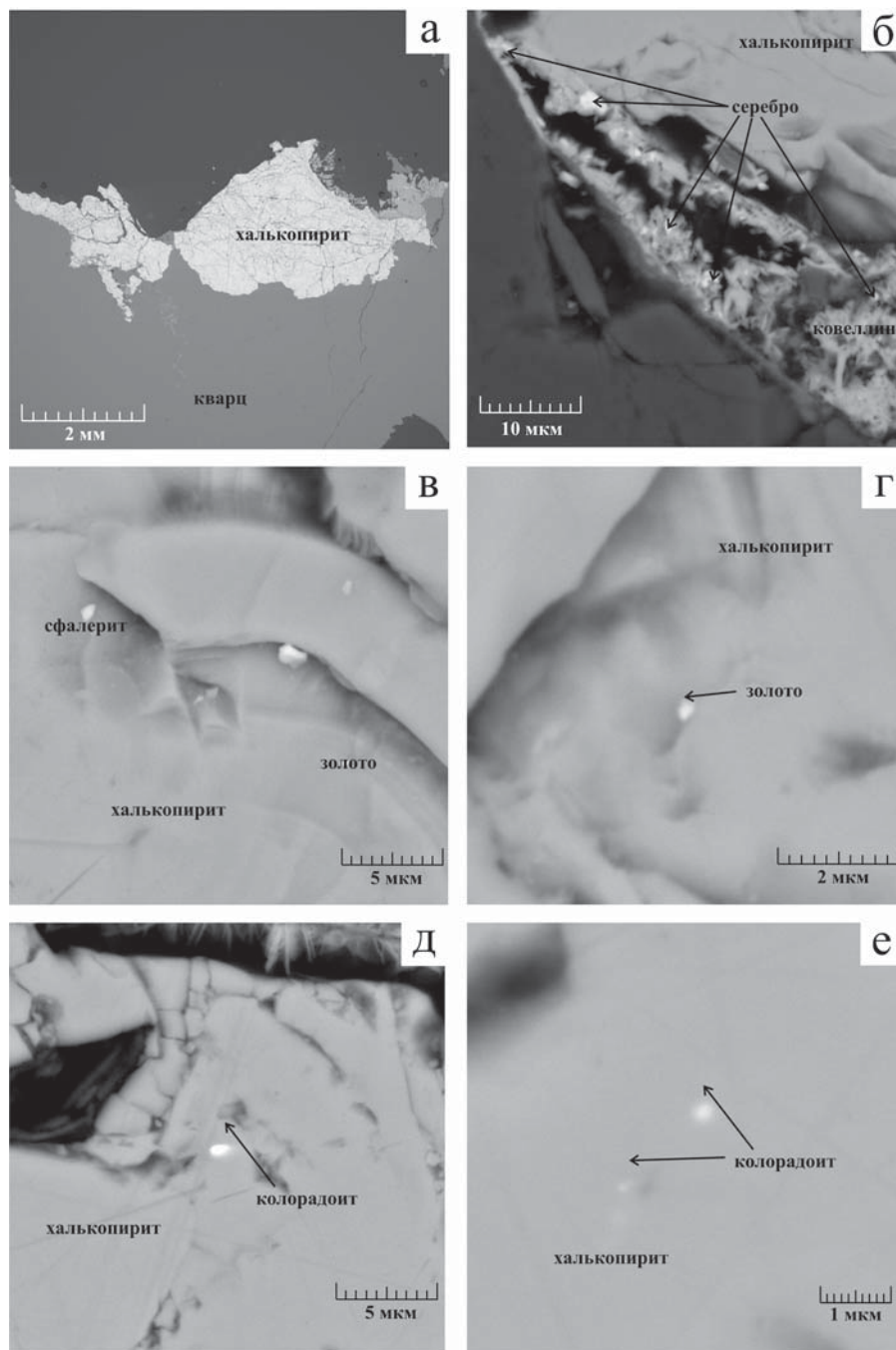


Рис. 2. Растровые электронно-микроскопические снимки аншлифов с теллуридно-золото-сульфидной минерализацией в габбро-долеритах участка «Крутой»: а) халькопирит в кварцевом прожилке; б) замещение ковеллина серебром; в) сфалерит (?) и золото в халькопирите; г) золото в халькопирите; д, е) колорадоит в халькопирите

Таблица 1

Химический состав халькопирита

Компоненты, мас. %			Сумма	Кристаллохимическая формула
S	Fe	Cu		
35.84	31.47	34.39	101.71	$Cu_{0.97}Fe_{1.00}S_2$
27.97	28.48	27.08	83.53	$Cu_{0.98}Fe_{1.17}S_2$
39.18	28.56	31.59	99.34	$Cu_{0.81}Fe_{0.84}S_2$
30.19	28.32	25.17	83.68	$Cu_{0.84}Fe_{1.07}S_2$
35.82	28.06	34.04	97.92	$Cu_{0.89}Fe_{0.96}S_2$
35.48	29.50	29.95	94.93	$Cu_{0.85}Fe_{0.95}S_2$
37.26	33.50	27.21	97.97	$Cu_{0.74}Fe_{1.03}S_2$
35.58	30.82	32.96	99.36	$Cu_{0.93}Fe_{0.99}S_2$



зонам контакта кварца с халькопиритом. В его химическом составе содержание меди меньше, а серы значительно больше, чем в эталонном количестве, и составляет 50.28 и 42.61 мас. % соответственно. Избыток серы, весьма вероятно, связан с граничащим с ним халькопиритом, а недостаток меди — с процессами выщелачивания и замещения. Из примесей в ковеллине присутствует железо (4.18 %). Кристаллохимическая формула минерала —  $(\text{Cu}_{0.64}\text{Fe}_{0.06})_{0.7}\text{S}$ .

*Сфалерит* (?) — редкий минерал, отмечается в халькопирите в виде неправильной формы вкрапленников размером до 1 мкм, часто совместно с золотом. Диагностируется довольно сложно, по результатам микронзондового анализа сфалерит фиксируется в матрице халькопирита, в связи с чем вычисление корректной кристаллохимической формулы оказалось невозможным.

*Золото* встречается довольно часто, его частицы размером от 0.1 до 0.5 мкм приурочены к областям понижения рельефа, трещинкам и нередко присутствуют в виде включений непосредственно в халькопирите. Содержит примесь серебра (до 14.65 мас. %; табл. 2).

*Колорадоит*, обнаруженный в тесной ассоциации с халькопиритом, является первой находкой данного минерала на Пай-Хое. Он образует включения изометричной формы размером до 1 мкм. Состав минерала (по двум фазам) немного отличается от эмпирического (Hg 61.12 и Te 38.88 мас. %). К примеру, содержания ртути имеют значения 45.87 и 46.67 мас. %, а теллура — 31.42 и 33.23 мас. % соответственно. Поскольку вариации незначительны, они могут быть связаны либо с особенностями минерализации, либо с неточностью анализа из-за небольших размеров зерен. В качестве примесей в нем выявлены (масс, %): серебро (до 19.46), никель (до 1.59) и свинец (до 13.88). Присутствие в колорадоите серебра и никеля может быть обусловлено региональной спецификой рудообразования (например, наличием в районе исследований медно-никелевых рудопроявлений, кварцевых жил и окварцеванием в базитах и т. д.). Значительное количество примесей серебра и свинца позволило выделить две его разновидности — серебро-свинцовистую и серебряную. Средняя кристаллохимическая формула колорадоита —  $\text{Hg}_{0.91}\text{Te}$  (табл. 3).

Таблица 2

## Химический состав золота

Компоненты, мас. %		Сумма	Кристаллохимическая формула
Ag	Au		
14.65	83.27	99.34	$\text{Ag}_{0.08}\text{Au}$
3.97	95.37	97.92	$\text{Ag}_{0.32}\text{Au}$

Таблица 3

## Химический состав колорадоита

Компоненты, мас. %					Сумма	Кристаллохимическая формула
Ni	Ag	Te	Hg	Pb		
1.59	5.22	31.42	45.87	13.88	97.97	$\text{Hg}_{0.92}\text{Pb}_{0.27}\text{Ag}_{0.19}\text{Te}$
Не обн.	19.46	33.23	46.67	Не обн.	99.36	$\text{Hg}_{0.89}\text{Ag}_{0.69}\text{Te}$

Кроме вышеописанных минералов в халькопирите обнаружены включения самородных свинца и олова, имеющие субмикронные размеры и, как правило, неправильную угловатую форму. Включения свинца величиной до 1.5 мкм нередко содержат примесь олова (до 10.6 мас. %). Включения олова размером до 3 мкм отмечаются в катаклазированных областях.

Теллуридно-золото-сульфидная минерализация характеризуется довольно устойчивым составом, включающим халькопирит, ковеллин, сфалерит (?), колорадоит и самородные свинец и олово. Образование такого рода минерализации происходило на гидротермальной стадии в кварцевых прожилках, несущих сульфидную минерализацию, на что указывает характер взаимоотношений между кварцем, халькопиритом и сфалеритом (?) и колорадоитом и самородными фазами, которые сформировались, по всей вероятности, в условиях низко- и среднетемпературного гидротермального процесса.

Автор выражает благодарность И. С. Астаховой, С. С. Шевчуку за помощь в подготовке работы.

Работа выполнена при поддержке проекта УрО и ДВО РАН №12-С-5-1006, проекта 12-5-6-016-АРКТИКА.

## Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист R-(40)-42-о. Вайгач — п-ов Ямал. Объяснительная записка // Под ред. Л. Л. Подсосова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. (МПР России, ВСЕГЕИ, ЗапСибГеоНац, ВНИИОкеангеология). 357 с.

2. Заборин О. В. Основные магматические породы центрального Пай-Хоя (Югорский полуостров): Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. Л., 1975. 24 с.

3. Заборин О. В. Диабазовая формация Пай-Хоя // Магматизм, метаморфизм и металлогения севера Урала и Пай-Хоя. Сыктывкар, 1972. С. 41—42.

4. Остащенко Б. А. Петрология и оруденение центральнопайхойского базальтоидного комплекса. Л.: Наука, 1979. 113 с.

5. Шайбеков Р. И. Долеритовое тело (Сопча) Центрального Пай-Хоя и его датирование с использованием U—Pb метода (SHRIMP II) // Третья Сибирская международная конференция молодых ученых по наукам о Земле: докл. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 2006. С. 246—248.

6. Шайбеков Р. И. Минеральные ассоциации и генезис сульфидного платинометалльного оруденения в габбро-долеритах Пай-Хоя (Россия, Ненецкий автономный округ) // Записки ВМО, 2011. № 6. С. 70—86.

7. Основные итоги создания комплексной государственной геологической карты м-ба 1:1000000 (3-е поколение) листа R-41 (Амдерма) / М. А. Шишкин, С. И. Шкарубо, Н. М. Маркина и др. // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XV Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 183—185.

8. Юшкин Н. П., Давыдов В. П., Остащенко Б. А. Магматические образования Центрального Пай-Хоя и их металлогенические особенности // Вопросы петрографии Северного Урала и Тимана. Сыктывкар, 1972. С. 3—34. (Тр. Ин-та геол. Коми фил. АН СССР. Вып. 17).

9. Юшкин Н. П., Кунц А. Ф., Тимошин Н. И. Минералогия Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 292 с.

10. Зархидзе Д. В. Геологическое доизучение масштаба 1:200000 листов R-41-XXVIII, XXIX (Карская площадь), Нарьян-Мар: ГУ «ТФИРК», 2011.

Рецензент

д. г.-м. н. С. К. Кузнецов