

ГЕОЛОГИЯ И ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЕТНЕЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ) GEOLOGY AND PALEOVOLCANIC CONDITIONS OF FORMATION OF LETNEE DEPOSIT (SOUTHERN URALS)

М. В. Рыкус
Mikhail V. Rykus

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В. И. Сначев
Vladimir I. Snachev

Институт геологии — обособленное
структурное подразделение
Федерального государственного
бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального
исследовательского центра
Российской академии наук,
г. Уфа, Российская Федерация

Institute of Geology — Subdivision
of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation

В статье рассмотрены геологическое строение и палеовулканические условия формирования колчеданно-полиметаллического месторождения Летнее, расположенного в пределах Джаилганского рудного поля. Показано, что в строении рудовмещающего вулканогенного комплекса участвуют три толщи, первая (нижняя) из которых сложена преимущественно крупношаровыми базальтами и ассоциирующими с ними долеритами, вторая – мелкошаровыми базальтами и гиалокластитами, а третья (рудоносная) – плагиофировыми мелкошаровыми базальтами, долеритами, брекчиями основного состава.

Анализ мощностей и фаций перечисленных толщ вулканогенного комплекса позволил реконструировать в пределах рудного поля разнорядковые палеовулканические элементы, в том числе: Джаилганский щитовой вулкан, Чиликтинско-Киембайское и Нурундиновское вулканотектонические поднятия, Киембайскую вулканотектоническую впадину, Чиликтинскую кальдерную депрессию. Установлено, что в пределах рассматриваемой площади размещение рудоносного вулканогенного комплекса полностью определяется границами Чиликтинской кальдеры. Рудные тела наследуют неровности палеорельефа ее днища, имеют линзовидную или пластовую форму и залегают обычно согласно с наложением базальтов. Месторождение представлено 8 колчеданными рудными телами линзообразной формы, сложенными преимущественно сплошными рудами, в состав которых входят пирит, халькопирит, сфалерит и магнетит. Специфика минерального состава руд заключается в высоком содержании в них кобальта и значительном объеме железисто-окисной минерализации, образующей самостоятельные магнетитовые линзы или пластовые залежи в основании медноколчеданных рудных тел.

Учитывая вышеперечисленные особенности, генезис месторождения Летнее следует считать вулканогенно-осадочным и относить его к медноколчеданной формации, близкой к кипрскому (домбаровскому) типу.

Ключевые слова

месторождение Летнее,
палеодепрессия,
щитовой вулкан, киембайская
свита, базальт, рудное тело

The article considers the geological structure and paleovolcanic conditions for the formation of the Letnee pyrite-polymetallic deposit, located within the Dzhaulgansky ore field. It is shown that there are three strata in the structure of the ore-bearing volcanogenic complex, the first (lower) of which is composed mainly of large-scale pillow basalts and associated dolerites, the second — small-scale pillow basalts and hyaloclastites, and the third (ore-bearing) — plagiophyric small-scale pillow basalts, dolerites, basaltic breccias.

Analysis of the thicknesses and facies of the volcanogenic complex have allowed to reconstruct various paleovolcanic elements within the ore field, including the Dzhaulgansky shield volcano, the Chiliktinsko-Kiembaisky and Nurundinovskiy volcanic-tectonic uplifts, the Kiembaisky volcanic-tectonic depression, and the Chiliktinsky caldera depression.

It has been established that within the considered area the location of the ore-bearing volcanic complex is completely determined by the boundaries of the Chiliktinsky caldera. Ore bodies inherit the unevenness of the paleorelief of its bottom, have a lenticular or stratiform shape and usually locate in accordance with the layering of basalts. The ore field is represented by 8 pyrite-polymetallic ore bodies of lenticular form, composed mainly of massive ores, which include pyrite, chalcopyrite, sphalerite and magnetite. Specificity of the mineral composition of ores is the high content of cobalt in them and a significant amount of iron oxide mineralization, which forms individual magnetite lenses or stratabounds at the base of copper-pyrite ore bodies.

Taking into account the above listed features, the genesis of the Letnee deposit should be considered as volcanogenic-sedimentary and attributed to a copper-pyrite formation close to the cyprian (dombarovskiy type).

Месторождение Летнее расположено в пределах Джаилганского рудного поля (рисунки 1, 2), сложенного вулканогенными породами киембайской свиты, которые на востоке и юге граничат с терригенно-карбонатными и песчано-сланцевыми отложениями домбаровской свиты нижнего карбона, а с севера и запада перекрыты эйфельскими вулканогенно-осадочными образованиями соответственно Тюлькубайской и Алимбайской депрессий [1].

Нижняя толща киембайской свиты развита только в наиболее погруженных блоках рудного поля и состоит в основном из потоков крупношаровых лав базальтов и ассоциирующих с ними долеритов. В незначительном количестве присутствуют плагиофировые базальты и вулканогенно-осадочные породы.

Средняя (подрудная) толща слагает основную часть разреза рудного поля. Она представлена ритмично чередующимися потоками мелкошаровых базальтов и гиалокластитов.

Верхняя (рудоносная) толща выполняет отрицательные структуры рудного поля и состоит в основном из плагиофировых массивных базальтов, реже присутствуют долериты, эксплозивные брекчии и гиалокластиты.

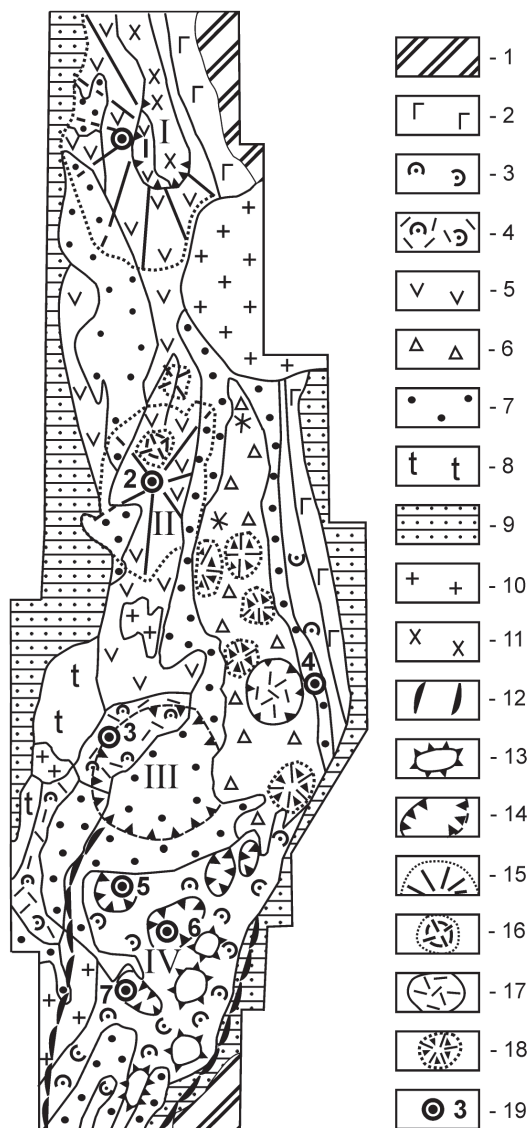
Вулкано-структуры рудного поля изучались нами по данным профильного бурения опорных скважин на широте месторождения

Key words

Letnee deposit, paleodepression, shield volcano, kiembaisky suite, basalt, ore body

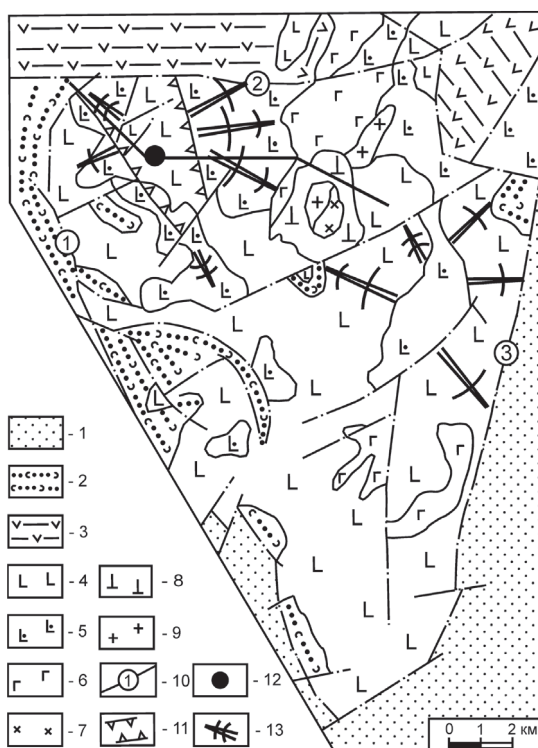
Летнее с использованием геологических материалов П.В. Лядского [2]. Структурно-палеовулканологическое картирование, проведенное на глубоких горизонтах базальтового комплекса, позволило вслед за П.В. Лядским выделить в пределах рассматриваемой территории элементы различных вулканических структур.

Основной структурой рудного поля является Джаилганский щитовой вулкан линейного типа диаметром не более 20 км, наследующий удлиненную вулкано-тектоническую депрессию. По данным глубинного сейсмического зондирования, депрессия имеет асимметричное строение. Её западный борт наклонен к востоку под углом 20–25°, восточный имеет более крутое ($\angle 30–35^\circ$) западное падение и осложнен тектоническими сбросами. По падению склоны депрессии слабо выполаживаются, но не имеют четкого замыкания на глубине. Максимальная мощность вулканогенных отложений приходится на наиболее прогнутую часть депрессии и пространственно совпадает с предполагаемой «корневой» (магмоподводящей) зоной щитового вулкана. В поствулканический этап лавовая постройка подверглась деформации с образованием по её периферии зон расланцевания, линейной складчатости и малоамплитудных надвигов.



1 — верхнепротерозойско-нижнекембрийские биотитовые гнейсы и плагиогнейсы Восточно-Уральского поднятия; 2–9 — вулканогенные формации: 2 — кремнисто-терригенно-трахибазальтовая (Pz1), 3 — базальтовая (D2ef), 4 — риолит-базальтовая (D2ef), 5 — базальт-андезит-дацит-риолитовая (D2ef), 6–7 — андезитобазальтовая: 6 — кутебайская толща, 7 — верхнекукбуктинская толща (D2ef), 8 — трахибазальтовая (D3—C1t1v1), 9 — прибрежно-морской угленосной молассы (C1t1v1); Интрузивные формации: 10 — мигматит-гнейсо-гранитовая (D3-C1t1) и габбро-диорит-сиенит-гранитовая (Pz3), 11 — габбро-диорит-плагиогранитовая (D3fr); 12–18 — вулканические структуры: 12 — Джаилганский базальтовый щитовой вулкан, 13 — базальтовые вулканические поднятия (малые щитовые вулканы), 14 — границы кальдерных депрессий: а) установленные, б) предполагаемые, 15 — стратовулканы базальт-андезит-дацит-риолитового состава, 16 — эффузивно-пирокластические постройки существенно кислого состава, 17 — постройки центрального типа с вершинной кальдерой, выполненной кислыми породами андезитобазальтовой формации, 18 — стратовулканы базальт-андезитобазальтового состава; 19 — месторождения: 1 — Джусинское, 2 — Барсучий Лог, 3 — Акжарское, 4 — Зимнее, 5 — Летнее, 6 — Осеннее, 7 — Левобережное; I–IV — номера крупных вулканических структур: I — Джусинский стратовулкан, II — стратовулкан Барсучий Лог, III — Акжарская кальдера, IV — Джаилганский щитовой вулкан

Рисунок 1. Схематическая палеовулканологическая карта района (составлена авторами с использованием материалов П.В. Лядского)



1 — терригенно-карбонатные песчано-сланцевые отложения домбаровской свиты (C1); 2 — тефроиды (D2ef); 3 — базальты и андезитобазальты с прослоями кремней (D2ef); 4–5 — базальты киембаевской свиты (D2ef); 4 — третьей толщ, 5 — второй толщ; 6–9 — верхнеживетско-франские образования: 6 — габбро; 7 — гранодиориты и граносиениты; 8 — трахидациты и трахириолиты; 9 — плагиограниты, тоналиты; 10 — тектонические разломы и их номера: 1 — Алимбайский, 2 — Тюлькубайский, 3 — Домбаровский; 11 — Чиликтинская кальдерная депрессия; 12 — месторождение Летнее; 13 — вулcano-тектонические поднятия

Рисунок 2. Геологическая карта Джаилганского рудного поля с элементами палеовулканологических реконструкций (составлена авторами по данным П.В. Лядского)

Джаилганский щитовой вулкан осложнен палеовулканическими структурами более высокого порядка: вулcano-тектоническими поднятиями и впадинами, а также кальдерными депрессиями.

Вулcano-тектонические поднятия представляют собой малые щитовые вулканы диаметром 5-7 км, ограниченные синвулканическими разломами. В северной части рудного поля выделяются Чиликтинско-Киембайское и Нурундиновское поднятия (рисунки 2, 3). Относительное превышение сводовых частей поднятий составляет 1 км. Они сложены в основном лавовыми потоками мелкоподушечных базальтов подрудной толщи, мощность которой здесь максимальна и составляет 600 м. Базальты рудовмещающей толщи в пределах поднятий развиты локально и их мощность не превышает 300 м. На склонах поднятий среди базальтов широко развиты гиллоклиты.

Вулcano-тектонические впадины — это обширные понижения в палеорельефе базальтового щитового вулкана, имеющие изометричную форму и диаметр около 6 км. Выделяется Киембайская впадина, расположенная между Чиликтинско-Киембайским и Нурундиновским поднятиями (рисунок 3). Склоны впадины имеют пологое падение с углами не более 30°, иногда осложнены малоамплитудными сбросами. Впадина выполнена массивными и крупноподушечными базальтами, гиллоклититами и вулcanoгенно-осадочными породами верхней толщи киембайской свиты. Мощность отложений достигает 900 м. Максимальная глубина впадины, судя по мощности накопившихся в ней эффузивов, превышала 1 км. В центральной части впадины вулканиты киембайской свиты прорваны интрузиями габбро и плагиогранитов Северо-Джаилганского массива.



1 — пироксен-плагиоклазовые базальтовые порфириты; 2 — базальтовые плагио-порфириты; 3 — взрывные брекчии; 4 — кремнистые сланцы; 5 — плагиоклаз-амфиболовые и слюдисто-полевошпатовые сланцы по базальтам; 6 — габбро-долериты; 7 — долеритовые плагиопорфириты; 8 — рудная залежь месторождения Летнее
Остальные условные обозначения на рисунке 2.

Рисунок 3. Геологический разрез северной части Джаилганского рудного поля

Чиликтинско-Киембайское вулcano-тектоническое поднятие в вершинной части осложнено Чиликтинской кальдерной депрессией диаметром от 2 до 4 км. Кальдера образовалась в завершающий период базальтоидного вулканизма. Она ограничена системой северо-западных и северо-восточных сбросов с амплитудой опускания не более 600 м. Внутреннее строение кальдерной депрессии, в свою очередь, осложнено малоамплитудными сбросами, разделившими её днище на ряд мелких вулcano-тектонических горстов и грабен. Кальдера полностью выполнена вулканитами рудоносной толщи и лишь в наиболее опущенных её частях присутствуют вулcanoгенно-осадочные образования и туфы кутейбайской толщи.

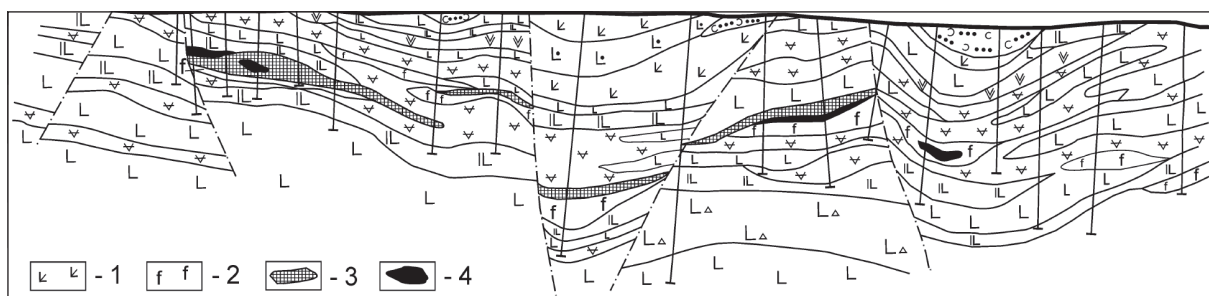
Важное значение в размещении палеовулканических структур и колчеданного оруденения Джаилганского рудного поля имели синвулканические разломы. В западной части рудного поля выделяется система долгоживущих разрывных нарушений северо-западного простирания. Они контролируют положение Чиликтинско-Киембайского вулcano-тектонического поднятия, Чиликтинской кальдеры и субвулканических тел габброидов.

Другая система разломов северо-восточного направления определяет положение разнорядковых вулканических структур на юго-востоке рудного поля, а в его северо-западной части этими разломами ограничивается Чиликтинская кальдера. Обе системы разрывных нарушений, по-видимому,

синхронны поздним проявлениям вулканизма базальтовой формации. Они ограничивают площадь распространения базальтов верхней толщи киембайской свиты и могут относиться к категории граничных разломов. В северной, восточной и западной частях лавовой постройки рудного поля это соответственно Тюлькубайский, Алимбайский и Домбаровский граничные разломы.

Рудные тела месторождения Летнее стратиграфически приурочены к базальтам верхней толщи киембайской свиты и локализуются в наиболее прогнутых частях Чиликтинской кальдеры (рисунки 3, 4). Рудная зона, состоящая из восьми колчеданных залежей, протягивается в северо-западном направлении параллельно бортам кальдеры почти на 1500 м при ширине не более 500 м. Рудные тела наследуют неровности палеорельефа

днища кальдеры и сосредоточены в вертикальном интервале 50–70 м, располагаясь в 150 м от кровли рудовмещающей толщи. Колчеданные залежи имеют линзовидную или пластовую форму и залегают обычно согласно с наслоением базальтов. Мощность наиболее крупных из них достигает 30 м, по простиранию отдельные тела прослежены более чем на 300 м. Большинство рудных залежей имеют близгоризонтальное залегание и лишь в приобтовых частях кальдеры (в её северной части) они наклонены под углом 30–40°, что, по-видимому, связано с процессами пострудных дислокаций. Контакты руд с вмещающими базальтами обычно резкие и только на выклинках отдельных залежей сплошные руды сопровождаются убогой пиритовой минерализацией вкрапленного типа.



1 — долериты; 2 — хлоритолиты; 3 — медноколчеданные руды; 4 — магнетитовые руды
Остальные условные обозначения на рисунке 3.

Рисунок 4. Продольный геологический разрез месторождения Летнее (составлен авторами с использованием материалов П. В. Лядского)

По данным геологоразведочных работ Домбаровской ГРЭ, все рудные тела месторождения Летнее более чем на 90 % сложены сплошным медистым колчеданом. Минеральный состав руд, детально изученный М.И. Исмаиловым [3] и А.Г. Злотник-Хоткевичем [4], представлен в основном пиритом (70–80 %), халькопиритом (10–15 %), сфалеритом (3–5 %), магнетитом (10 %) и целой группой второстепенных и редких минералов (пирротин, кубанит, галенит, гематит и др.). Обращает внимание высокое содержание кобальта в рудах месторождения Летнее и значительные объёмы железистоокисной минерализации, образующей самостоятельные магнетитовые тела или пластовые залежи в основании медноколчеданных рудных тел. По данным, предоставленным сотрудниками института «Гипроникель», содержание кобальта в пирите в среднем составляет 0,4 %,

никеля — не более 0,01–0,02 % ($C_o/N_i = 40–20$). Отношение кобальта к меди и цинка к меди в рудах месторождения (данные химических анализов Домбаровской ГРЭ) составляет 0,025–0,035 и 0,35–0,45 соответственно; в виде примесей установлено золото, серебро, кадмий, селен, теллур. Аналогичный набор элементов в колчеданных рудах отмечен нами в соответствующих объектах в пределах Восточно-Уральской мегазоны и в пирите некоторых золоторудных проявлений западного склона Южного Урала [5, 6].

В поперечном сечении рудные тела характеризуются отчетливой минеральной зональностью. Установлена следующая смена зон от подошвы к кровле рудных тел [4]: 1) магнетитовые (магнетит-пиритовые) руды; 2) магнетит-халькопирит-пиритовые (сфалерит-халькопирит-магнетит-пиритовые) руды; 3) сфалерит-халькопирит-пиритовые руды.

Со стороны лежащего бока медноколчеданные залежи подстилаются согласными линзовидными телами хлоритолитов мощностью до 40–50 м. Известны также самостоятельные хлоритолитовые тела, не содержащие минерализации, но залегающие на рудоносном уровне. В кровле некоторых рудных тел хлоритолиты образуют прерывистый «слой» мощностью от первых сантиметров до 2–3 м. Контакты хлоритолитов с рудными телами и вмещающими базальтами обычно резкие. Микроскопически хлоритовые породы почти целиком состоят из зеленого плеохроирующего хлорита с темно-серой до черной (с темно-синими цветами) интерференционной окраской. В них постоянно отмечаются аномально высокие содержания сфена (до 1–2%), часто присутствуют апатит, тонкая вкрапленность магнетита, иногда биотит (по хлориту), карбонат, амфибол, кварц. Реликты вмещающих пород в хлоритолитах не установлены.

Пластовая форма хлоритолитовых тел, их согласное залегание, отсутствие под рудными залежами четко выраженного подводящего канала и другие особенности позволили А. Г. Злотник-Хоткевичу [7] отнести эти околорудные породы к осадочным образованиям, возникшим за счёт палагонитизации базальтовых гиалокластитов.

В подрудной части разреза базальты подверглись неравномерной пропилитизации с

образованием в породах эпидота, хлорита, альбита, актинолита, кальцита, клиноцоизита и иногда пирита. В всячем боку изменения рудовмещающих базальтов связаны в основном с зеленокаменным метаморфизмом эпидот-актинолитовой фации.

По поводу генезиса месторождения существует две точки зрения: гидротермально-метасоматическая [3] и вулканогенно-осадочная [4, 7]. Авторы данной статьи придерживаются вулканогенно-осадочной природы накопления рудного вещества.

Выводы

В пользу вулканогенно-осадочной природы накопления рудного вещества свидетельствуют следующие, наблюдаемые авторами и изложенные выше, особенности:

- 1) пластовая форма рудных тел и их согласное залегание с вмещающими породами;
- 2) отсутствие под рудными залежами секущих зон гидротермальных изменений пород и вкрапленной минерализации;
- 3) незначительные размеры и низкая интенсивность ореолов рассеивания рудогенных элементов;
- 4) четкие контакты рудных тел с базальтами и пострудный возраст пород кровли;
- 5) слоистые текстуры руд, отсутствие реликтов замещаемых пород и послойное распределение рудообразующих элементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыкус М.В. Вулканизм и металлогения Джузинско-Домбаровского палеовулканического пояса Южного Урала. Уфа: БНЦ УрО РАН, 1992. 172 с.
2. Лядский П.В. Раннегеосинклинальные вулканогенные формации и колчеданное оруденение Домбаровского района: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Свердловск, 1986. 227 с.
3. Исмагилов М.И. Минералогия и условия образования руд месторождения Летнее // Минералогическо-геохимические особенности колчеданных месторождений, вулканогенных и осадочных образований Южного Урала: сб. ст. Уфа: БФАН, 1978. С. 34–47.
4. Злотник-Хоткевич А.Г. Минералогическо-генетические особенности и зональность вулканогенно-осадочных колчеданных руд Северных Мугоджар // Вопросы генезиса эндогенной зональности колчеданных месторождений. Труды ЦНИГРИ. 1979. Вып. 148. С. 50–57.
5. Рыкус М.В. Золотоносность докембрийских осадочных толщ западного склона Южного Урала. Препринт, депонированная рукопись № 43–95 23.10.1995, 45 с.
6. Сначёв В.И., Муркин В.П. Новые данные по магматизму, метаморфизму и металлогении Кочкарской

площади (Южный Урал). Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1989. 23 с.

7. Злотник-Хоткевич А.Г. Минеральные продукты палагонитизации субмаринных базальтов и их роль в образовании и локализации колчеданных руд // Метасоматизм и рудообразование: матер. 5-ой Всесоюз. конф., ноябрь 1982, Ленинград. М.: Наука, 1984. С. 160–172.

REFERENCES

1. Rykus M.V. *Vulkanizm i metallogeniya Dzhuzinskogo-Dombarovskogo paleovulkanicheskogo poyasa Yuzhnogo Urala* [Volcanism and Metallogeny Jasinska-Dombarovsky Paleovolcanic Belt of the Southern Urals]. Ufa, BNTs UrO RAN Publ., 1992. 172 p. [in Russian].
2. Lyadskii P.V. *Rannegeosinklinal'nye vulkanogennye formatsii i kolchedannoe orudnenie Dombarovskogo raiona: dis. kand. geol.-mineral. nauk* [The Early Geosynclinal Formations, and Volcanogenic Massive Sulfide Mineralization of the Dombarovsky District: Cand. Geological and Mineralogical Sci. Diss.]. Sverdlovsk, 1986. 227 p. [in Russian].
3. Ismagilov M.I. *Mineralogiya i usloviya obrazovaniya rud mestorozhdeniya Letnee* [Mineralogy and Formation Conditions of Ores of the Deposit Letnee]. *Sbornik statei «Mineralogo-geokhimicheskie osobennosti*

kolchedannykh mestorozhdenii, vulkanogennykh i osadochnykh obrazovanii Yuzhnogo Urala». [Collection of Articles «Mineralogical and Geochemical Features of Pyrite Deposits, Volcanogenic and Sedimentary Formations of the Southern Urals»]. Ufa, BFAN SSSR Publ., 1978, pp. 34–47. [in Russian].

4. Zlotnik-Khotkevich A.G. Mineralogo-geneticheskie osobennosti i zonal'nost' vulkanogenno-osadochnykh kolchedannykh rud Severnykh Mugodzhar [Mineralogical and Genetic Characteristics and Zonation of Volcanic-Sedimentary Massive Sulfide Ores of the Northern Mugodzhar]. *Trudy TsNIGRI «Voprosy genezisa endogennoi zonal'nosti kolchedannykh mestorozhdenii»* [Proceedings TsNIGRI «Questions of the Genesis of Endogenic Zonation of Massive Sulfide Deposits»]. 1979. Issue 148. pp. 50–57. [in Russian].

5. Rykus M.V. *Zolotonosnost' dokembriiskikh osadochnykh tolshch zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* [The Gold-Bearing Precambrian Sedimentary Strata of the Western Slope of the Southern Urals]. Preprint,

deponirovannaya rukopis', No. 43–95, 23.10.1995, 45 p. [in Russian].

6. Snachev V.I., Murkin V.P. *Novye dannye po magmatizmu, metamorfizmu i metallogenii Kochkarskoi ploschadi (Yuzhnyi Ural)* [New Data on Magmatism, Metamorphism and Metallogeny of Kochkar Square (Southern Urals)]. Ufa, BNTs UrO AN SSSR Publ., 1989. 23 p. [in Russian].

7. Zlotnik-Khotkevich A.G. Mineral'nye produkty palagonitizatsii submarinnykh bazal'tov i ikh rol' v obrazovanii i lokalizatsii kolchedannykh rud [Mineral Products of Palagonitization of Submarine Basalts and their Role in the Formation and Localization of Pyrite Ores]. *Materialy 5-i Vsesoyuznoi konferentsii «Metasomatizm i rudoobrazovanie»*. Noyabry 1982, Leningrad [Materials of the 5th All-Union Conference «Metasomatism and Ore Formation». November 1982, Leningrad]. Moscow, Nauka Publ., 1984, pp. 160–172. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Рыкус Михаил Васильевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Mikhail V. Rykus, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor of Geology and Oil and Gas Field Exploration Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: rykusmihail@mail.ru

Сначёв Владимир Иванович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий лабораторией рудных месторождений, Институт геологии УФИЦ РАН. г. Уфа, Российская Федерация

Vladimir I. Snachev, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Ore Field Laboratory, Institute of Geology UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

e-mail: SAVant@inbox.ru