

УДК 553.2

П.И. Логвенчев, Ким Чан Вон, Д.В. Андросов, Кан Хен Габ

ЛОГВЕНЧЕВ ПЕТР ИВАНОВИЧ – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией кафедры архитектуры и градостроительства Инженерной школы, e-mail: bravo5a5@mail.ru

Дальневосточный федеральный университет

Суханова ул., 8, Владивосток, 690950

КИМ ЧАН ВОН – доктор геолого-минералогических наук;

КАН ХЕН ГАБ – доктор геолого-минералогических наук

Геологический институт АН КНДР

Пхеньсон, КНДР

АНДРОСОВ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, e-mail: androsov64@mail.ru

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

Пр-т 100-летия 159, Владивосток, 690022

Геология и генезис стратиформных полиметаллических месторождений Пхеннамской синеклизы (КНДР)

Аннотация: Рассматривается природа стратиформных руд месторождений рифей – нижнепалеозойской рифтогенной структуры Сино-Корейского щита – Пхеннамской синеклизы. Отмечено, что стратиформные залежи полиметаллических руд синеклизы сформированы синхронно с вмещающими породами, претерпев разной степени интенсивности преобразования, связанные с пострудными процессами регионального, контактового и дислокационного метаморфизмов. Геологические черты и металлогеническая специализация некоторых аналогичных структур позднего протерозоя–раннего палеозоя российского Дальнего Востока отвечают таковым Пхеннамской синеклизы. Это позволяет оценивать перспективы промышленной рудоносности таких структур как обнадеживающие. Совокупные запасы полиметаллических руд месторождений Пхеннамской синеклизы сопоставимы с запасами руд месторождения Комдок Хесан-Ривонской металлогенической зоны раннего протерозоя.

Ключевые слова: КНДР, стратиформные, полиметаллические, месторождения, генезис, Пхеннамская синеклиза.

Введение

Корейская Народно-Демократическая Республика обладает впечатляющими запасами руд свинца и цинка. Большая часть таких руд страны представлена стратиформными залежами месторождений протерозоя–раннего палеозоя. Базой для горнорудной промышленности страны являются месторождения двух самостоятельных разновозрастных металлогенических зон, приуроченных к одноименным Хесан-Ривонскому авлакогену и Пхеннамской синеклизы (рис. 1), которые несогласно залегают на метаморфизованных архейских комплексах Сино-Корейского щита. Оруденение Хесан-Ривонской металлогенической зоны представлено раннепротерозойским (1,94 млрд лет) уникальным по запасам свинцово-цинковых руд месторождением Комдок. Это месторождение заслуженно рассматривается как флагман горнорудной базы страны.

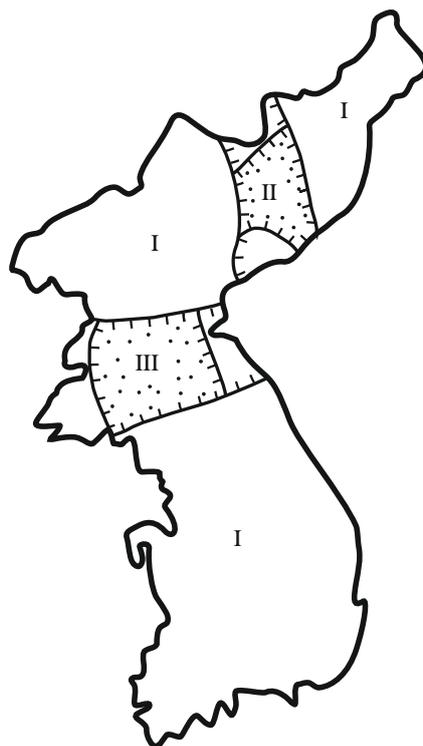


Рис. 1 Схема геологического строения восточного фланга Сино-Корейского щита:
 I – раннедокембрийские (Ar) комплексы пород Сино-Корейского щита;
 II – раннепротерозойские комплексы Хесан-Ривонского авлакогена;
 III – рифей–нижнепалеозойские комплексы пород Пхеннамской синеклизы.

Пхеннамская синеклиза является не менее масштабной металлогенической зоной стратиформного Pb-Zn оруденения КНДР. Металлогенически синеклиза представлена многочисленными месторождениями стратиформных руд Pb и Zn, локализованными в толще терригенно-карбонатных пород рифея–раннего палеозоя [2].

Цель настоящей статьи – оценить генезис месторождений синеклизы с общегеологических позиций как исключительно интересной структуры, в пределах которой локализованы промышленно значимые объекты стратиформного оруденения протерозоя–раннего палеозоя, и на основе этого дать оценку перспектив распространения такого оруденения в сопредельных структурах, близких по возрасту и геологическому строению месторождениям Пхеннамской синеклизы, в первую очередь для структур, размещенных на территории российского Дальнего Востока.

Основные черты геологии Пхеннамской синеклизы

В комплексах пород синеклизы выделены позднепротерозойская (1,2–0,8 млрд лет) серия Санвон и согласно перекрывающая ее серия Хванджу (ранний палеозой). Залегание пород в целом субгоризонтальное, более сложное в бортовых частях. Мощность разреза пород, слагающих синеклизу, достигает нескольких километров. В составе пород преобладают мраморизованные известняки и доломиты, менее распространены кварциты и сланцы низких ступеней метаморфизма. Разведаны и отрабатываются месторождения Мегми, Маджен, Садану, Сончон, Ынпха, Ынгок, Лакен, Кейхин, Унсу [3].

Локализуются месторождения (рис. 2) в отложениях серии Санвон (верхний протерозой) – в известняках свиты чикхен (месторождения Лакен, Кейхин, Унсу), в доломитах и известняках свиты садану (Ынпха, Ынгок, Садану, Сочон, Маджен), а также в известняках раннепалеозойской свиты яндок (Мегми).

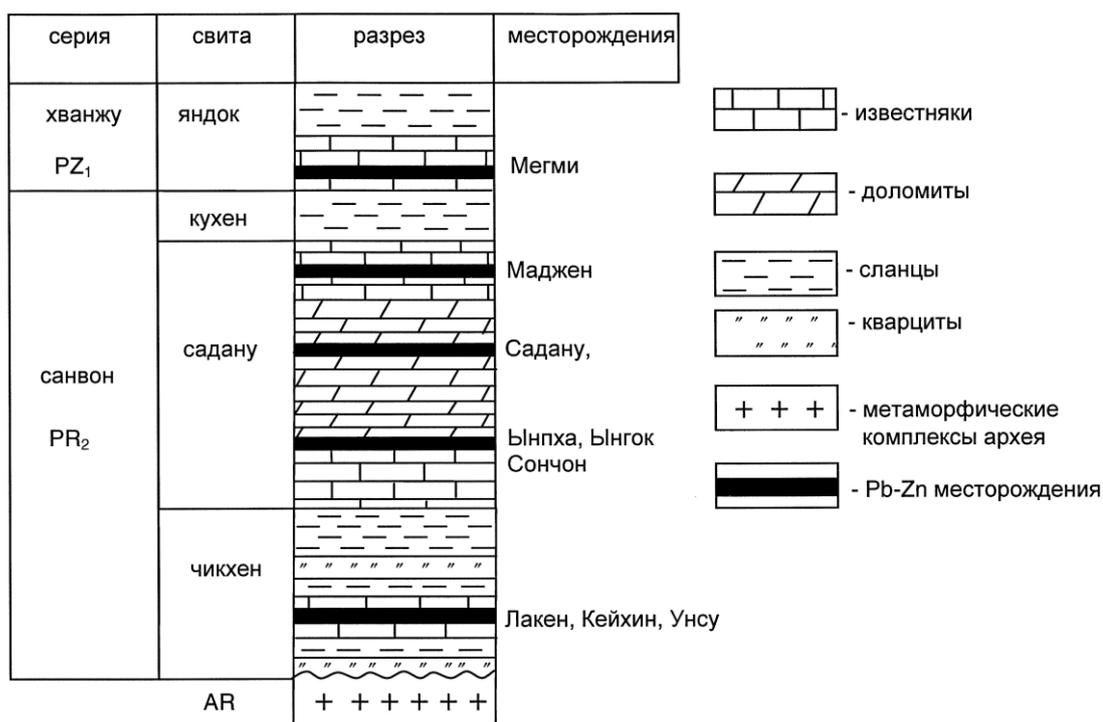


Рис. 2. Стратиграфическая колонка и положение Pb-Zn руд стратиформных месторождений Пхеннамской синеклизы.

Отличительной чертой Пхеннамской синеклизы является выдержанный фациальный состав рудовмещающих толщ. Однородность состава сохраняется на значительном расстоянии – десятки километров. Сходное «поведение» характерно и для рудных залежей. Так, оруденение месторождения Ынпха приурочено к горизонту строматолитовых известняков мощностью до 40 м. При этом установленная в ходе поисковых и разведочных работ протяженность рудо локализирующих горизонтов составляет около 40 км.

Показательно сходство состава руд и основных черт строения месторождений Лакен и Кейхин, удаленных друг от друга на расстояние около 100 км. Пластовые тела руд этих месторождений залегают в основании разреза серии Санвон и характеризуются схожим минеральным составом, соотношением Pb/Zn в рудах, составом вмещающих пород, текстурно-структурными особенностями (полосчатые, массивные) руд, взаимоотношениями с вмещающими породами, уровнем регионального метаморфизма руд и пород.

Основные рудные минералы полиметаллических месторождений синеклизы – галенит и сфалерит, при доминирующей роли сфалерита. В небольших количествах присутствуют пирит, арсенопирит, халькопирит. В рудах некоторых месторождений установлена минерализация блеклых руд, сульфосолей и самородного серебра. Сфалерит обычно содержит примесь изоморфного железа (до 8%), а на месторождении Ынпха присутствует сфалерит необычного белого цвета. Галенит ряда месторождений содержит в значительных количествах примесь серебра и висмута. Руды цементируются карбонатной массой, характеризуются полосчатыми текстурами за счет чередования рудных и карбонатных слоев различной мощности, начиная от нескольких миллиметров и до первых сантиметров. Изотопный состав серы галенита и сфалерита находится в диапазоне от +8 до +15‰ [4].

Руды и вмещающие породы месторождений Пхеннамской синеклизы претерпели локальные изменения, вызванные внедрением поздних магматических тел и развитием разрывных нарушений (будинаж, брекчирование (рис. 3), развальцевание, текстуры пластического течения). Руды были вовлечены и в более масштабное преобразование в связи с региональным метаморфизмом уровня фации зеленых сланцев и с процессами складкообразования.

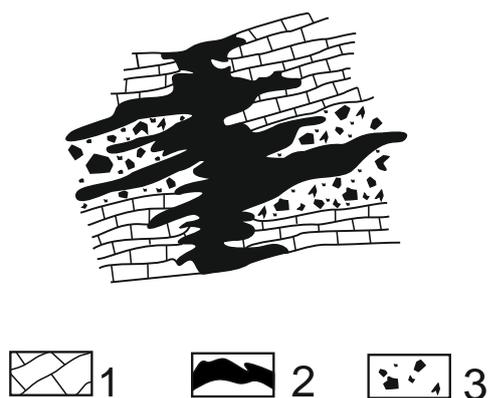


Рис. 3. Брекчированные руды месторождения Ынпха:
 1 – доломитистый известняк; 2 – Pb-Zn руды; 3 – брекчированные Pb-Zn руды.

Региональный метаморфизм руд отвечает уровню преобразования вмещающих пород. Характерно наложение метаморфогенных тремолита и мусковита на сульфидные агрегаты руд. Наиболее изменены руды, залегающие в основании разреза Пхеннамской синеклизы, но при этом полностью сохраняют стратиформный характер локализации рудных тел и полосчатые текстуры руд.

Специфической чертой оруденения стратиформных залежей является отсутствие явно выраженных признаков околорудного изменения вмещающих карбонатных пород. Некоторые исследователи относили к признакам околорудного метасоматоза месторождений синеклизы наличие рассеянной, вкрапленной минерализации сидерита, распространенной в перекрывающих и подстилающих известняках и доломитах. Сидерит распространен и в составе руд на некоторых месторождениях, где он представлен рассеянной вкрапленностью кристаллических образований и желваковыми стяжениями [4]. Показательно, что желваки сидерита располагаются в рудных прослойках (рис. 4), где они облекаются рудами, что указывает на совместное участие полиметаллических прослоев и желваковых образований сидерита в процессах раннего диагенеза.

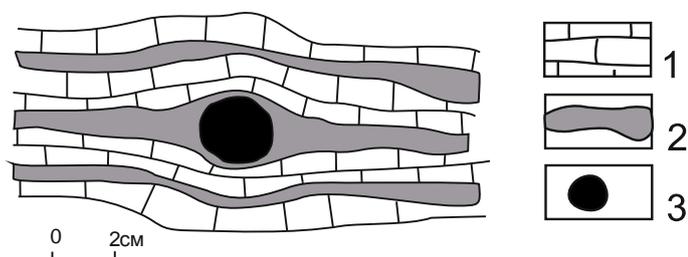


Рис. 4. Зарисовка сидеритового желвака в прослое полиметаллических руд (месторождение Унсу):
 1 – известняки; 2 – галенит-сфалеритовые прослои; 3 – сидеритовые желваковые стяжения.

Корректная расшифровка природы руд синеклизы затруднена, особенно в местах сопряжения пострудных процессов (иногда нескольких) – в силу наложения на руды поздних процессов. Изменение руд связано с разрывными нарушениями, складчатостью, внедрением пострудных магматических тел, что вызывает маломасштабное преобразование и регенерацию части стратиформного оруденения и переотложение его в виде маломощных секущих послойные руды прожилков. Однако значительная протяженность оруденения (как в пределах отдельных рудных горизонтов, так и месторождений, локализованных в разных частях синеклизы) предоставляет достаточно обширные возможности наблюдать взаимоотношения руд и вмещающих пород в условиях отсутствия большинства осложняющих пострудных факторов.

Взгляды на природу руд стратиформных месторождений Пхеннамской синеклизы менялись по мере получения новых сведений о генезисе месторождений и природе руд, детализации исследований, открытия новых объектов [3–7]. Представления изменялись от классического жильного гидротермального и постдиагенетического послойного гидротермально-метасоматического избирательного замещения определенных горизонтов известняков гидротермальными растворами до гидротермально-осадочного генезиса и полигенно-полихронной концепции. Контроль распро-

странения оруденения связывался с разрывными нарушениями (рис. 5), в частности с надвигами (месторождение Сончон), зонами брекчирования. При этом не вызывало сомнений залегание рудных тел в виде согласных, субсогласных, с вмещающими породами залежей.

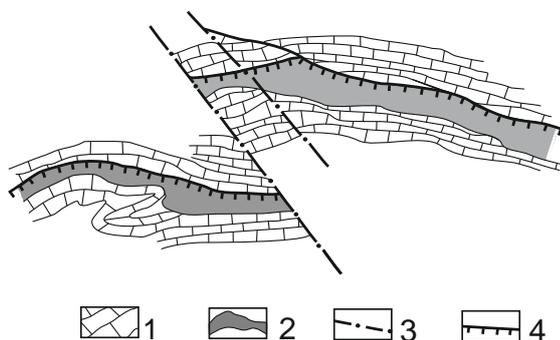


Рис. 5. Схема геологического строения месторождения Сончон:
1 – известняки и доломиты; 2 – рудное тело; 3 – разломы; 4 – надвиги.

Заключение

Обобщение материалов по геологии месторождений стратиформных свинцово-цинковых руд Пхеннамской синеклизы позволяет уверенно диагностировать их как доскладчатые, дометаморфические образования, сингенетичные вмещающим породам. В пострудный период месторождения синеклизы испытали разные по масштабу и природе изменения, что, несомненно, обусловило частичную ремобилизацию рудного вещества и переотложение его в виде незначительно по объему прожилково-вкрапленного оруденения.

Обилие стратиформных месторождений Пхеннамской синеклизы, общие черты их геологического строения, большая протяженность рудоносных горизонтов позволяют рассматривать синеклизу как единое гигантское рудное поле, представленное несколькими горизонтами распространения стратиформного полиметаллического оруденения.

Совокупная металлогеническая «продуктивность» стратиформных месторождений Пхеннамской синеклизы сопоставима с таковой месторождения Комдок Хесан-Ривонской металлогенической зоны.

Пхеннамскую синеклизу можно рассматривать как своего рода типовую металлогеническую зону стратиформных свинцово-цинковых руд докембрия–раннего палеозоя восточной части Сино-Корейского щита, с которой могут параллелизоваться сходные структуры Бурей-Ханкайского супертеррейна, например Вознесенская металлогеническая зона, в пределах которой установлено наличие стратиформного полиметаллического оруденения [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андросов Д.В., Раткин В.В. Доскладчатые цинково-колчеданные руды на Вознесенском грейзеновом месторождении // Геол. рудн. местор. 1990. № 5. С. 46–58.
2. Геология Кореи. Пхеньян: Изд-во книг на иностр. яз., 1993. 663 с.
3. Ким Чан Вон, Кан Хен Габ. Геология рудных месторождений КНДР. Пхеньян: АН КНДР, 1983. 364 с.
4. Логвенчев П.И., Ким Чан Вон, Андросов Д.В., Кан Хен Габ. Стратиформные полиметаллические месторождения Пхеннамской синеклизы (КНДР) // Рудные месторождения Дальнего Востока – минералогические критерии прогноза, поиска и оценки: тез. докл. науч-практ. конф. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. С. 34–35.
5. Раткин В.В. и др. Бор-полиметаллическая металлогения северной и северо-восточной части Сино-Корейского кратона // Тихоокеан. геол. 2014. Т. 33, № 5. С. 80–90.
6. Раткин В.В., Андросов Д.В., Карась О.А. Фтор-полиметаллическое рудообразование раннепалеозойских континентальных окраин (Бурей-Ханкайский супертеррейн и Сино-Корейский щит). URL: http://conf2014.fegi.ru/docs/03_pp299-368.pdf (дата обращения: 06.10.2016).
7. Parfenov L.M., Nokleberg W.J., Berzin N.A. et.al. Tectonic and Metallogenic Model for North-east Asia. U.S. Geological Survey Open-File Report, 2011, p. 2011-1026, CD.

THIS ARTICLE IN ENGLISH SEE NEXT PAGE

Geomechanics and Geotechnical Engineering

Logvenchev P., Kim Chang Won, Androsov D., Kang Hyun Gab

PETER LOGVENCHEV, Head of the Laboratory Department of Architecture and Urban Planning, School of Engineering, e-mail: bravo5a5@mail.ru

Far Eastern Federal University

8 Sukhanova St., Vladivostok, Russia, 690950

KIM CHANG WON, Ph.D., Professor, Head of the Laboratory,

KANG HYUN GAB, Ph.D., Professor, Head of the Laboratory

Geological Institute Academy of Science DPRK

Phen'son, DPRK

DMITRIY ANDROSOV, Ph.D. (in Geological and Mineralogical Sciences), Engineer of the Laboratory of Minerageny of Precious Metals, e-mail: androsov64@mail.ru

Far East Geological Institute FEBRAS

159, 100-tia Av., Vladivostok, Russia, 690022

The geology and genesis of the stratiform base metal deposits of the Phennam syncline (DPRK)

Abstract: The article deals with the nature of stratiform ores of the Riphean deposits, the Phennam syncline, which is the lower Paleozoic rift structure of Sino-Korean Shield. It has been noted that the stratiform base metal deposits of the syncline were formed synchronously with the host rocks. Together with them, the post-ore processes of the region, contact and dislocation metamorphisms underwent changes of varied intensity. The geological features and metallogenic specialisation of certain analogous structures of the late Proterozoic correspond to those of the Phennam syncline. It allows assessing the ore content of such structures as encouraging for future industrial development. The total reserve of the base metal ores of the Phennam syncline is commensurable with that of the Komdok Hyesan-Rivon metallogenic zone of the early Proterozoic.

Key words: North Korea (DPRK), stratiform, base metal, ore genesis, Phennam syncline.

REFERENCES

1. Androsov D.V., Ratkin V.V. Prefolded zinc-pyrite ore Voznesenskoe grejzen deposits. Geol. Ore dep. 1990;5:46-58. (in Russ.). [Androsov D.V., Ratkin V.V. Doskladchatye cinkovo-kolchedannye rudy na Voznesenskom grejzenovom mestorozhdenii // Geol. rudn. mestor. 1990. N 5. S. 46-58].
2. Geology of Korea. Pyongyang. Publ. forin. lang., 1993. 663 p. (in Russ.). [Geologija Korei. Phen'jan. Iz-vo knig na in. jaz., 1993. 663 s.]
3. Kim Chang Won, Kang Hyun Gab. Geology of Ore deposits of the DPRK. Pyongyang: Academy of Sciences DPRK, 1983, 364 p. (in Russ.). [Kim Chan Von, Kan Hen Gab. Geologija rudnyh mestorozhdenij KNDR. Phen'jan: AN KNDR, 1983. 364 s.]
4. Logvenchev P.I, Kim Chang Won, Androsov D.V., Kang Hyun Gab. Stratiform base metal deposits Phennam's syncline (DPRK). Proc. rep. Scient. Conf. Ore deposits of the Far East – mineralogical criteria of the forecast, the search and evaluation. Vladivostok, FEBAS USSR, 1991, p. 34-35. (in Russ.). [Logvenchev P.I., Kim Chan Von, Androsov D.V., Kan Hen Gab. Stratiformnye polimetallicheskie mestorozhdenija Phennamskoj sineklizy (KNDR) // Rudnye mestorozhdenija Dal'nego Vostoka – mineralogicheskie kriterii prognoza, poiska i ocenki: tez. dokl. nauchno-prakt. konf. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1991. S. 34-35].
5. Ratkin V.V. et al. Boron-polymetallic metallogeny of North and north-eastern part of the Sino-Korean craton. Pacific. Geol. 2014(33);5:80-90. (in Russ.). [Ratkin V.V. i dr. Bor-polimetallicheskaja metallogenija severnoj i severovostochnoj chasti Sino-Korejskogo kratona // Tihook. Geol. 2014. T. 33, N 5. S. 80-90].
6. Ratkin V.V., Androsov D.V., Karas O.A. Fluoro-polymetallic mineralization Early Paleozoic continental margin (Bureya-Khanka superterrane and Sino-Korean shield). URL: http://conf2014.fegi.ru/docs/03_pp299-368.pdf. (in Russ.). [Ratkin V.V., Androsov D.V., Karas' O.A. Ftor-polimetallicheskoe rudoobrazovanie rannepaleozojskih kontinental'nyh okrain (Bureja-Hankajskij superterrejn i Sino-Korejskij shhit). URL: http://conf2014.fegi.ru/docs/03_pp299-368.pdf (data obrashhenija 06.10.2016)].
7. Parfenov L.M., Nokleberg W.J., Berzin N.A. et.al. Tectonic and Metallogenic Model for North-east Asia. U.S. Geological Survey Open-File Report, 2011, p. 2011-1026, CD.