

Вулканогенно-гидротермальный генезис железо-марганцевого месторождения Поперечное (Малохинганский рудный район, Дальний Восток России)

Коновалова Н.С., Бердников Н.В., Кеpezжинская П.К.

Volcanic-hydrothermal origin of Fe-Mn deposit Poperechny (the Lesser Khingan Range, Russian Far East)

Konovalova N.S., Berdnikov N.V., Kepezhinskaya P.K.

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск;

e-mail: turtle_83@mail.ru

Железо-марганцевые месторождения в разновозрастных орогенных поясах содержат существенную часть ресурсов этих металлов. Часто они генетически связаны с эксплозивным вулканизмом и содержат продукты вулканической деятельности. На примере месторождения Поперечное обсуждаются процессы образования Fe-Mn минерализации Малохинганского рудного района.

Введение

Железо-марганцевые месторождения в разновозрастных орогенных поясах содержат существенную часть ресурсов этих важных для промышленности металлов. Их генетические типы включают железно-окисные-медь-золото (IOCG), железно-окисно-апатитовые (IOA, Kiruna-type), вулканогенные (Cuban-type), осадочно-гидротермальные (BIF-type), гидротермально-магматические и скарновые месторождения кор выветривания, а также многочисленные подтипы Fe-Mn минерализации [1]. Многие «орогенные» железо-марганцевые месторождения и металлогенические пояса генетически связаны с эксплозивным вулканизмом и содержат продукты вулканической деятельности. В данной работе на примере месторождения Поперечное обсуждаются процессы образования железо-марганцевой минерализации Малохинганского рудного района (Еврейская автономная область, Дальний Восток России).

Геологическое строение

Малохинганский рудный район локализован на западной окраине Цзямусы-Буреинско-Ханкайского супертеррейна, расположенного на юго-восточном окончании Центрально-Азиатского орогенного пояса. Входящее в его состав железо-марганцевое месторождение Поперечное, наряду с более 30 сходными месторождениями и проявлениями района, традиционно считалось осадочным (вулканогенно-осадочным) вследствие «стратиформного» облика рудных тел и их тесной ассоциации с вмещающими позднепротерозойскими карбонатами [6]. Альтернативная точка зрения на генезис месторождения предполагает гидротермальный (с водородным компонентом) генезис его минерализации [5]. Обнаружение среди пород месторождения эксплозивных брекчий (флюидолитов) андезитового состава, игнимбритов, туфов и «магнетитовых лав» с фенокристами магнетита в гидротермально измененном магматическом матриксе свидетельствует в пользу участия в его формировании вулканических процессов.

Типичные гидротермальные руды месторождения прорываются эксплозивными брекчиями, в ряде случаев наблюдается тонкое переслаивание руд, брекчий и литокристаллокластических туфов, обогащение рудных масс эксплозивным обломочным материалом (рис. 1). С другой стороны, многие образцы эксплозивных пород интенсивно ожелезнены, по ним развиваются гидротермальные магнетит-гематитовые руды. Эти наблюдения свидетельствуют в пользу того, что внедрение эксплозивного материала сопровождало гидротермальное рудообразование практически на всех его этапах. Присутствие среди пород месторождений магнетитовых лав, сходных с магнетитовыми потоками Эль Лако (El Laco) на севере Чили [10] указывает на непосредственное участие железистых расплавов в образовании

Fe-Mn руд месторождения, т.е. позволяют определить их генезис как вулканогенно-гидротермальный.



Рис. 1. Переслаивание гидротермальных руд, взрывных брекчий и туфов на месторождении Поперечное.

Эксплозивные брекчии Поперечного обладают «субдукционными» геохимическими характеристиками: обогащены крупноионными литофильными и легкими редкоземельными элементами, обеднены высокозарядными некогерентными элементами [3]. Пирокластика и магнетитовые лавы изученных месторождений образуют сильно дифференцированный обогащенный калием вулканический комплекс, сходный с дифференцированными высоко-калиевыми известково-щелочными магмами зрелых Циркум-Тихоокеанских островных дуг и активных континентальных окраин [2].

В рудах и ассоциирующих с ними брекчиях найдены минералы платиновой группы и золото. Зерна платины из флюидолитов и руд месторождения имеют возраст 125 ± 21 Ма [4], который значительно моложе позднепротерозойского возраста вмещающих карбонатных толщ, что исключает формирование рудно-магматического комплекса совместно с карбонатами.

Nd-Sr изотопные исследования показывают, что эксплозивные брекчии и Fe-Mn руды месторождения Поперечное интенсивно контаминированы компонентами как древней, так и вновь образованной континентальной коры. Вариации $\delta^{13}\text{C}$ в породах месторождения сходны с таковыми у биогенного углерода, что, по-видимому, является следствием рециклинга биогенного углерода в зоне палеосубдукции на границе Азиатского континента [5].

Обсуждение результатов

На основании приведенных материалов предлагается следующая модель образования Fe-Mn минерализации в Малохинганском рудном районе (рис. 2). Мы полагаем, что первоисточником железной и железо-марганцевой минерализации месторождения Поперечное в частности, и Малохинганского рудного района в целом, явились обогащенные Fe и Mn морские осадки (железо-марганцевые руды склонов подводных гор, илы и конкреции), преобразованные в результате полистадийной субдукции.

В.В. Голозубов и А.И. Ханчук [8] показали, что во время поздней юры – раннего мела плита Изагаги испытывала пологую субдукцию под Цзямусы-Буреинско-Ханкайский супертеррейн (рис. 2а). Пологая субдукция сопровождалась формированием компрессионных структур и аккреционных комплексов, в состав которых входили породы осадочного слоя, обогащенные железом и марганцем.

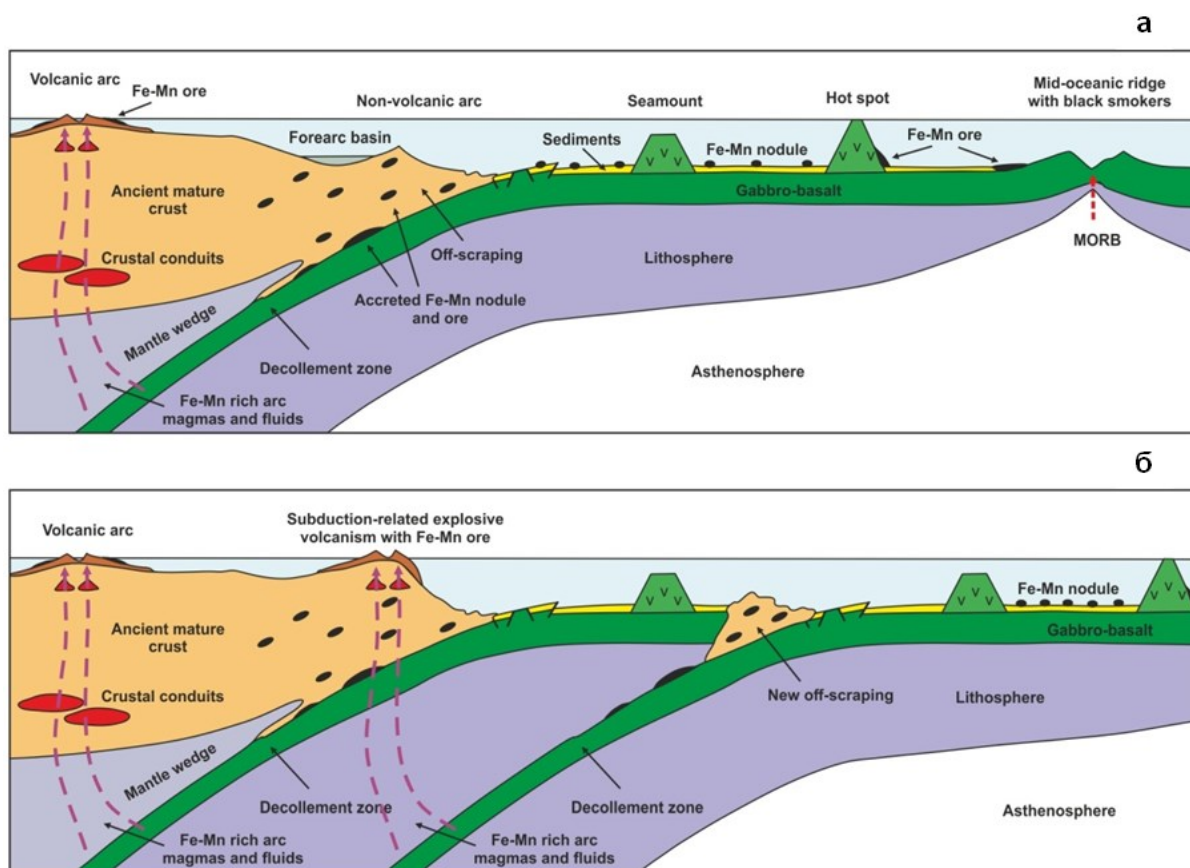


Рис. 2. Модель формирования Fe-Mn минерализации Малохинганского рудного района на тихоокеанской конвергентной окраине (на основе [9]). Стадии минерализации: а – позднеюрско-раннемеловая, б – конец раннего Мела.

В конце раннего мела в результате стагнации плиты глубоководный желоб сместился к востоку (рис. 2б) [7]. Дегазация и частичное плавление нового слэба инициировали восходящий поток насыщенных (за счет металлоносных пелагических осадков) железом и марганцем флюидов и расплавов, которые получали дополнительное обогащение рудными компонентами в процессе движения сквозь сформировавшиеся ранее минерализованные структуры [11]. Не исключено, что их проникновению в зону оруденения в верхней коре дополнительно способствовало формирование в пологом слэбе разрывов типа «слэб-виндоу» [8].

Исследование осуществлено в рамках Госзадания ИТиГ ДВО РАН при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-17-00023 (<https://rscf.ru/project/22-17-00023/>) с использованием научного оборудования Хабаровского инновационно-аналитического центра ИТиГ ДВО РАН.

Список литературы

1. Рудные месторождения СССР / Под ред. В.И. Смирнова. М., 1974. 256 с.
2. Фролова Т.И., Бурикова И.А., Гуцин А.В. и др. Происхождение вулканических серий островных дуг. М.: Недра, 1985. 275 с.
3. Berdnikov N., Kepezhinskas P., Nevstruev V. et al. Magmatic-Hydrothermal Origin of Fe-Mn Deposits in the Lesser Khingan Range (Russian Far East): Petrographic, Mineralogical and Geochemical Evidence // Minerals. 2023. V. 13. Art. 1366. <https://doi.org/10.3390/min13111366>
4. Berdnikov N.V., Nevstruev V.G., Kepezhinskas P.K. et al. PGE mineralization in andesite explosive breccias associated with the Poperechny iron-manganese deposit (Lesser Khingan, Far East Russia): whole-rock geochemical, 190Pt-4He isotopic, and mineralogical evidence // Ore Geology Reviews. 2020. V. 118. Art. 103352.

5. *Berdnikov N.V., Nevstruev V.G., Saksin B.G.* Sources and formation conditions of ferromanganese mineralization of the Bureya and Khanka massifs, Russian Far East // *Russian Journal of Pacific Geology*. 2016. V. 10. P. 263-273.
6. *Chebotarev M.V.* Geological structures of the South Khingan manganese deposit and essential composition of its ores // *International Geology Review*. 1960. V. 2. P. 851-866.
7. *Didenko A.N., Nosyrev M.Y.* Reflection of paleo- and modern geodynamic processes in the deep structure of the Sikhote-Alin orogenic belt // *Geologic Processes in the Lithospheric Plates Subduction, Collision, and Plate Environments. Proceedings of the IV Russian Scientific Conference with Foreign Participants, 17-23 September 2018. Vladivostok, Russia: FEGI, 2018. 326 p.*
8. *Golozubov V.V., Khanchuk A.I.* The Heilongjiang Complex as a Fragment of a Jurassic Accretionary Wedge in the Tectonic Windows of the Overlying Plate: A Flat Slab Subduction Model // *Russian Journal of Pacific Geology*. 2021. V. 15. № 4. P. 279-292. <https://doi.org/10.1134/S1819714021040047>
9. *Nakagawa M., Santosh M., Maruyama S.* Manganese formations in the accretionary belts of Japan: Implications for subduction-accretion process in an active convergent margin // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2011. V. 42. P. 208-222.
10. *Tornos F., Hanchar J.M., Steele-MacInnis M. et al.* Formation of magnetite-(apatite) systems by crystallizing ultrabasic iron-rich melts and slag separation // *Mineralium Deposita*. 2024. V. 59. P. 189-225. <https://doi.org/10.1007/s00126-023-01203-w>
11. *Yan Sh., Niu Zh., Li N. et al.* Extremely low $\delta^{56}\text{Fe}$ in arc tholeiites linked to ferrocyanate recycling: implications for Fe enrichment in the Awulale Arc, Central Asia // *Geological Society of America Bulletin*. 2024. V. 136. № 1-2. P. 184-200. <https://doi.org/10.1130/B36729.1>