



УДК 553.434:553.2:914/919(438)

Генезис польских месторождений меди

А. Т. Корольков

Иркутский государственный университет

Т. А. Радомская

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН

Р. Ягуджинский

Институт геологии университета им. Адама Мицкевича (УАМ)

Аннотация. В Польше успешно эксплуатируются однотипные глубокозалегающие месторождения медистых песчаников и сланцев, которые играют важную роль в экономике страны. Кроме меди, попутно извлекается серебро и другие металлы. Для района Нижней Силезии (Польша) характерны месторождения, залегающие среди отложений пермского возраста и образовавшиеся преимущественно в условиях аридного литогенеза. Наибольшее значение для вмещающих медное оруденение осадков имеют лагунные и мелководно-морские литоральные фации. Локализация месторождений происходила закономерно, что отразилось выдержанностью простиранья рудных тел, их приуроченностью к определенным стратиграфическим горизонтам и фациям. Наиболее важные рудные минералы – борнит, халькозин, халькопирит. В статье рассмотрен генезис однотипных месторождений медистых песчаников и сланцев Польши на примере шахты «Рудная». Авторы отобрали образцы из продуктивных горизонтов на глубине 1078,7 м и провели их детальное минераграфическое исследование. Обобщение результатов обработки проб и геологической обстановки, анализ имеющихся представлений о формировании месторождений однозначно указывают на стратиформно-осадочный генезис оруденения. Авторы не исключают, что осаждение меди могло происходить и на сероводородных сингенетических барьерах, образующихся в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующей микрофлоры. Об этом свидетельствуют сферические образования, сложенные дигенитом и халькозином. Генетическая модель подтверждается успешной эксплуатацией месторождений Польши, что необходимо учитывать при подготовке к эксплуатации месторождений такого типа в России.

Ключевые слова: минераграфическое исследование, месторождения медистых песчаников и сланцев, генезис оруденения.

Введение

Месторождения медистых песчаников и сланцев (ММПС) играют важную роль в добыче меди. Главные промышленные типы месторождений меди следующие [20]: медно-порфировые (60–70 % мировых запасов), медистые песчаники и сланцы (15–20 %), медно-колчеданные (5–8 %). То есть

ММПС занимают второе место по добыче меди. Наиболее крупные месторождения ММПС характерны для двух этапов геологической истории: архей-раннепротерозойского и позднепалеозойского. Они формировались в геократических условиях, когда происходило закрытие океанов и объединение континентов. Наиболее характерные фации, вмещающие медное оруденение, – лагунные и мелководно-морские литоральные. Формация ММПС распространена широко на всех континентах [15]. Самые крупные месторождения обнаружены в отложениях нижнего протерозоя Центральной Африки (Заир и Замбия) и Северного Забайкалья (Удоканское), в каменноугольных отложениях Казахстана (Джезказганское) и пермских осадках Германии и Нижней Силезии (Польша). Удоканское месторождение разведано, но пока не разрабатывается [6; 7]. В остальных перечисленных районах ведется эксплуатация ММПС. Несмотря на пространственную удаленность и значительный разрыв во времени образования месторождений, для них прослеживаются определенные закономерности: выдержанность характера рудных тел, приуроченность к определенным стратиграфическим горизонтам и фациям. Наиболее важные рудные минералы – борнит, халькозин, халькопирит. При очевидной простоте геологического строения существует множество генетических моделей формирования ММПС. Лучшим критерием достоверности геологических моделей является соответствие теоретических и эмпирических данных, полученных в процессе эксплуатации месторождений. Поэтому особый смысл в разработку генетических представлений о формировании ММПС вносят материалы по их эксплуатации. Авторы имели возможность ознакомиться с такими данными по копальне (шахте) «Рудная» в Нижней Силезии и отобрать необходимые образцы в процессе экскурсии, организованной университетом им. Адама Мицкевича г. Познань под руководством доктора Роберта Ягуджиньского. Результаты исследования вещественного состава рудных тел этого месторождения приведены в работе.

Обзор известных представлений и генезисе ММПС

Существует несколько точек зрения на генезис ММПС, отличающихся эндогенным или экзогенным характером концентрирования меди и сопутствующих металлов.

Среди первой группы (эндогенных) представлений выделяется ряд гипотез, основанных на предположениях, что источником рудных элементов являются глубинные флюиды различного происхождения. В зависимости от этого обосновываются следующие гипотезы: 1) гидротермально-магматогенно-метасоматическая [2; 10; 19]; 2) рифтогенно-флюидная [11]; 3) гидротермально-осадочная [12]; 4) инфильтрационно-метасоматическая [1; 9].

Из второй группы (экзогенных) гипотез распространены следующие: 5) собственно осадочная [8; 13; 14; 16–18]; 6) гидрогенная [3; 5].

Геология месторождений медистых песчаников и сланцев Нижней Силезии

Месторождения медистых песчаников и сланцев Нижней Силезии приурочены к верхнепалеозойским отложениям Предсудетской моноклинали (рис. 1), простирающейся в северо-западном направлении и полого наклоненной от Судет к северо-востоку (в сторону центральной части Польши). Вблизи г. Любин имеется несколько однотипных месторождений, эксплуатация которых производится с помощью шахт с большой глубины (свыше 1000 м).

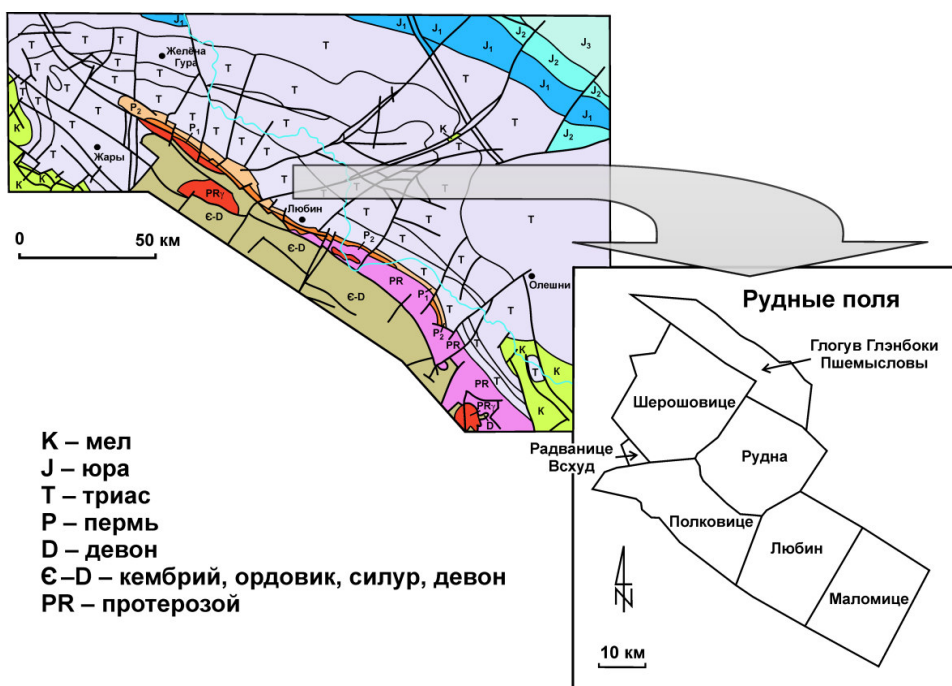


Рис. 1. Обзорная схема локализации медных руд на Предсудетской моноклинали. По материалам геологического отдела шахты (Клапщиньски и др., 1984, 1996), с изменениями

Отложения Предсудетской моноклинали представлены красноцветными песчаниками нижней перми, соленосными породами верхней перми, красноцветными песчаниками нижнего и среднего триаса и мощной толщей кайнозойских озерно-болотных отложений. Осадочные породы перми и триаса формировались в условиях жаркого и сухого климата, периодически изменявшегося на более влажный. Горизонт сланцев и песчаников серого цвета, насыщенный медистыми минералами, имеет небольшую мощность (0,5–3 м) и располагается непосредственно под соленосными отложениями верхнепермского отдела (рис. 2).

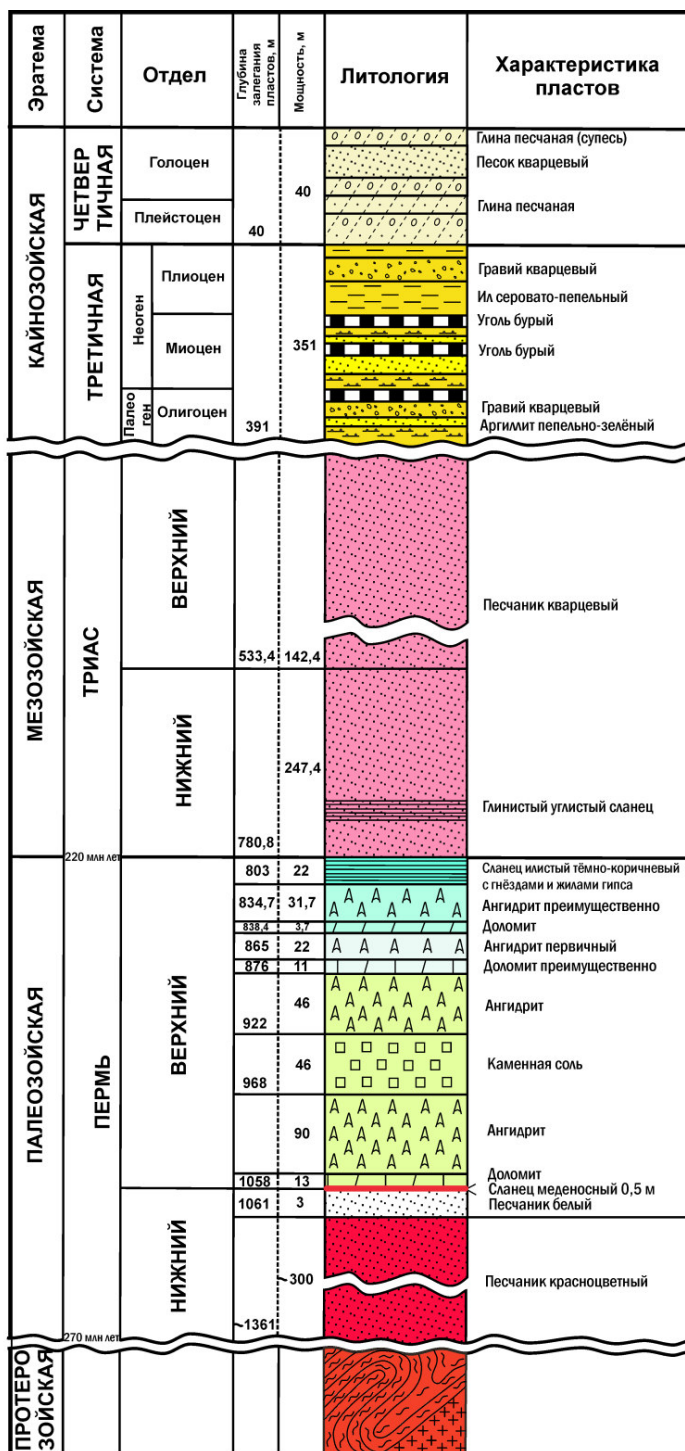


Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка составлена по материалам геологического отдела шахты «Рудная», с изменениями

Минеральные ассоциации шахты «Рудная»

В процессе эксплуатации месторождения шахты «Рудная» были выявлены закономерности размещения скоплений главных рудных минералов, обусловленные сменой условий осадконакопления. Медистые минералы концентрируются преимущественно в черных углистых сланцах, в меньшей степени – в серых косослоистых песчаниках. Именно из этих пород были отобраны образцы для детального минераграфического исследования (рис. 3).

Все образцы содержат прослой и вкрапления сульфидов меди. В углистых сланцах они представлены халькопирит-борнит-дигенит-халькозиновой ассоциацией (рис. 4, *а*). В углеродизированном песчанике сульфидный прожилок сложен, в основном, ковеллином, в небольшом количестве присутствует халькопирит (рис. 4, *б*). Наибольшее разнообразие сульфидов меди выявлено в песчанике светло-серого цвета (рис. 4, *в*). Здесь обнаружены минералы системы Cu-Fe-S (халькопирит, борнит), системы Cu-S (халькозин, дигенит, ковеллин, минералы серии джарлеит-анилит), а также теннантит, тетраэдрит и другие фазы, которые не удалось диагностировать оптическими методами вследствие их незначительных размеров (менее 50 мкм). Сульфиды слагают не только прожилки, но и цементируют зёрна кварца (рис. 4, *г*).

В углистых сланцах наблюдаются сферические образования, сложенные дигенитом и халькозином (см. рис. 4, *а*). Приверженцы гидрогенной гипотезы трактуют подобные образования как результат осаждения меди на сероводородных сингенетических барьерах, образующихся в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующей микрофлоры [5]. Наблюдаемая сверху вниз смена сульфидов – халькозина-борнита-халькопирита – может объясняться как снижением окислительно-восстановительного потенциала, так и уменьшением содержания меди в растворе.

Минеральная ассоциация ковеллина, дигенита, борнита, теннантита, скорее всего, формируется в условиях гипергенеза в результате преобразования халькопирита.

Однако данные разведочно-эксплуатационных работ показывают, что маломощные рудоносные горизонты углистых сланцев и серых меденосных песчаников представлены лентами северо-западного простирания, совпадающими с депрессиями (рис. 5), которые перемежаются с валообразными участками развития красноцветных косослоистых песчаников первично эолового происхождения (так называемыми элевациями). В красноцветных песчаниках и вышезалегающих соленосных отложениях медистые минералы отсутствуют. Модель формирования меденосных горизонтов представлена на рис. 6. Валлообразные песчаные поднятия могли образоваться в условиях аридного климата и представляли собой вначале барханы или дюны. Впоследствии в результате трансгрессии мелководного моря на этом месте появлялись углесто-глинистые осадки в наиболее опущенных участках между первично континентальными песчаными поднятиями. Затем наступал период регрессии. В условиях жаркого и сухого климата мелководное море превращалось в засоленную лагуну и процесс образования медных минералов прекращался.

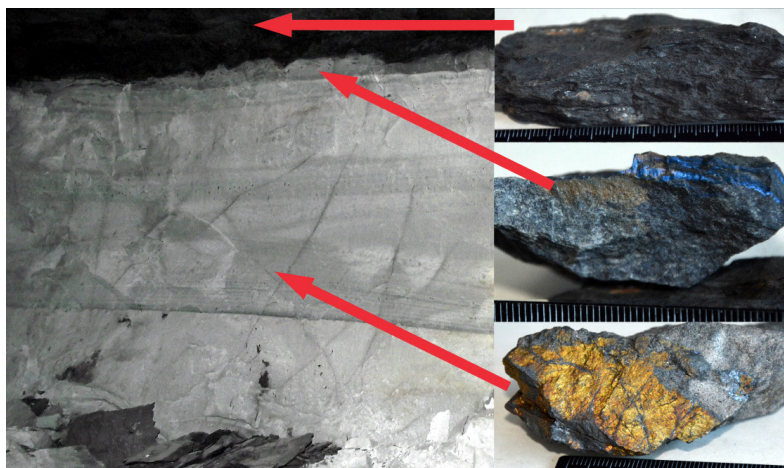


Рис. 3. Слева на фотографии – стенка шахты «Рудная» на глубине 1078,7 м, из которой были отобраны образцы с сульфидной минерализацией. Справа (сверху вниз): углистый сланец, серый песчаник углеродизированный, светло-серый песчаник

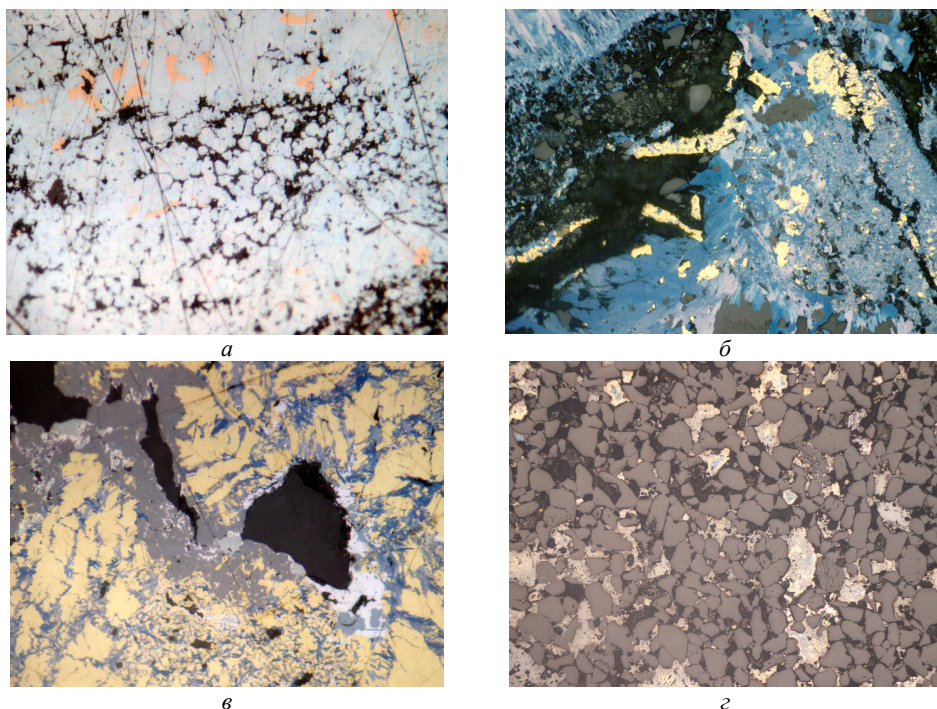


Рис. 4. Фотографии аншлифов в отражённом свете:

a – углистый сланец. Увеличение 500. Тонкие взаимопрорастания дигенита (голубое) и халькозина (светло-голубое), формирующие образования сферической формы. Розовато-оранжевое – борнит; *б* – углеродизированный песчаник. Увеличение 200. Прожилок ковеллина (голубое и синее) с прожилково-вкрапленными выделениями халькопирита (жёлтое); *в* – песчаник светло-серый. Увеличение 500. Прожилок халькопирита (жёлтое) с вторичными минералами меди: ковеллином (голубое и синее), теннантитом (серое с оливковым оттенком), дигенитом (серое), халькозином (светло-серое). По краю прожилка развивается джарлеит (?) (темно-серое); *г* – песчаник светло-серый. Увеличение 40. Зёрна кварца (тёмно-серое), сцементированные нерудным (тёмно-серое и чёрное) и рудным веществом

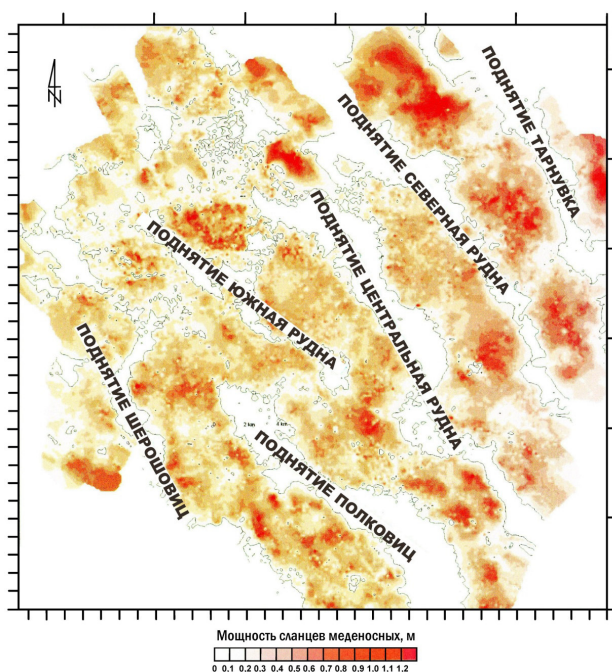


Рис. 5. Схема поднятий кровли белого пласта на месторождении медных руд. По материалам геологического отдела шахты «Рудная»

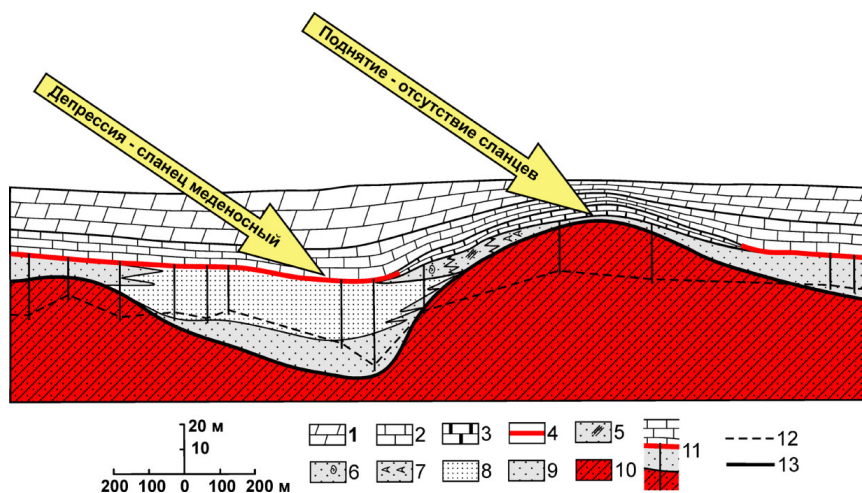


Рис. 6. Обобщённая схема поднятия Южного Рудного поля на основе бурения подошвы меденосной залежи. По материалам геологического отдела шахты «Рудная» (Блащик, 1981), с изменениями.

1 – доломит хемогенный; 2 – доломит органогенный (морской); 3 – карбонатный песчаник с гнездами гипса; 4 – сланец меденосный; 5 – песчаник косослоистый; 6 – песчаник с органическими остатками; 7 – песчаник ангидритовый; 8 – песчаник морской светло-серый косослоистый меденосный; 9 – песчаник белый морской массивный; 10 – песчаник эоловый красноцветный; 11 – линии скважин; 12 – граница отработки меденосной залежи; 13 – граница между эоловыми и морскими отложениями

Самая распространенная и обоснованная модель развития оруденения – собственно осадочная (пятая из вышперечисленных), которая используется при эксплуатации месторождений Польши. Тем не менее не утихает дискуссия о генетических особенностях этих месторождений. Факты, не вписывающиеся в гипотезу осадочного происхождения медного оруденения, требуют дополнительного изучения.

Список литературы

1. *Связь черносланцевых толщ с процессами рудообразования в пределах Кодаро-Удоканской структурно-формационной зоны* / М. Г. Волкова [и др.] // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2012. – № 2 (41). – С. 54–68.
2. *Вольфсон Ф. М.* Стратиформные месторождения цветных металлов / Ф. М. Вольфсон, В. В. Архангельская. – М. : Недра, 1987. – 255 с.
3. *Габлина И. Ф.* Метаморфизм и гипергенез медистых песчаников и сланцев : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – М., 1994. – 45 с.
4. *Кренделев Ф. П.* Генезис сульфидного оруденения Удоканского хребта / Ф. П. Кренделев // Геология рудных месторождений зоны БАМ. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1983. – С. 173–186.
5. *Лурье А. М.* Генезис медистых песчаников и сланцев / А. М. Лурье. – М. : Наука, 1988. – 188 с.
6. *Мезенцев С. Е.* Минералого-геохимические особенности руд Удоканского месторождения / С. Е. Мезенцев // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2014. – № 4 (47) – С. 14–19.
7. *Мезенцев С. Е.* О минеральном составе пород и руд западного участка Удоканского месторождения меди / С. Е. Мезенцев, М. В. Яхно // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2012. – № 1 (40). – С.44–48.
8. *Наркелюн Л. Ф.* Медистые песчаники и сланцы мира / Л. Ф. Наркелюн, В. С. Салихов, А. И. Трубачев. – М. : Недра, 1983. – 414 с.
9. *Новый взгляд на происхождение медистых песчаников месторождения Удокан* / В. К. Немеров [и др.] // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2009. – № 2 (35). – С. 4–17.
10. *Резников И. П.* К вопросу о генезисе Удоканского месторождения / И. П. Резников // Литология и полезные ископаемые. – 1965. – № 2. – С. 85–94.
11. *Салихов В. С.* Рифтогенные структуры и осадочные накопления / В. С. Салихов // Генезис редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений / под ред. В. Н. Холодова. – М. : Наука, 1986. – С. 62–72.
12. *Сочава А. В.* Красноцветные формации докембрия и фанерозоя / А. В. Сочава. – Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1979. – 207 с.
13. *Трубачев А. И.* Стратиформные месторождения Забайкалья / А. И. Трубачев, В. С. Салихов, В. Г. Васильев. – Чита : Изд-во ЗабГУ, 2014. – 305 с.
14. *Трубачев А. И.* Формационные типы стратиформного оруденения Восточного Забайкалья / А. И. Трубачев // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2014. – № 6 (49). – С. 5–13.

15. Чечеткин В. С. Металлогения меди Центрально-Азиатской провинции / В. С. Чечеткин, А. И. Трубачев // Изв. Сиб. отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2014. – № 3 (46). – С. 5–15.
16. Vaughan D. J., Sweeney M., Friedrich G., Diedel R., Haranczyk C. The Kupferschiefer: An Overview with an Appraisal of the Different Types of Mineralization // *Economic Geology*. – 1989. – Vol. 84. – P. 1003–1027.
17. Kuchal H., Przybylowicz W. Noble Metals in Organic Matter and Clay-Organic Matrices, Kupferschiefer, Poland // *Economic Geology*. – 1999. – Vol. 94. – P. 1137–1162.
18. Oszczepalski S. Origin of the Kupferschiefer polymetallic mineralization in Poland // *Mineralium Deposita*. – 1999. – Vol. 34. – P. 599–613.
19. Piestrzyński A., Kucha H., Reutt R. Występowanie żył kruszowych typu rücken w złożu rud miendzy na monoklinie Przedsudetskiej, SW Polska // *Polskie Towarzystwo Mineralogiczne – Prace Specjalne, Zeszyt 16*, 2000.
20. Медные руды [Электронный ресурс]. – URL: <http://ours-nature.ru/baza-znaniy/item/1251>.

The Genesis of the Copper Deposits of Poland

A. T. Korolkov

Irkutsk State University

T. A. Radomska

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS

R. Jagodzinski

Poznan Institute of Geology of Adam Mickiewicz University

Abstract. In Poland successfully operating the same type of deep-seated deposits of copper sandstones and shales, which play an important role in the economy of the country. In addition to copper, is extracted silver and other metals. For the area of Lower Silesia (Poland) are typical of the deposits occurring among the sediments of the Permian age and mainly formed under the conditions of arid lithogenesis. The highest value for the containing copper mineralization precipitation have lagoon and shallow marine intertidal facies. Localization of the deposits was done naturally, which is reflected by consistency stretch of ore bodies, their confinement to certain stratigraphic horizons and facies. The most important ore minerals are bornite, chalcocite, chalcopyrite. The article describes the Genesis of similar deposits of copper sandstones and shales of Poland on the example of mine “Ore”. The authors selected samples of productive horizons at depths 1078,7 m and spent their detailed mineragraphy study. The generalization of the results of sampling and geological environment, analysis of existing ideas about the formation of deposits clearly indicate stratiforme-sedimentary Genesis of the mineralization. The authors do not exclude that the deposition of copper might occur and hydrogen sulfide syngenetic barriers resulting from the activity of sulphate-reducing bacteria. This is evidenced by spherical formations made digenite and chalcocite. The genetic model is evidenced by the success-

ful exploitation of deposits of Poland, what to consider when preparing for the exploitation of deposits of this type in Russia.

Keywords: mineragraphy investigation, deposits of copper sandstones and shales, Genesis of the mineralization.

References

1. Volkova M.G. et al. The Relationship of black schist sequence with the processes of ore formation within Kodaro-Udokan structural-formational zone [Sviaz chernoslancevyyh tolsh s processami rudoobrazovaniya v predelakh Kodaro-Udokanskoj strukturno-formacionnoj zony]. *Izvestia of the Siberian Department of the section about geography of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, development of ore deposits – Izvestia Sibirskogo Otdelenia Sekcii nauk o zemle Rossijskoj Akademii estestvennyh nauk. Geologia, poiski i razvedka rudnyh mestorozdeni*, 2012, no (41), pp. 54-68.

2. Wolfson F.M., Arkhangelskaia V.V. *Stratiformnye mestorozdenia cvetnyh metallov* (Stratiform deposits of nonferrous metals). Moscow, Nedra, 1987. 255 p.

3. Gablina I.F. *Metamorfizm i gipergenez medistyh peschanikov i slancev: avtoref. diss. ... doktor. geol.-miner. nauk* (Metamorphism and supergene copper sandstones and shales: abstract. dis. ... doctor. geol. and mineralog. sciences.). Moscow, ILSAN Russian Academy of Sciences, 1994. 45 p.

4. Krendelev F.P. The Genesis of sulfide mineralization in the Udokan ridge [Genesis sulfidnogo orudneniia Udokanskogo hrebta]. *Geologia rudnyh mestorozdenii zony BAM* (Geology of ore deposits of the BAM zone). Novosibirsk, Science, SB, 1983, pp. 173-186.

5. Lurie A.M. *Genesis medistyh peschanikov i slancev* (Genesis of cupriferous sandstones and shales). Moscow, Nauka, 1988. 188 p.

6. Mezentsev S.E. Mineralogical-geochemical features of ores of Udokan Deposit [Mineralogo-geohimicheskie osobennosti rud Udokanskogo mestorozdeniia]. *Izvestia of the Siberian Department of the section about geography of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, development of ore deposits – Izvestia Sibirskogo otdelenia sekcii nauk o zemle Rossijskoj Akademii estestvennyh nauk. Geologia, poiski i razvedka rudnyh mestorozdenii*. 2014, no 4 (47), pp. 14-19.

7. Mezentsev S.E., Yakhno M.V. On the mineral composition of rocks and ores of the Western section of Udokan copper Deposit [O mineralnom sostave porod I rud zapadnogo uchastka Udokanskogo mestorozdeniia medi]. *Izvestia of the Siberian Department of the section about geography of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, development of ore deposits – Izvestia Sibirskogo otdelenia sekcii nauk o zemle Rossijskoj Akademii estestvennyh nauk. Geologia, poiski i razvedka rudnyh mestorozdeni*. 2012, no 1 (40), pp. 44-48.

8. Narkelyun L.F., Salikhov V.S., Trubachev A.I. *Medistye peschaniki i slancy mira* (Cupriferous sandstones and shales of the world). Moscow, Nedra, 1983. 414 p.

9. Nemerov V.K. et al. A new view of the origin of cupriferous sandstones of the Udokan Deposit [Novyi vzglad na proischozhenie medistyh peschnikov mestorozdeniia Udokan]. *Izvestia of the Siberian Department of the section about geography of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, development of ore deposits – Izvestia Sibirskogo otdelenia sekcii nauk o zemle Rossijskoj Akademii estestvennyh nauk. Geologia, poiski i razvedka rudnyh mestorozdeni*. 2009, no 2 (35), pp. 4-17.

10. Reznikov I.P. To the question about the Genesis of Udokan Deposit [К вопросу о генезисе Udokанского месторождения]. *Lithology and mineral resources – Litologia i poleznye iskopaemye*. 1965, no 2, pp. 85-94.
11. Salikhov V.S. Rift structures and sedimentary accumulation [Riftogennye struktury i osadochnye nakopleniya]. *Genezis redkometal'nyh i svincovo-cinkovyh stratiformnyh mestorozhdenii* (The Genesis of rare-metal and lead-zinc stratiform deposits). Ed. by V.N.Kholodov. Moscow, Nauka, 1986, pp. 62-72.
12. Sochava A.V. *Krasnocvetnye formacii dokembria i fanerozoia* (Red-colored formations of the Precambrian and Phanerozoic). Leningrad, Nauka, 1979. 207 p.
13. Trubachev A.I., Salikhov V.S., Vasiliev V.G. *Stratiformnye mestorozhdenia Zabaikalia* (Stratiform deposits of Transbaikalia). Chita, Zabnii, 2014. 305 p.
14. Trubachev A.I. Formational types of stratiform mineralization in Eastern Transbaikalia [Formacionnye tipy stratiformnogo orudneniya Zabalkalia]. *Izvestia of the Siberian Department of the section about geography of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, development of ore deposits – Izvestia Sibirskogo otdelenia sekcii nauk o zemle rossiiskoi akademii estestvennyh nauk. Geologia, poiski i razvedka rudnyh mestorozhdeni*. 2014, no 6 (49), pp. 5-13.
15. Chechetkin V.S., Trubachev A.I. Copper Metallogeny of the Central Asian provinces [Metallogenia medi Centralno-Aziatskoi provincii]. *Izvestia of the Siberian Department of the section about geography of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, development of ore deposits – Izvestia Sibirskogo otdelenia sekcii nauk o zemle rossiiskoi akademii estestvennyh nauk. geologia, poiski i razvedka rudnyh mestorozhdeni*. 2014, no 3 (46), pp. 5-15.
16. Vaughan D.J., Sweeney M., Friedrich G., Diedel R., Haranczyk C. The Kupferschiefer: An Overview with an Appraisal of the Different Types of Mineralization // *Economic Geology*, 1989, vol. 84, pp. 1003-1027.
17. Kuchal H., Przybylowicz W. Noble Metals in Organic Matter and Clay-Organic Matrices, Kupferschiefer, Poland // *Economic Geology*, 1999, vol. 94, pp. 1137-1162.
18. Oszczepalski S. Origin of the Kupferschiefer polymetallic mineralization in Poland // *Mineralium Deposita*, 1999, 34, pp. 599-613.
19. Piestrzyński A., Kucha H., Reutt R. Występowanie żył kruszowych typu rücken w złożu rud miendzy na monoklinie Przedsudetskiej, SW Polska. *Polskie Towarzystwo Minierologiczne – Prace Specjalne, Zeszyt 16*, 2000.
20. Mednye rudy (Copper ore). Available at: <http://ours-nature.ru/baza-znaniy/item/1251>.

Корольков Алексей Тихонович
доктор геолого-минералогических наук,
профессор
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 24-32-80
e-mail: baley51@mail.ru

Korolkov Alexei Tihonovich
Doctor of Sciences (Geology and
Mineralogy), Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24-32-80
e-mail: baley51@mail.ru

Радомская Татьяна Александровна
кандидат геолого-минералогических наук,
научный сотрудник
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН

Radomskaya Tatiana Alexandrovna
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Research Scientist
Vinogradov Institute of Geochemistry
SB RAS

664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А
тел.: (3952) 51-10-92
e-mail: radomskajaojigova@rambler.ru

Ягуджиньский Роберт
доктор, заместитель директора
института
Институт геологии Университета
им. Адама Мицкевича (УАМ)
61-606, Польша, г. Познань, ул. Маков
Полных, 16
тел.: +48 618296040
e-mail: jagodus@amu.edu.pl

1А, Favorskii st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 51-10-92
e-mail: radomskajaojigova@rambler.ru

Robert Jagodziński
Doctor, Deputy Director
Poznan Institute of Geology of Adam
Mickiewicz University
16, Maków Polnych st., Poznań, Poland,
61-606
tel.: +48 618296040
e-mail: jagodus@amu.edu.pl