

С.В. Воробьева**ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
СУЛЬФИДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НА РУДНОМ АЛТАЕ**

На основании ретроспективного анализа накопившихся материалов о геологическом и тектоническом строении Рудного Алтая и примыкающих регионов сделан вывод о коллизионной геотектонической обстановке. Промышленные колчеданно-полиметаллические залежи формировались в напряженной обстановке длительных тектонических перестроек, начавшихся с докембрийского времени. Рудолокализирующие структуры рудно-алтайских месторождений образовались в процессе развития деструкционного тектогенеза. Колчеданные залежи имеют гипсометрически многоуровневое, эшелонированное, залегание и сопровождаются в благоприятной геолого-структурной обстановке сульфидными рудами магматогенного, метаморфогенного и постмагматического типа.

Ключевые слова: Рудный Алтай, колчеданно-полиметаллические залежи, деструктивный тектогенез.

Рудный Алтай – это составная часть Алтае-Саянской складчатой области [3, 8, 10, 12]. Серповидные в плане контуры «алтаид» определяются древними рифтогенными разломами северо-западного, северо-восточного и субмеридионального направления. «Алтаиды» – это архипелаги наиболее устойчивой древней суши вулкано-плутонического происхождения, существовавшей с докембрийского времени.

Рудно-алтайские месторождения являются уникальными по своему минеральному составу [1,4, 5, 11, 16]. Распределение промышленно-ценных руд в вертикальном разрезе многоэтажное. гипсометрически многоуровневое. Общий вертикальный размах промышленно-ценных сульфидных руд оценивается интервалом от -500 м до + 1700 м [15]. Основой крупных промышленных месторождений Рудного Алтая являются эшелонированные колчеданные залежи.

Изучение условий локализации и минерального состава природных типов руд позволило автору эмпириче-

ским путем выяснить [4, 5, 6] что укоренившееся название «колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая» – это только общее, собирательное название комбинированных из разновозрастных и генетически разнородных руд месторождений. Среди промышленных руд, сопутствующих колчеданным залежам, можно выделить важные в промышленном отношении типы, которые не следует отождествлять с колчеданными рудами:

1. Стратиформные сфалерит-галенитовые руды, генетически не связанные с активной вулканической деятельностью. Эти руды обнаруживают связь с длительной циркуляцией эпitherмальных вод, воздействовавших на контрастные по физико-механическим свойствам флишоидные карбонат-глинисто-кремнистые породы. Эти руды сопоставимы с рудами Южного Алтая, горного хребта Каратау в Казахстане, рудами долины реки Тречча на Балканском полуострове, а также рудами из районов речных долин Миссисипи и Миссури в Америке.

II. *Медные руды порфирирового типа.* Эти руды развиваются непосредственно в теле активного порфирирового интрузива, прорывающего колчеданные залежи в зонах древних жерловых каналов.

III. *Богатые серебром крупнокристаллические галенитовые руды, занимающие секущее положение по отношению неоднородной колчеданно-полиметаллической руде.* Эти руды сопоставимы с крупнокристаллическими мономинеральными галенитовыми рудами нерчинского типа в Восточном Забайкалье.

IV. *Богатые теллуридами золота и серебра руды.* Эти руды сопоставимы с медь-, свинец-, цинк-, молибденсодержащим рудам района Ла-Плато и Колорадо. Эти руды отличающимися высокими концентрациями переотложенного из теллуридов золота.

V. *Серебросодержащие медно-полиметаллические руды.* Эти руды являлись главным объектом эксплуатации и во времена Императорского Кабинета, и во времена иностранных концессий. Медно-полиметаллические руды являются регенерированными и характеризуются высокими содержаниями сульфидов серебра, а в качестве индикаторных минералов содержат энаргит, фаматинит, люционит. Медно-полиметаллические руды по минеральному составу сопоставимы с месторождениями Мексики и Перу.

Изучение колчеданно-полиметаллических залежей позволило автору выяснить, что основой этих залежей являются сплошные, спрессованные из остроугольных обломков серноколчеданные руды [5], которые были раскристаллизованы под влиянием внедрявшихся порфирировых интрузий. Порфирировые интрузии – это реморфизованные тела, фиксирующие ареалы древнего кислого вулканизма. Эти интрузии, весьма характерные для Рудного Алтая, свидетельствуют

об оживлении в эйфеле докембрийских эндогенных центров, поскольку порфирировые интрузии характерны и для областей докембрия. Например, в Канаде тела кварцевых порфиров на рудниках Флин-Флон и Шеррит-Гордон (где сопровождали распространявшиеся на глубину более километра богатые сульфидные руды, среди которых встречались плотные серноколчеданные руды с рассеянными зернами и мелкими прожилками халькопирита и пронизанные мономинеральными полосами сфалерита).

Вне зон смятия колчеданные руды на Рудном Алтае представляют собой неоднократно дезинтегрированные обломочные руды, которые были неоднократно сцементированы пирит-халькопиритовыми, пирит-сфалерит-халькопиритовыми, сфалерит-галенитовыми минеральными ассоциациями. Среди такого рода рудных тел встречаются зоны сыпучего серного колчедана, оказавшегося в зонах тектонических передвижек. Зеркала скольжения прослеживаются не только по серноколчеданной монокристаллической руде, но и по обогащенным сфалеритом и халькопиритом сплошным монокристаллическим колчеданным рудам. Автором наблюдались динамодислокационные затеки сплошной массы сфалеритовых руд в тело осветленных, подвергшихся влиянию сернокислотных вод, омывавших серноколчеданные руды, тела пересекающих их диабазовых даек. Пучки этих даек пронизывают расчленившиеся серноколчеданные залежи по диаклазовым трещинам [5]. Эти трещины возникли в обстановке сильного термального прогрева, в близповерхностной обстановке глыбовых перемещений.

Дезинтегрированные колчеданные руды на Рудном Алтае не распространяются стратиграфически выше франского яруса, но единичные обломки сплошных полиметаллических

руд были найдены казахстанскими геологами в районе Николаевского месторождения в морских флиш-идных отложениях раннего карбона. Корневая часть огромной Крешенской колчеданной залежи Николаевского колчеданно-полиметаллического месторождения связана с линейной зоной, определяющей положение крупной расширенной жерловины [6], а ее пологая часть, сформировавшаяся за счет неоднократно дезинтегрированных обломков колчеданно-полиметаллических руд. Приуроченность обломочных руд к депрессиям палеовулканического рельефа [14] и следы оползневых подводных перемещений убеждают, что основой колчеданно-полиметаллических руд являются дезинтегрированные древние серноколчеданные руды [5], которые явились барьерами для электрохимического осаждения меди, свинца и цинка. Прежнее обломочное состояние спрессованной сплошной колчеданно-полиметаллической руды распознается в процессе минераграфического исследования, с применением структурного травления полированных аншлифов [5].

Геолого-структурная обстановка локализации рудно-алтайских месторождений очень сложная [5, 6, 7, 8, 10, 13]. Образование промышленноценных сульфидных руд по времени можно увязать только с обстановкой высокой сейсмоактивности кристаллического фундамента, с периодом мощных пирокластических наземных извержений и появлением мутьевых потоков, сползавших по склонам сейсмоактивных островов в депрессии и увлекавших за собой колчеданные обломки. Поэтому некоторые колчеданно-полиметаллические залежи залегают на склонах депрессий и в депрессиях. Например, в Рубцовской депрессии залегают одноименное месторождение [7], но некоторые колче-

данные месторождения находятся на склонах этой депрессии.

Наличие местных стратиграфических перерывов, признаки выпадения из стратиграфического разреза характерных пачек, слоев является указанием на син-конседиментационное накопление флиш-идных морских отложений эйфеля-живета-франа, по мере активных перемещений неоднородного, ступенчатого грабеноподобного фундамента на Рудном Алтае. Активизация фундамента – результат оживления завершивших в рифее свое развитие древних вулканоплутонических центров, распознаваемых жерлово-прижерловыми и субвулканическими фациями. Наивысшая сейсмоактивность фундамента проявилась в период обособления горных поднятий Алтая в мел-палеогеновое время. В сейсмоактивной обстановке и обособились каркасно-глыбовые локализованные структуры, сочетающиеся с линейными ступенчатыми погружениями. Эти структуры – результат вторичного, деструкционного тектогенеза [17]. Это доказывается унаследованным характером тектоники [5].

Богатые сульфидные руды на Рудном Алтае закономерно сопровождают порфирировидные гранитоиды гипабиссального облика, состав которых отвечает кварцевым диоритам, гранодиорит-порфирам, монционитам, плагиогранит-порфирам, а синорогенным гранитоидным массивам, прорвавшим древние массивы, сопутствуют обширные контактово-метасоматическими ореолы, формировавшиеся под влиянием активного воздействия газовой-жидких растворов, поднимающихся из глубины в период активного вулканизма.

Контактово-метасоматические процессы могли осуществляться только в обстановке нарастающего гидростатического давления и крайне неравновесного термодинамического режима.

Важные в практическом отношении контактово-метасоматические породы образовались за счет карбонатсодержащих пород и метабазитовых древних пород. Метасоматические изменения активно проявлены в зонах динамически вытесненных древних протерозойско-раннепалеозойских пород, в наибольшей степени подверженных тектоническим дислокациям, но охватывают и средне-позднепалеозойские породы в зонах тектонических срывов и в местах нагнетания силлообразных тел, сопутствующих порфировым интрузиям [5, 6]. В целом конфигурация контактово-метасоматических ореолов и их размеры зависят от состава вмещающих активный интрузив пород и тектоники зоны контакта. Тщательное оконтуривание контактово-метасоматических ореолов показало, что с этими ореолами связаны руды магматогенного и контактово-метасоматического типа, которые неизменно сопровождают вовлеченные в процесс региональной складчатости и дислокационного метаморфизма колчеданные руды [5, 6]. Тесная взаимосвязь окolorудных кварц-серицитовых и кварц-хлорит-серицитовых пород, сопровождающих промышленные колчеданно-полиметаллические залежи [7] доказывает связь ценных руд с открытыми подводными геотермальными системами, существовавшими в конце палеозоя-мезозое в субмаринных проливах, связанных с Западно-Сибирским палеобассейном.

Выводы

1. Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая являются комбинированными из разновозрастных и генетически разнородных руд, сопровождающих эшелонированные колчеданные залежи. Эшелонированное распределение колчеданно-полиметаллических залежей на Рудном Алтае обусловлено влиянием гравитационно-неустойчивого и неоднородного по составу кристаллического фундамента и признаком «коллизийной» обстановки.

3. Геологическую позицию эшелонированных колчеданно-полиметаллических залежей определяют каркасно-глыбовые структуры деструкционного тектогенеза.

4. Полигенность и полихронность рудно-алтайских месторождений доказывается резкой индивидуальностью месторождений, которые мало сопоставимы между собой и по морфологии и по геолого-структурной обстановке и по особенностям вещественного состава [5, 6, 7, 11, 13, 14].

5. Обогащение верхних гипсометрических горизонтов рудно-алтайских месторождений благородными и цветными металлами [8] указывает на процесс длительной переконцентрации руд путем мобилизации [9], в условиях развивавшихся термоградиентных потоков, обусловленных длительным термальным возбуждением низов фундамента земной коры и верхней мантии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов Г.П., Вейц Б.И., Покровская И.В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Том 3. Минералогия Рудного Алтая. – Алма-Ата: Наука, 1959.

2. Вейц Б.И. О генетической связи полиметаллического оруденения Рудного Алтая с девонским вулканизмом // Известия

АН Казахской ССР. Серия геологическая. – 1957. – Вып. 17. – С. 105–115.

3. Воробьева С.В. История открытия и освоения полиметаллических месторождений на Рудном Алтае / Международный научно-практический форум «Минерально-сырьевая база Сибири, история становления и перспективы», священный 100-летию перво-

го выпуска горных инженеров в Сибири и 90-летию Сибгеолкома. Том II. – Томск: Томский политехнический университет, 2008. – С. 52–54.

4. Воробьева С.В. Геология и минералогия Прииртышского района на Рудном Алтае / Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых. Международная конференция, посвященная 80-летию основания в Томском политехническом университете первой в азиатской части России кафедры «разведочное дело». 5–8 октября 2010 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2010. – С. 162–165.

5. Воробьева С.В. Особенности геологии Новозолотушинского сульфидного месторождения на Алтае // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1987. – № 5. – С. 96–108.

6. Воробьева С.В. Рудолокализирующее значение полиметаморфизованных динамосланцев в Прииртышском рудном районе Алтая. // Известия вузов. Геология и разведка. – 2003. – № 1. – С. 57–62.

7. Горжевский Д.И., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З. Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, их происхождение и методы поисков. – М.: Недра, 1977.

8. Григорьев И.Ф., Глебов С.М. Полиметаллические месторождения Рудного Алтая / Большой Алтай. – М.: АН СССР, 1934.

9. Дударев А.Н., Сотников В.И., Васильева А.И. Мобилизация рудных элементов в термоградиентном поле / Труды Института геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 291. – Новосибирск: Наука, 1976.

10. Иванкин П.Ф., Иншин П.В., Кузбный В.С. Рудные формации Рудного Алтая. – Алма-Ата: Изд. АН КазССР, 1961.

11. Беспяев Х.А., Николаев Л.Г., Ганженко Г.Д., Тойбазаров М.А. Колчеданно-полиметаллические месторождения Прииртышского района (геолого-геохимические особенности). – Алма-Ата, Наука, 1988.

12. Нехорошев В.П. Тектоника Алтая / Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Том. 139. – М.: Недра, 1966.

13. Иванкин П.Ф., Кузбный В.С., Воробьев Ю.Ю., Бедарев Б.П., Абдульменов Ж.И., Волков Я.С. О блоковом строении северо-западной части Рудного Алтая и особенностях тектонического положения главных рудных узлов // Советская геология. – 1966. – № 11. – С. 22–34.

14. Палеовулканический анализ колчеданноносных провинций (на примере Рудного Алтая) / Под ред. Г.Ф. Яковлева. – М.: МГУ, 1984.

15. Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений / Отв. редактор А.А. Абдулин. – Алма-Ата: Наука, 1977.

16. Рудный Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. Труды международной конференции. – Усть-Каменогорск, 2010.

17. Хаин В.Е. Деструктивный тектогенез и его глобальные проявления / Тектоника и структурная геология, планетология. Международный геол. конгресс. XXV сессия. – М.: Наука, 1976.

18. Яковлев Г.Ф., Хисамудинов М.Г., Демин Ю.И. Полигенность и полихронность колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // Геология рудных месторождений. – 1975. – № 3. – С. 66–78. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Воробьева Светлана Васильевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, горный инженер-геолог,
e-mail: vorobevaspb@mail.ru.

UDC 553.4: 551. 24 (571.15)

GEOTECTONIC BACKGROUND OF COMMERCIAL PYRITE DEPOSITS IN RUDNY ALTAI

Vorobjova S.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Assistant Professor, Mining Engineer-geologist,
e-mail: vorobevaspb@mail.ru.

Based on the retrospective analysis of data on geological and tectonic structure of Rudny Altai and adjacent region, the conclusion on the collision geotectonics has been made. Commercial pyrite–polymetal deposits formed under load of long-term tectonic transformations started in the Pre-Cambrian age. The ore-hosting structure of Rudny Altai originated under destructive tectonogenesis. Pyrites occur in favorable geological environment as hypsometrical layers arranged in depth, accompanied by magmatogene, metamorphogene and post-magmatic type sulfides.

Key words: Rudny Altai, pyrite–polymetal deposits, destructive tectonogenesis.

REFERENCES

1. Bolgov G.P., Veits B.I., Pokrovskaya I.V. Mineralogiya polimetallicheskih mestorozhdenii Rudnogo Altaya. Tom 3. Mineralogiya Rudnogo Altaya (Mineralogy of polymetal deposits in Rudny Altai. Vol. 3: Rudny Altai mineralogy. Vol. 3. Rudny Altai mineralogy), Alma-Ata, Nauka, 1959.
2. Veits B.I. *Izvestiya AN Kazakhskoi SSR. Seriya geologicheskaya*, 1957, no. 17, pp. 105–115.
3. Vorob'eva S.V. *Mezhdunarodnyi nauchno-prakticheskii forum «Mineral'no-syr'evaya baza Sibiri, istoriya stanovleniya i perspektivy», svyashchenniy 100-letiyu pervogo vypuska gornykh inzhenerov v Sibiri i 90-letiyu Sibgeolkoma*. Tom II (Mineral and raw material basis of Siberia, buildup and prospects: Proceedings of International Scientific Forum dedicated to the 100th anniversary of the first graduation of mining engineers and to the 90th anniversary of Sibgeolkom. Vol. II), Tomsk, Tomskii politekhnicheskii universitet, 2008, pp. 52–54.
4. Vorob'eva S.V. *Sovremennye problemy geologii i razvedki poleznykh iskopaemykh. Mezhdunarodnaya konferentsiya, posvyashchennaya 80-letiyu osnovaniya v Tomskom politekhnicheskome universitete pervoi v aziatskoi chasti Rossii kafedry «razvedochnoe delo»*. 5–8 oktyabrya 2010 (Modern problems in geology and mineral exploration. Proceedings of International Conference dedicated to the 80th anniversary of the European Asia's first Exploration Chair established in the Tomsk Polytechnic University. 5–8 October 2010), Tomsk, Natsional'nyi issledovatel'skii Tomskii politekhnicheskii universitet, 2010, pp. 162–165.
5. Vorob'eva S.V. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1987, no 5, pp. 96–108.
6. Vorob'eva S.V. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*, 2003, no 1, pp. 57–62.
7. Gorzhevskii D.I., Chekvaide V.B., Isakovich I.Z. *Tipy polimetallicheskih mestorozhdenii Rudnogo Altaya, ikh proiskhozhdenie i metody poiskov* (Types of polymetal deposits in Rudny Altai, their origin and prospecting), Moscow, Nedra, 1977.
8. Grigor'ev I.F., Glebov S.M. *Polimetallicheskie mestorozhdeniya Rudnogo Altaya. Bol'shoi Altai* (Polymetal deposits of Rudny Altai. Great Altai), Moscow, AN SSSR, 1934.
9. Dudarev A.N., Sotnikov V.I., Vasil'eva A.I. *Trudy Instituta geologii i geofiziki SO AN SSSR*. Vyp. 291. (Transactions of the Institute of Geology and Geophysics, Siberian Branch, USSR Academy of Sciences, issue 291), Novosibirsk, Nauka, 1976.
10. Ivankin P.F., Inshin P.V., Kuzebnyi V.S. *Rudnye formatsii Rudnogo Altaya* (Ore formations in Rudny Altai), Alma-Ata, Izd. AN KazSSR, 1961.
11. Bespaev Kh.A., Nikolaev L.G., Ganzhenko G.D., Toibazarov M.A. *Kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdeniya Priirtyshskogo raiona (geologo-geokhimicheskie osobennosti)* (Pyrite–polymetal deposits in the Near-Irtysh area (geological and geochemical characteristics)), Alma-Ata, Nauka, 1988.
12. Nekhoroshev V.P. *Tektonika Altaya. Trudy VSEGEI. Novaya seriya*. Tom. 139 (Altai tectonics. Transactions of VSEGEI (Karpinsky Russian Geological Research Institute). New series, vol. 139), Moscow, Nedra, 1966.
13. Ivankin P.F., Kuzebnyi V.S., Vorob'ev Yu.Yu., Bedarev B.P., Abdul'menov Zh.I., Volkov Ya.S. *Sovetskaya geologiya*, 1966, no 11, pp. 22–34.
14. *Paleovulkanicheskii analiz kolchedanonosnykh provintsiy (na primere Rudnogo Altaya)*. Pod red. G.F. Yakovleva (Paleovolcanic analysis of pyrite-bearing provinces (in terms of Rudny Altai) Yakovlev G.F. (Ed.)), Moscow, MGU, 1984.
15. *Problemy genezisa kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdenii*. Otv. redaktor A.A. Abdulin (Problems of pyrite–polymetal deposit genesis, Abdulin A.A. (Ed.)), Alma-Ata, Nauka, 1977.
16. *Rudnyi Altai – unikal'naya redkometall'no-zoloto-polimetallicheskaya provintsiya Tsentral'noi Azii*. *Trudy mezhdunarodnoi konferentsii* (Rudny Altai–The unique rare metal–gold–polymetal-bearing province in Central Asia. International Conference Proceedings), Ust'-Kamenogorsk, 2010.
17. Khain V.E. *Tektonika i strukturnaya geologiya, planetologiya. Mezhdunarodnyi geologicheskii kongress. XXV sessiya* (Tectonics and structural geology, planetology. International Geological Congress. XXV Session. XXV сессия), Moscow, Nauka, 1976.
18. Yakovlev G.F., Khisamutdinov M.G., Demin Yu.I. *Geologiya rudnykh mestorozhdenii*. 1975, no 3, pp. 66–78.