

МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Обобщены данные по размещению в стратиграфическом разрезе и структурах Земли месторождений меди различных геолого-промышленных типов (ГПТ): меднопорфирового, медистых песчаников и сланцев, колчеданного, медно-никелевого, ванадий-железо-медного, медно-скарнового, жильного, карбонатитового, самородной меди. Согласно выполненным автором оценкам, за геологическую историю Земли, по крайней мере, со второй половины архея и до четвертичного времени включительно, накоплено не менее 150,9 млрд т медных руд, которые содержат 1,1 млрд т меди.

Ключевые слова: *месторождения меди, геолого-промышленный тип, колчеданный, меднопорфировый, медистых песчаников и сланцев, медно-никелевый, ванадий-железо-медный, медно-скарновый, жильный, карбонатитовый, самородной меди.*

Data on placement in the stratigraphic section and structure of the Earth copper deposits of different geological-industrial types: copper porphyry, copper sandstones and shale, massive sulphide, copper-nickel, vanadium-iron-copper, copper-skarn, vein, carbonatite, native copper. According to estimates made by the author, with the geological history of the Earth, at least the second half of the Archean and to Quaternary including accumulated at least 150,9 billion tons of copper ore, which contain 1,1 billion tons of copper.

Keywords: *copper deposits, geological-industrial type, massive sulphide, copper porphyry, copper sandstones and shales, copper-nickel, vanadium-iron-copper, copper-skarn, vein, carbonatite, native copper.*

Месторождения медных руд формировались на всем протяжении геологической истории Земли, по крайней мере со второй половины архея до настоящего времени, и известны на всех континентах (рис. 1). Эти месторождения относятся к следующим ГПТ (рудно-формационным): меднопорфировому, медистых песчаников и сланцев, колчеданному, медно-никелевому, ванадий-железо-медному, медно-скарновому, жильному, карбонатитовому, самородной меди. Первые четыре типа рассматриваются в качестве *основных*, следующие четыре типа – в качестве *второстепенных* [27]; кроме того, ГПТ самородной меди, видимо, следует определять как *экзотический*.

Месторождения всех ГПТ характеризуются высокой комплексностью руд (табл. 1). Месторождения меди являются важнейшим сырьевым источником, по существу, всей цветной металлургии, в определенной мере черной металлургии, производства благородных, легирующих, редких и радиоактивных металлов, минеральных удобрений, а также химической промышленности.

По своим палеотектонической и геотектонической позициям эти ГПТ могут быть разделены на две группы, сформированные в *устойчивых* и *подвижных* структурах земной коры. Первая группа – месторождения, относящиеся к ГПТ медистых песчаников и сланцев, медно-никелевому, ванадий-железо-медному, карбонатитовому и самородной меди. Все они находятся в фундаментах и чехлах древних платформ. Вторая группа – месторождения меднопорфирового, колчеданного, скарнового и жильного ГПТ, образованные в подвижных по-

сях Земли геосинклинального, островодужного (палеостроводужного) и орогенно-активизационного режимов.

Большинство объектов этих ГПТ имеет специфическую, свойственную только им тектоно-магматическую палео- и геотектоническую позицию, что

Таблица 1

Компоненты, сопутствующие меди в месторождениях различных ГПТ

ГПТ	Сопутствующие компоненты
Меднопорфировый	Mo, Au, Ag, Re, S, Se, Te
Медистых песчаников и сланцев	U, Co, Au, TR, МПГ, V, Zn, Pb, Ag, Mo, S
Колчеданный	Zn, Pb, Au, Ag, барит, S, In, Cd, Se, Te, Ga, Ge, Tl, Co, Hg, As, пирит
Медно-никелевый	Ni, Co, МПГ, Au, Ag, S, иногда стратиформные хромовые руды
Ванадий-железо-медный	V, железные руды, МПГ, Ti, Au, Ag, апатит
Жильный	Au, Ag, Zn, Pb, Bi, Mo
Скарновый	Железные руды, Au, Ag, Zn, Co, Mo
Карбонатитовый	Железные руды, апатит, TR, U, Au
Самородной меди	Ag

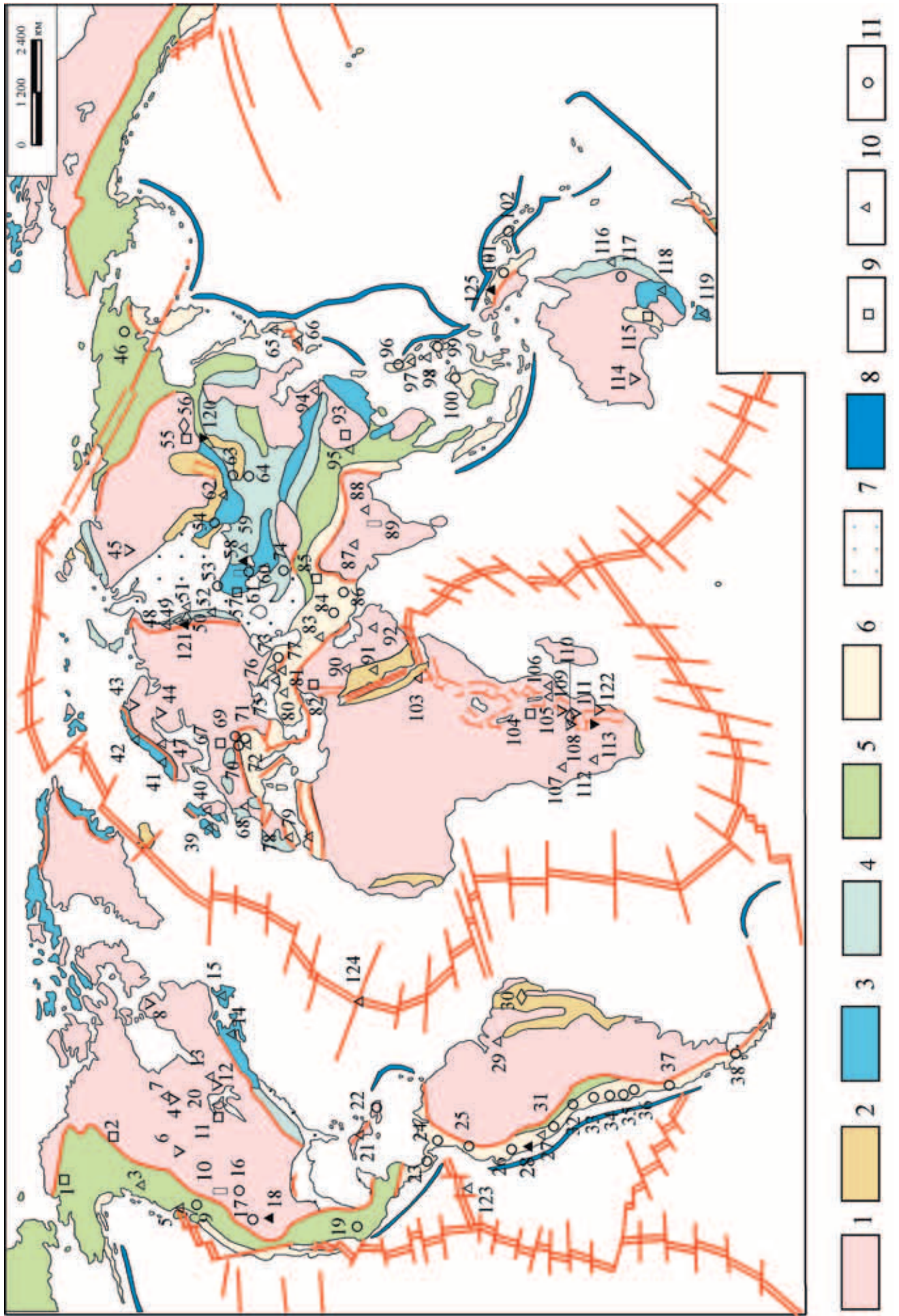




Рис. 1. Схема размещения месторождений меди в структурах Земли (по И. З. Самонову, 1987, с уточнениями и дополнениями)

1 – древние платформы; 2 – байкальды; 3 – каледониды; 4 – герциниды; 5 – киммериды; 6 – альпиды; 7 – осадочный чехол каледонид и герцинид; 8 – глубоководные желоба; 9–17 – геолого-промышленные типы месторождений меди: 9 – медистые песчаники и сланцы; 10 – колчеданый, 11 – медно-порфировый, 12 – медно-никелевый, 13 – ванадий-железо-медный, 14 – карбонатитовый, 15 – медно-скарновый, 16 – жильный, 17 – самородной меди; 18 – рифтовые зоны и трансформные разломы; 19 – континентальные рифты; 20 – крупнейшие тектонические нарушения.

Главнейшие месторождения: 1. Борнит; 2. Ред-Стоун; 3. Хиддн-Крик; 4. Сноу-Лейк, Флин-Флон; 5. Британия; 6. Стилутер; 7. Линн-Лейк, Томсон; 8. Рэглан; 9. Айленд-Копер, Гибралтар; 10. Бьютт; 11. Уайт-Пайн; 12. Сэлбери; 13. Кидд-Крик, Маттагами-Лейк, Норада; 14. Батерс-Ньюкасл; 15. Бетте-Ков, Баченс и др.; 16. Бингем, Моренси и др.; 17. Багдад, Кананеа, Копер-Хилл и др.; 18. Бисби; 19. Ла-Верде; 20. оз. Верхнее (Каломет-Хекла); 21. Карлотта, Санга-Люсия и др.; 22. Танама, Рио-Виве; 23. Серро-Колорадо, Петакиль; 24. Пантанос-Петадорито; 25. Мокоа, Чауча; 26. Мичикильяй, Ла-Гранха, Мина-Агуала; 27. Антамина; 28. Серро-де-Паско, Касапалка; 29. Салобу; 30. Карайба; 31. Серро-Верде, Санта-Роса, Куахоне, Токепала и др.; 32. Серро-Колорадо, Кебрада-Бланко; 33. Чукикамата, Абра, Эль-Сальвадор, Потрерильос; 35. Сур-Сур, Андаколло; 36. Лос-Пеламорса, Рио-Бланка, Диспулада; 37. Эль-Теньенте (Браден); 38. Эскондило; 39. Авока; 40. Пари-Маунтин; 41. Муфель, Рана, Стеккенбок, Леви; 42. Сулителма; 43. Печентская, Мончегорская группы; 44. Оутотумпу; 45. Норильская группа; 46. Песчанка; 47. Фалун; 48. Месторождения Северного Урала (Парнейское, Шемурское, Ново-Шемурское, Валентгорское); 49. Месторождения Среднего Урала (Красноуральская, Левинхинская группы); 50. Волковское; 51. Сафьяновское; 52. Месторождения Южного Урала (Дегтярское, Карабашская, Верхнеуральская группы, Учалинское, Гайское, Сибайское и др.) и Мутоджар (Весенне-Аралчинское, Осеннее, Весеннее, Приорское и др.); 53. Бошекульское (Бозшакольское); 54. Ак-Суг; 55. Улоканское; 56. Чинейское; 57. Джезказганское, Северная группа, Жаманайбатское; 58. Саянская группа; 59. Месторождения Рудного Алтая; 60. Коунрад; 61. Чатыркуль (Шатырколь), Жайсан; 62. Кызыл-Таш, Кызыл-Таштыг; 63. Эрлэнэт (Эрдэнэтэйн-Овоо); 64. Цаган-Субурга; 65. Месторождения района Кууроко; 66. Бесен, Сирагаки; 67. Любин, Серошовице, район Мансфельд; 68. Боленнек, Чесси, Сан-Бель и др.; 69. Реч; 70. Майланпек, Велики Крифель; 71. Мелет; 72. Бор; 73. Калжаран; 74. Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку; 75. Уруп, Худес; 76. Мургул-Анягатак; 77. Эргани-Маден, Сиирт-Маденко; 78. Иберийский пиритный пояс; 79. Хаджар; 80. Ашикей, Кюре; 81. Маднеули, Шамлуг; 82. Пимна, Вали-эль-Араби, Ум-Богма; 83. Кушк, Ангуаран; 84. Сар-Чешме, Чохар-Гонбад; 85. Айнак; 86. Санидак; 87. Колихан, Малхан-Кудхан; 88. Ралха; 89. Маланджанд; 90. Нукра; 91. Джебель-Саид; 92. Сукар-Рака; 93. Дунчаньская группа; 94. Тунгушань; 95. Лола; 96. Санто-Нино, Сан-Антонио и др.; 97. Барло; 98. Хиксбар, Багакай; 99. Сипалай и др.; 100. Мамут; 101. Ок-Теди, Фрида-Ривер; 102. Пангуна; 103. Алди-Нефас, Дыбыруа; 104. Медный пояс Замбии – Заира (Мусоши, Руве, Дикупуве-Машамба, Нчанга, Муфулира, Роан-Ангелоп и др.); 105. Мацитама, Буш-мен; 106. Соньяти, 107. Оджихейс; 108. Пикве-Селеби; 109. Великая Дайка; 110. Мессина; 111. Бушвелд; 112. Этгенис, Блэк-Маунтин; 113. Палабора; 114. Р-н Калгурли-Камбалда; 115. Олимпик-Дам (Роксбейн-Даунс); 116. Маунт-Морган; 117. Гуамбла; 118. Вудлон, Кэлпэйнс-Флэг; 119. Ред-Розбери, Хеллиер, Маунт-Лайель; 120. Быстринское; 121. Турьинская группа; 122. Инсизва; 123. Галапагосский хребет; 124. Гидротермальное поле ТАГ; 125. Эртсберг

достаточно обстоятельно охарактеризовано в литературе. Исключение составляют месторождения жильного (кварцево-жильного) и скарнового типов, обладающие определенной двойственностью положения. Одна часть жильных объектов тесно сопряжена с колчеданными и/или меднопорфировыми месторождениями, формируясь либо на их заключительных стадиях, либо при их метаморфизме. Другая часть вполне самостоятельна; месторождения образуются при орогенном или орогенно-активизационном режимах в связи с интрузивным магматизмом гранитоидного либо монцонитоидного состава, например, жильные месторождения Жайсан и Чатыркуль в Республике Казахстан, Магма (шт. Аризона) и Бьютт (шт. Монтана) в США. Хотя для последнего не исключается сопряжение с меднопорфировой системой [6].

Подобная ситуация присуща и скарновым месторождениям меди, в которых также выделяются две группы [26]. Одна из них – медно-скарновые месторождения, сопряженные с меднопорфировыми объектами в случаях, когда продуктивный интрузив внедрялся в толщу карбонатных пород, – «ассоциирующиеся с меднопорфировыми штоками» [26]. Эти месторождения являются элементом строения меднопорфировой системы и имеют те же названия, что и материнские месторождения; запасы таких медно-скарновых объектов учтены в меднопорфировых, в частности, многих месторождений Перуано-Чилийских Анд, Мексики, Запада США, Карпат [26]. Другая группа объектов медно-скарнового типа вполне самостоятельна, месторождения локализованы в известковых скарнах в экзоконтактах малоглубинных интрузий порфировидных гранодиоритов, плагиогранитов – «ассоциирующиеся с безрудными штоками» [26]. При этом тектоно-магматические обстановки формирования медно-скарновых объектов могут быть самыми различными – позднегеосинклинальными или позднеостроводужными (месторождение III Северное на Северном Урале, Гумешевское на Среднем Урале), активизационными или орогенно-активизационными (Антамина, Кобриса и др. в Перу, Быстринское в Забайкалье, Краснотурьинская группа на Северном Урале, Саянская группа в Казахстане) или даже квазиplatformными (ряд месторождений, в том числе медьсодержащие скарново-магнетитовые Тагило-Кушвинского района на Среднем Урале). Для последних допускается полигенность, обусловленная изначально вулканогенно-осадочным накоплением руд и их последующим преобразованием (скарнированием) синвулканическими малоглубинными интрузиями, а Гумешевское месторождение по ряду признаков рассматривается как скарнированное колчеданное. Объекты всех ГПТ в структурах Земли и во времени распределены неравномерно [1, 2, 7, 11, 17, 18, 27].

Таблица 2

Распределение мировых разведанных запасов меди по ГПТ и времени их формирования (%) [17]

ГПТ	Докембрий	Палеозой	Мезозой	Кайнозой	Всего
Меднопорфировый	1,5	3,7	1,1	34,3	40,6
Медистых песчаников и сланцев	21,0	11,3	—	—	32,3
Колчеданный	1,1	9,2	1,0	1,0	12,3
Медно-никелевый	1,7	—	6,6	—	8,3
Жильный	0,9	0,4	0,1	3,1	4,5
Скарновый	—	0,5	0,6	0,2	1,3
Карбонатитовый	0,7	—	—	—	0,7
Всего	29,9	25,1	9,4	38,6	100,0

Что же касается оценок общего количества меди, образованного в геологической истории Земли, и его соотношения в объектах различных ГПТ, то вопрос этот далеко не однозначен. Оценки у разных авторов колеблются в достаточно широких пределах.

В. А. Перваго [17] (табл. 2) охарактеризовал относительные количества меди в объектах различных ГПТ во времени образования. При этом данных об абсолютных количествах меди не привёл.

Н. А. Быховер [1] привёл количества меди в развитых капиталистических и развивающихся странах, образованные в различное геологическое время, но без разделения по ГПТ: докембрий — 116,1; палеозой — 6,9; мезозой — 16,7; кайнозой — 245,2 млн т (всего 385,2 млн т).

И. З. Самонов [23] на начало 1984 г. по этой же группе стран приводит более значительные цифры, а именно, общие запасы меди 847,6 млн т, в том числе доказанные (или достоверные?) — 447,4 млн т.

По состоянию на 1990 г., мировые запасы меди оценены в 613,1 млн т, в том числе подтвержденные 408,3 млн т [2]; данные Горного бюро США на этот же период — 552 и 321 млн т.

В. Н. Полуэктов, И. З. Самонов, А. Г. Воробьев [19] показали изменения общих/доказанных запасов (млн т) меди развитых капиталистиче-

ских и развивающихся стран по пятилетним периодам (на начало года): 1961 г. — 210,32/104,93, 1966 — 235,5/153,64, 1971 — 318,9/192,04, 1976 — 465,87/343,28, 1981 — 481,35/386,09. Одновременно была продемонстрирована динамика запасов меди по месторождениям главнейших ГПТ (табл. 3).

А. И. Кривцов [7] показал подобную динамику запасов (млн т) меди в этой же группе стран: 1970 г. — 192,2, 1980 — 383,6, 1990 — 375,45, 1995 — 456,7.

В. В. Попов [20] на 1997 г. оценил мировые запасы меди (без России) в 668 млн т. Ежегодник Геологической службы США (Mineral Commodity Summaries — MCS), общие запасы меди на этот год, включая Россию, оценил в 610 млн т. По данным этого же Ежегодника, общие мировые запасы меди с 1996 по 2013 г. 610–690 млн т. Речь идет о текущих запасах, которые, как видим, значительно отличаются. Соотношения запасов меди в месторождениях различных ГПТ, распределения их по возрасту, кроме как у В. А. Перваго, за последние 30–35 лет не приводятся и не анализируются. Не оценены и общие количества меди, образовавшиеся за геологическую историю Земли. В определенной мере эта задача решалась автором, выполнившим количественную оценку колчеданного и меднопорфирового оруденения за этот период [4, 5]. Это послужило своеобразной отправной точкой как для проведения общей оценки количеств медных руд и содержащейся в них меди по конкретным геологическим возрастам (с архейского по четвертичное время включительно) и ГПТ месторождений, так и для их корреляции во времени.

Автор статьи основывался преимущественно на опубликованных сведениях [8, 9, 10, 13–15, 19, 21, 24]. Им собрана и обобщена информация по 792 объектам, получены данные по их запасам (включая отработанные) руды и меди, составу сопутствующих компонентов (табл. 4, рис. 2). Под оцениваемыми объектами понимаются рудный район, рудное поле или отдельное месторождение. Так, в качестве одного объекта учтены колчеданное рудное поле Норанда (21 месторождение); колчеданный рудный район Батерс-Ньюкасл (25 месторождений), шесть скарновых месторождений Саякской группы, Карабашский колчеданосный район на Южном Урале с шестью месторождениями и т. д.

Согласно выполненным автором оценкам, за геологическую историю Земли, по крайней мере со

Таблица 3

Динамика текущих запасов меди по объектам главнейших ГПТ (развитые капиталистические и развивающиеся страны) [19]

Год	Меднопорфировый ГПТ		ГПТ медистых песчаников и сланцев		Колчеданный ГПТ		Итого		Общие текущие запасы, млн т
	запасы, млн т	доля в запасах, %	запасы, млн т	доля в запасах, %	запасы, млн т	доля в запасах, %	запасы, млн т	доля в запасах, %	
1961	74,62	35,5	94,20	44,8	17,22	8,2	186,04	88,5	210,21
1966	93,90	39,9	94,62	40,2	20,71	8,8	209,23	88,9	235,35
1971	167,96	52,7	95,03	29,8	26,03	8,2	289,02	90,7	318,65
1976	304,38	65,3	95,16	20,4	31,20	6,7	430,74	89,4	481,81
1981	313,47	65,1	100,01	20,8	31,28	6,5	444,76	92,4	481,34

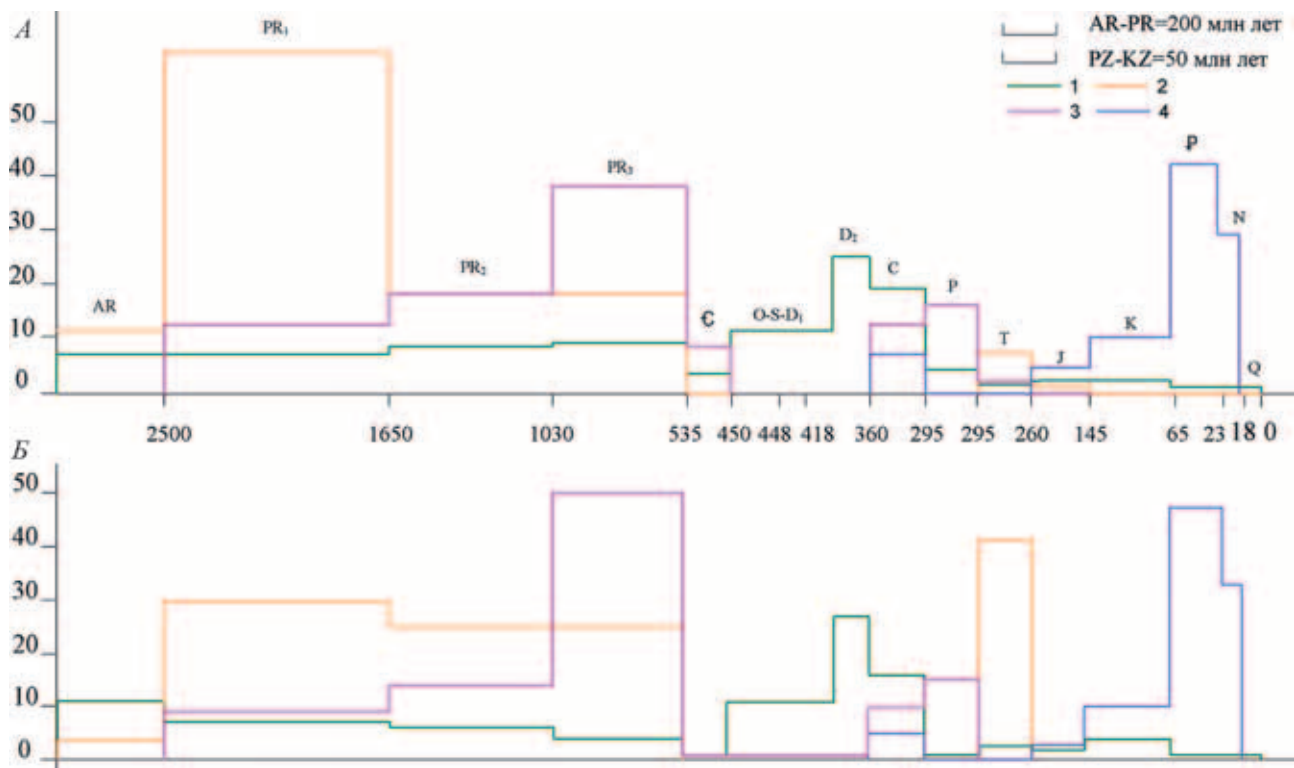


Рис. 2. Распределение главнейших геолого-промышленных типов месторождений меди по эпохам рудообразования. А – запасы меди, Б – запасы руды

Геолого-промышленные типы: 1 – колчеданный; 2 – медно-никелевый; 3 – медистых песчаников и сланцев; 4 – медно-порфировый

второй половине архея и до четвертичного времени включительно, накоплено не менее 150,9 млрд т медных руд, которые содержат 1,1 млрд т меди в месторождениях различных ГПТ.

Допалеозой. Медные месторождения допалеозоя сформированы в различных структурах фундаментов и чехлов древних платформ. В архее образованы два ГПТ – колчеданный и медно-никелевый с преимущественным размещением в зеленокаменных поясах Канадского и Индостанского щитов. Не вдаваясь в обсуждение геодинамической природы зеленокаменных поясов, отметим, что, как это следует из [13, 14, 18, 22], колчеданные месторождения в этих структурах размещены в ареалах вулканитов бимодальных базальт-риолитовых серий, тогда как медно-никелевые месторождения – на участках развития континентальных интрузивных образований мафит-мезомафического ряда.

Общее количество образованных за это время колчеданных руд приближается к 800 млн т, в них содержится свыше 13,7 млн т меди (табл. 4). К их числу относятся рудные поля Тимминс, Норанда, Матагами, Норметал и др. на Канадском щите, Мадхан-Кудхан, Колихан, Радха и др. на Индостанском щите. Руды этих преимущественно крупных месторождений, относящихся к уральскому типу, имеют медный и медно-цинковый состав [4].

Запасы медно-никелевых руд архея приближаются к 3 млрд т (в том числе 4,32 млн т меди); месторождения характеризуются низкими содержаниями меди.

Раннепротерозойская эпоха образования месторождений меди была более интенсивной по сравнению с архейской как по разнообразию ГПТ, так

и по их географическому размещению. На этом возрастном уровне представлены месторождения большинства ГПТ с явным приоритетом в устойчивых структурах Земли; в подвижных структурах размещены только колчеданные месторождения.

Раннепротерозойское колчеданообразование как бы наследует архейское; оно происходило в зеленокаменных поясах Канадского и Балтийского щитов, а также в структурах фундамента Африканской и Индостанской платформ. Особенность колчеданообразования раннего протерозоя – формирование первых месторождений кипрского типа (Оутокумпу, Вуонас и др. на Балтийском щите), что может служить отражением наиболее ранних в истории Земли офиолитовых ассоциаций (В. Е. Хаин, 2000). Руды этих месторождений существенно медные, с резко подчиненным содержанием цинка и повышенными количествами никеля и кобальта. В целом для раннего протерозоя характерно преобладание колчеданно-полиметаллических объектов типов куроко и филизчайского, сложенных преимущественно свинцово-цинковыми рудами с невысоким содержанием меди. К ним, в частности, относятся месторождения Вермильон-Лейк, Эрингтон, Сноу-Лейк (Канадский щит), рудные районы Фалун, Шелефтео, Виханти-Ориярви (Балтийский щит), Эггенис, Блэк-Маунтин, Соньяги, Гамсберг и др. (Африканский щит), месторождение Дараба-Раджпура (Индостанский щит). Колчеданные месторождения уральского типа с медно-цинковыми рудами представлены в рудных районах Флин-Флон, Раттен, Шеридон и др. (Канадский щит).

Существенный вклад в глобальное рудообразование вносят объекты медно-никелевого ГПТ.

Распределение месторождений меди по геолого-про

Возраст	Колчеданный			Медистых песчаников			Меднопорфировый			Медно-никелевый			V-Fe-Cu		
	п	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	п	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	п	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	п	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	п	Руда, млн т	Сu, тыс. т %
Q	5	142,7	<u>3363,5</u> 2,35												
N	8	117,2	<u>1774,7</u> 1,51	1	7,0	<u>350,0</u> 5,0	65	28 628,2	<u>193 954,9</u> 0,68						
P	4	64,2	<u>1017,6</u> 1,59				147	46 871,2	<u>277 830,0</u> 0,59						
Итого KZ	17	324,1	<u>6155,8</u> 1,9	1	7,0	<u>350,0</u> 5,0	212	75 499,4	<u>471 784,9</u> 0,62						
K	17	201,6	<u>5098,0</u> 2,53	1	0,5	<u>15,0</u> 3,0	35	10 136,0	<u>57 412,7</u> 0,57						
J	14	254,6	<u>2920,3</u> 1,15				27	3650,6	<u>17 393,3</u> 0,48	1	0,6	<u>1,6</u> 0,27			
T	9	199,6	<u>3207,3</u> 1,61	2	23,1	<u>711,2</u> 3,08	2	114,0	<u>1045,6</u> 0,92	4	1644,0	<u>46 728,0</u> 2,84			
Итого MZ	40	655,8	<u>11 225,6</u> 1,71	3	23,6	<u>726,2</u> 3,08	64	13 900,6	<u>75 851,6</u> 0,55	5	1644,6	<u>46 729,6</u> 2,84			
P	7	45,2	<u>756,2</u> 1,67	7	1696,8	<u>33 118,5</u> 1,95	1	676,0	<u>4800,0</u> 0,71						
C	26	2022,0	<u>20 692,8</u> 1,02	8	1405,1	<u>20 979,7</u> 1,49	11	6663,2	<u>30 693,8</u> 0,46						
D	77	2658,0	<u>32 862,0</u> 1,24				3	1005,9	<u>5019,0</u> 0,50						
O-S-D ₁	67	1280,0	<u>12 721,9</u> 0,99				3	868,3	<u>4050,6</u> 0,47						
C	16	368,0	<u>2238,4</u> 0,61	5	85,4	<u>1269,1</u> 1,49	1	400,5	<u>2141,2</u> 0,53						
Итого PZ	193	6373,2	<u>69 271,3</u> 1,09	20	3187,3	<u>55367,3</u> 1,74	19	9613,9	<u>46 704,6</u> 0,49						
PR ₃ (RF ₃ +V)	17	928,8	<u>4599,3</u> 0,5	41	4075,0	<u>108 962,0</u> 2,67				7	4618,9	<u>29 147,8</u> 0,63			
PR ₂ (RF ₂₊₃)	9	866,6	<u>6911,7</u> 0,8	1	2000,0	<u>32 000,0</u> 1,6	1	46,9	<u>251,7</u> 0,54				4	820,3	<u>5418,7</u> 0,66
PR ₁	23	738,7	<u>9300,7</u> 1,26	1	1375,2	<u>19 940,4</u> 1,45				28	15 844,6	<u>34 537,4</u> 0,22	1	1500,0	<u>10 950,0</u> 0,73
Итого PR	49	2534,1	<u>20 811,7</u> 0,82	43	7450,2	<u>160 902,4</u> 2,16	1	46,9	<u>251,7</u> 0,54	35	20 463,5	<u>63 760,2</u> 0,31	5	2320,3	<u>16 368,7</u> 0,71
AR	14	797,2	<u>13 734,2</u> 1,72							17	2946,7	<u>4321,7</u> 0,15			
ВСЕГО	313	10 684	<u>121 198,6</u> 1,13	67	10 668,1	<u>217 345,9</u> 2,04	296	99 060,8	<u>594 592,8</u> 0,60	57	25 054,8	<u>11 4736,5</u> 0,46	5	2320,3	<u>16 368,7</u> 0,71
% к общему кол-ву	39,5	7,1	11,0	8,5	7,1	19,8	37,4	65,7	54,0	7,3	16,6	10,4	0,5	1,5	1,5

Пр и м е ч а н и е. п – количество объектов, руда – запасы руды, млн т, Сu – запасы меди, тыс. т, % – среднее содержание меди.

Таблица 4

мышленным типам и времени их образования

Карбонатитовый			Самородной меди			Жильный			Скарновый			Итого			% к общему кол-ву		
n	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	n	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	n	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	n	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	n	Руда, млн т	Сu, тыс. т %	n	Руда	Медь
												5	142,7	$\frac{3363,5}{2,35}$	0,6	0,1	0,3
						1	88,2	$\frac{1500,0}{1,7}$	3	135,9	$\frac{2125,0}{1,26}$	77	28 969,5	$\frac{199\ 354,6}{0,69}$	9,7	19,2	18,1
						3	712,1	$\frac{10\ 930,0}{1,53}$	7	114,7	$\frac{2050,5}{1,8}$	162	47 769,2	$\frac{292\ 178,1}{0,61}$	20,5	31,7	26,6
						4	800,3	$\frac{12\ 430,0}{1,55}$	10	250,6	$\frac{4175,5}{1,67}$	244	76 881,4	$\frac{494\ 896,2}{0,64}$	30,8	51,0	45,0
									11	18,8	$\frac{238,6}{1,27}$	64	10 356,9	$\frac{62\ 764,3}{0,61}$	8,1	6,8	5,7
						1	31,3	$\frac{546,8}{1,75}$	3	394,0	$\frac{4010,9}{1,02}$	46	4331,1	$\frac{24\ 872,9}{0,55}$	5,7	2,8	2,1
												17	1980,7	$\frac{51\ 692,1}{2,61}$	2,1	1,3	4,7
						1	31,3	$\frac{546,8}{1,75}$	14	412,8	$\frac{4249,5}{1,03}$	127	16 668,7	$\frac{139\ 329,3}{0,83}$	15,9	10,9	12,5
												15	2418,0	$\frac{38\ 674,7}{1,60}$	1,9	1,6	3,5
									2	236,65	$\frac{2520,6}{1,06}$	47	10 326,95	$\frac{74\ 886,9}{0,73}$	5,9	6,8	6,8
									9	50,5	$\frac{635,7}{1,26}$	89	3714,4	$\frac{38\ 516,7}{1,04}$	11,3	2,5	3,5
						3	61,6	$\frac{1902,3}{3,1}$	5	312,0	$\frac{764,7}{0,25}$	78	2521,9	$\frac{19\ 439,5}{0,77}$	9,9	1,7	1,8
												22	853,9	$\frac{5648,7}{0,66}$	2,8	0,6	0,5
						3	61,6	$\frac{1902,3}{3,1}$	16	599,15	$\frac{3921,0}{0,65}$	251	19 835,15	$\frac{17\ 7166,5}{0,89}$	31,8	13,2	16,1
												58	5003,8	$\frac{11\ 3561,3}{2,27}$	7,3	3,3	10,3
												22	8352,7	$\frac{73\ 729,9}{0,88}$	2,7	5,5	6,7
4	564,3	$\frac{3693,0}{0,65}$	1	371,6	$\frac{5500,0}{1,48}$	1	69,2	$\frac{900,0}{1,3}$				59	20 463,6	$\frac{84\ 821,5}{0,41}$	7,6	13,6	7,7
4	564,3	$\frac{3693,0}{0,65}$	1	371,6	$\frac{5500,0}{1,48}$	1	69,2	$\frac{900,0}{1,3}$				139	33 820,1	$\frac{272\ 112,7}{0,80}$	17,6	22,4	24,7
												31	3743,9	$\frac{18\ 055,9}{0,48}$	3,9	2,5	1,7
4	564,3	$\frac{3693,0}{0,65}$	1	371,6	$\frac{5500,0}{1,48}$	9	962,4	$\frac{15\ 779,1}{1,64}$	40	1262,55	$\frac{12\ 346,0}{0,92}$	792	150 949,3	$\frac{1\ 101\ 560,6}{0,73}$			
0,5	0,4	0,3	0,1	0,2	0,5	1,1	0,6	1,4	5,1	0,8	1,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Они также известны на Балтийском щите (Печенгская, Мончегорская, Аллареченская группы в России, Портимо, Коталаhti и др. в Финляндии), Канадском щите (Войсис-Бэй, Рэглиан, рудные районы Порт-Артур, Кенора, провинции Юкон, Седбери в Канаде), а также в Австралии (район Калгурли-Камбалда, Маунт-Китс), ЮАР (Бушвелд) и в фундаменте Китайско-Корейской платформы (Джинчуан). Как и на архейском уровне, медно-никелевые месторождения раннего протерозоя характеризуются невысокими содержаниями меди.

К этому времени относится образование первых в истории Земли *медистых песчаников*. Они представлены единственным на этом возрастном уровне уникальным Удоканским месторождением, локализованным в протоплатформенном чехле (удоканская серия) Алданского щита на Сибирской платформе.

Таким же уникальным объектом как раннего протерозоя, так и всей геологической истории является месторождение *самородной меди* района оз. Верхнее (Каломет-Хекла) на Канадском щите (штат Мичиган, США) [24].

Ранний протерозой – единственная эпоха формирования в фундаменте Африканской платформы промышленных *карбонатитовых* месторождений медных руд, не встречающихся на других стратиграфических уровнях: всемирно известная Палабора (ЮАР), а также объекты рудного поля Акджужт (Гельб-Могрейн, Табринкут, Леглейтат-эль-Кхадер) в Мавритании.

Ванадий-железо-медный ГПТ на раннепротерозойском уровне представлен Чинейским месторождением (Сибирская платформа), приуроченным к одноименному расслоенному массиву габроноритов-анортозитов, прорывающему отложения удоканской серии с медистыми песчаниками.

Наиболее значительным ареалом раннепротерозойских *жильных* объектов с медными рудами является Индостанский щит. Там расположено несколько кварцевых и турмалин-кварцевых месторождений (Ракха, Мозабани), наиболее значимое из них Маланджханд. Для всех жильных месторождений характерно высокое содержание меди, постоянно превышающее 1,5–2%.

Общая меденосность *среднего и позднего протерозоя* значительно превышает ранний протерозой (187,3 млн т, или 17% мировых запасов меди против 84,8 млн т, или 7,7% запасов), хотя несколько уступает по количеству ГПТ (5 против 7).

Весомый вклад в меденосность этого времени вносят объекты *колчеданного* ГПТ. Они сформированы в подвижных байкалидах, развитых в обрамлениях древних платформ либо в троговидных структурах внутри платформ (эпикратонные геосинклинали, по Г. В. Ручкину). В силу этого рудовмещающие структуры среднего-позднего протерозоя образованы на континентальной коре, потому колчеданные месторождения принадлежат в своем большинстве к куроко или филизчайскому типам, а следовательно, имеют преимущественно свинцово-цинковый состав при подчиненной роли меди. К таким объектам относятся на уровне среднего протерозоя – Брокен-Хилл, Маунт-Айза, Леди Лоретта и др. (Австралия), Салливан, Кутеней-Кинг (Канадские Кордильеры); на уровне позднего протерозоя – Холоднинское, Горевское в байкалидах обрамления Сибирской платформы (Россия), Те-

кели (Джунгария, Казахстан), Приска (Южная Африка), Нукра (Саудовская Аравия) и др.

Важную роль в минерально-сырьевой базе меди среднего-позднего протерозоя играют месторождения *медистых песчаников и сланцев*. В них сосредоточено около 141 млн т меди, или почти 65% общего количества меди в месторождениях этого ГПТ. В отложениях среднего протерозоя известно одно крупное месторождение Олимпик-Дам (Австралия), весьма крупное также по запасам урана и золота. Наиболее обширным ареалом медистых песчаников и сланцев позднего протерозоя является Центрально-Африканская провинция (Замбия, Заир), в которой расположено не менее 40 месторождений, каждое обладает крупными запасами меди (Муфулира, Роан-Антелоп, Нчанга, Чибулумба, Банкрофт и мн. др.). Помимо меди, в них содержатся значительные количества урана, кобальта, золота, серебра. Кроме Центральной Африки, медистые песчаники позднего протерозоя известны в чехле Северо-Американской платформы (месторождения Уайт-Пайн, Спар-Лейк), а также Айнак в Афганистане. Последнее расположено в вендской части разреза платформенного чехла Кабульского срединного массива среди обрамляющих его складчатых образований Средиземноморского пояса.

В среднем-позднем протерозое продолжалось формирование *медно-никелевых* месторождений. Основные ареалы – Канадский и Африканский щиты. В первом образованы месторождения Дулут, Миннамекс, Баббит-Лейк, Или-Спрус (США), во втором – Пикве, Селеби, Селкерк (Ботсвана). Руды их характеризуются невысокими в целом содержаниями меди, хотя и несколько большими, чем раннепротерозойские объекты. В дальнейшем, вплоть до конца палеозоя – начала мезозоя, медно-никелевое оруденение в геологической истории Земли не формировалось.

Завершилось формирование *ванадий-железо-медных* месторождений, не известных в более позднее время. Они представлены в самых различных регионах Земли – Волковское месторождение на Среднем Урале (Россия), Карайба (Бразильский щит, Бразилия), Мессина, О'Окип (южная часть Африканского щита, ЮАР).

К этому же времени относится и формирование первого (и вероятно, единственного из учтенных) меднопорфирового месторождения Лекын-Тальбей на Полярном Урале. Оно расположено в подвижных (островодужного типа) байкалидах в сопряженной с Уралом северо-восточной части Восточно-Европейской платформы.

Подытожим основные черты меденосности допалеозоя – 26,3% запасов меди, сформированной за всю геологическую историю Земли. В это количество входят 28,5% меди в колчеданных месторождениях, 59,3% меди в медно-никелевых, 74% меди в месторождениях медистых песчаников и сланцев, вся медь месторождений карбонатитового, ванадий-железо-медного и самородного ГПТ и только 5,7% меди жильных месторождений. Появились первые месторождения меднопорфирового типа.

Фанерозой. Меденосность фанерозоя значительно превышает допалеозой по общему количеству накопленной меди. На это время приходится 78,5% учтенных объектов, содержащих 75,1% за-

пасов руды и 73,7% запасов меди, образованных в месторождениях шести ГПТ, в том числе 71,5% меди колчеданных месторождений, почти вся медь меднопорфировых, жильных и скарновых, а также 40,7% меди медно-никелевых и только 26% медистых песчаников и сланцев.

Меденосность *кембрия* не отличается качественным и количественным многообразием, представлены объекты трех ГПТ – колчеданного, медистых песчаников и сланцев, меднопорфирового.

Своеобразие кембрийского *колчеданообразования* обусловлено, вероятно, существовавшим геократическим режимом и широким развитием областей с континентальной корой. Это определило преимущественное развитие колчеданно-полиметаллических (маломедистых, существенно свинцово-цинковых) месторождений типов куроко (Салаирское рудное поле, Кызыл-Таш, Кызыл-Таштыг в Южной Сибири; Лешул-Урсул, Бэлан в Карпатах Румынии; Маунт-Лайель, Ред-Розбери и др. на Тасмании) и филизчайского (Ангуаран, Кушк в Иране; Макинтош на Тасмании; Байдерланд в ФРГ), а также отсутствие колчеданных месторождений уральского и кипрского типов с существенно медными и медно-цинковыми рудами [4].

Медистые песчаники и сланцы известны в чехлах Афро-Аравийской и Австралийской платформ, где они не образуют значительных скоплений. В первом случае это месторождения Тимна (Израиль), Вади-эль-Араби, Ум-Богма (Иордания), во втором – Капунда, Гансон (Австралия).

Единственным известным *меднопорфировым* объектом этого времени является Бошекульское (Бозшакольское) месторождение (Северо-Восточный Казахстан).

Рудоносность поздних каледонид (*ордовик – силур – ранний девон*) значительно превышает кембрийскую эпоху как по количеству объектов, так и по количеству руды и меди. Ведущую роль в меденосности поздних каледонид играет *колчеданный* ГПТ, на долю которого приходится 67 из 78 учтенных объектов, содержащих 50,6% запасов руды и 65% запасов меди.

Основной колчеданосной структурой является каледонский Уральско-Скандинавско-Аппалачский глобальный металлогенический пояс, сформировавшийся на обрамлениях Восточно-Европейской и Северо-Американско-Гренландской платформ. Почти 85% из учтенных колчеданных объектов относится именно к этому поясу. В мезозое этот пояс был разорван в процессе образования Атлантического океана.

Уральская часть этого глобального металлогенического пояса состоит из трех крупных сегментов – Тагильского, Сакмарского и западной части Западно-Магнитогорского (с Присакмарской, Баймак-Бурибаевской и Ирландской зонами). Объекты Тагильского (Тарньерско-Шемурский, Тагило-Красноуральский, Левихинский рудные районы) и Сакмарского (Медногорский рудный район) сегментов имеют позднеордовикско-раннесилурийский возраст, содержат медно-цинковые руды и относятся к уральскому типу. В Присакмарской зоне к раннепалеозойским офиолитам приурочены мелкие месторождения (Ишкининское, Ивановское, Дергамышское, Маукское и др.) кипрского типа с медно-серными рудами, содержащими повышенные количества никеля, кобальта, иногда металлов

платиновой группы. Месторождения Баймак-Бурибаевской зоны принадлежат к уральскому (Бурибай, Юбилейное) и куроко (Баймакский рудный район) типам. Единственное в уральских каледонидах месторождение филизчайского типа (Нижне-Талотинское) расположено в Полярно-Уральской области Тагильского сегмента.

В Скандинавско-Британских каледонидах соотношение объектов типов уральского и куроко примерно одинаково. К уральскому типу относятся месторождения Леккен, Сулихельма, Тверрфеллет, Йома, Скурувас (Норвегия), к типу куроко – Стеккенбок, Рикарбеккен, Анкарватнет (Швеция), Авока (Ирландия), Парис-Маунтин (Уэльс, Англия). Филизчайский тип в этом регионе представлен месторождениями Муфель, Блейквасли (Норвегия), а также Ситронен-Фиорд (Северная Гренландия).

В каледонидах Аппалачей преобладают месторождения типов куроко (рудные районы Баченс, Батерс-Ньюкасл) и кипрского (Литл-Бей, Тилт-Ков, Беттс-Ков и др.). Резко подчиненное значение имеют мелкие месторождения уральского типа (Галбридж, Пиллиз-Айланд). Именно в этих металлогенических особенностях проявляются принципиальные различия между геологическим строением Аппалачей и Урала.

За пределами Уральско-Скандинавско-Аппалачского пояса каледонские колчеданные месторождения типа куроко известны в Акбастау-Кушмурунском и Майкаинском рудных районах в Центральном Казахстане, Восточной Австралии (Кэптейнс-Флэт, Вудлон), филизчайского типа – Боудвин (Бирма), Говард-Пасс (территория Юкон, Канада), Элура (Восточная Австралия).

Из позднекаледонских объектов других ГПТ следует отметить *меднопорфировые* месторождения. К их числу относится Гуамбла (Восточная Австралия), следующее за колчеданными месторождениями. К этому же типу относятся Томинское и Биргильдинское месторождения на Южном Урале, локализованные в Биргильдинско-Поляновской зоне, наложенной на Челябинско-Суундукский срединный массив.

Медно-скарновые (а по существу медьсодержащие скарново-магнетитовые) месторождения Среднего Урала (Высокогорское, Северо-Гороблагодатское, Меднорудяное и др.) приурочены к габбро-сиенит-трахибазальт-трахитовой интрузивно-вулканической ассоциации, отражающей квазиплатформенный этап развития Тагильского палеовулканического пояса.

Наиболее известны и значимы *жильные* месторождения поздних каледонид Чатыркульское и Жайсанское (Кендыктасский антиклинорий, Южный Казахстан), приуроченные к области контакта гранитоидов курдайского и чатыркульского комплексов.

Принципиально близкая ситуация реализована в *среднем-начале позднего девона*. Из 89 учтенных меднорудных объектов 77 (86,5%) приходится на *колчеданные* месторождения (71,6% запасов руды и 85,3% запасов меди).

Среднедевонское колчеданообразование охватило обширные пространства Евразии – от восточного побережья Атлантического океана до Рудного Алтая. Оно проявилось также в Кордильерах и Австралии. Однако основные провинции, ответственные за столь интенсивное рудонакопление, – Урал

и Рудный Алтай. Именно среднедевонские месторождения Урала стали генотипом для выделения соответствующего рудно-формационного типа колчеданных объектов. В этом регионе большинство колчеданных месторождений уральского типа. Они расположены в восточных зонах Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса (Гайское, Подольское, Сибайское, Учалинское, Дегтярское, Карабашской и Верхнеуральской групп, Лиманное и др.), в южной части Восточно-Магнитогорского пояса (Весенне-Аралчинское, Летнее, Осеннее, Зимнее, Приорское и др.), в Каменском поясе (Сафьяновское, Касаргинское, Султановское). Помимо Урала, месторождения этого типа и возраста распространены на Северном Кавказе (Уруп, Худес и др.), в Кордильерах (район Вест-Шасты) и Австралии (Маунт-Морган).

Колчеданные месторождения Рудного Алтая относятся к типу куроко (рядом исследователей выделяется рудноалтайский формационный тип месторождений, в который включены объекты области Куроко). В других регионах к этому типу принадлежат колчеданно-полиметаллические месторождения Центральной и Западной Европы – Боденек, Порт-о-Муан (Центральный массив во Франции), рудный район Есеник (Богемский массив в Чехии), а также небольшие объекты северной части Восточно-Магнитогорского палеовулканического пояса на Южном Урале (Александринское, Джусинское, Барсучий лог и др.).

Среднедевонские объекты филизчайского типа представляются месторождениями Мегген и Раммельсберг (ФРГ), Амурским (Южный Урал), Том и Джасон (территория Юкон, Канада).

Резко подчиненное значение на данном возрастном уровне имеют месторождения других ГПТ. К ним относятся *медно-скарновые*, главным образом среднеуральские (Гумшевское, Туринская группа) месторождения, а также *меднопорфировые* объекты (Ак-Суг в Тыве, Салаватское, Вознесенское, Биргильдинское на Южном Урале).

Рудоносность *каменноугольного* времени характеризуется определенной дифференцированностью. Преобладают *колчеданные* месторождения (55,3% объектов). Главной колчеданоносной структурой является Средиземноморский пояс, в котором формировались колчеданно-полиметаллические месторождения типа куроко Иберийского пиритного пояса, Северной Африки, Южного Тянь-Шаня. В то же время по общим запасам руды (64,5%) и меди (41,0%) на этом стратиграфическом уровне лидируют *меднопорфировые* месторождения Казахстанско-Среднеазиатского сегмента Урало-Монгольского пояса. В Балхашско-Илийском интрузивно-вулканическом поясе, наложенном на стабилизированные структуры Джунгаро-Балхашской геосинклинальной области, локализованы раннекаменноугольные месторождения Коунрад, Актогай, Айдарлы (Центральный Казахстан). В принципиально сходной обстановке находятся месторождения Кураминской зоны Узбекистана (Кальмакыр, Дальнее, Сары-Чеку) позднекаменноугольного возраста. К ним также относятся месторождения Южно-Гобийского интрузивно-вулканического пояса (Цаган-Субурга, Хармагтай, Сурвен-Сухайт), наложенного на стабилизированные структуры Южно-Монгольской герцинской геосинклинальной системы, имеющей определенные черты сходства с соответствующими комплексами

Урала. Раннекаменноугольный (?) возраст имеют также некоторые меднопорфировые месторождения Урала (Томинское, Михеевское).

Важное металлогеническое событие каменноугольного времени – образование значительных скоплений *медистых песчаников* Центрального Казахстана, реализованных в месторождениях Джекказган, Северной группы (Западная и Восточная Сары-Оба, Джаргас, Итауз, Кипшакпай, Карышмак), Жаманайбатском. На этом уровне сосредоточено около 14% запасов руды и 28% запасов меди, образованных в раннем карбоне. Геологическое строение и условия размещения оруденения на этих объектах подробно охарактеризованы Л. Ф. Наркелюном с соавторами [15].

Небольшое значение имеют *скарновые* месторождения (всего 2,2% запасов руды и 3,4% запасов меди каменноугольного возраста). К их числу относятся месторождения Саякской группы в Центральном Казахстане и Курутегерек в Киргизии, имеющие средне-позднекаменноугольный возраст и обусловленные, вероятнее всего, орогенно-активизационным магматизмом.

Своеобразие меденосности *перми* заключается в следующем. С одной стороны, произошло резкое сокращение палеозойского *колчеданообразования*, преимущественно в западной части Тихоокеанского пояса, в мелких месторождениях кипрского типа (Бесси, Садзаре, Сиратаки и др.) палеозойской геосинклинали Японии, руды которых существенно медные, низкоцинковистые, но с повышенными содержаниями никеля и кобальта. С другой стороны, были сформированы крупные скопления *медистых песчаников* Центрально-Европейской меденосной области (Любин, Рудна, Серошовице-Польковице в Польше, Мансфельд в Германии). Они есть и в Предуралье, где представлены большим количеством рудопроявлений и мелких месторождений, наиболее известное из них Каргалинское.

Сокращение колчеданообразования и крупные скопления медистых песчаников отражают в целом геократические тенденции, существовавшие на территории Лавразийской суперплатформы. На южном обрамлении этой суперплатформы, в условиях стабилизационного развития Урало-Монгольского пояса, формировались *меднопорфировые* месторождения. Наиболее представительный объект – месторождение Эрдэнэт (Эрдэнтэйин-Овоо) в структурах Северо-Монгольской складчатой системы, где Орхон-Селенгинский интрузивно-вулканический пояс наложен на фланги Джидинской и Северо-Хэнтэйской раннекаледонских геосинклинальных зон, переживших орогенный этап развития.

Продолжавшиеся в *триасе* геократические тенденции нашли отражение в формировании крупных скоплений богатых *медно-никелевых* руд (Норильский район). Рудоносны дифференцированные мафит-ультрамафитовые интрузии, обусловленные трапповым магматизмом Сибирской платформы. При всего лишь 6,6% запасов руды в этом районе сосредоточено 40,7% мировых запасов меди медно-никелевых месторождений. Причем это количество почти на порядок превышает общие запасы меди в триасовых объектах других ГПТ.

Колчеданообразование триаса проявилось в Средиземноморском и Кордильерском геосинклинальных поясах. В Средиземноморском поясе колчедан-

ные месторождения известны в Динаридах Боснии и Герцеговины и в Черногории. Это преимущественно мелкие объекты свинцово-цинковых руд флилизчайского типа (Веовача, Брсково, Шупля-Тиена), залегающие в толще кремнистых сланцев, песчаников с прослоями туфов, доломитов, известняков и потоками спилитов. В офиолитовом комплексе Мирдита Внутренних Албанид известны небольшие месторождения (Гегяни, Спач, Рехове в Албании) кипрского типа. В Кордильерах колчеданное оруденение находится в объектах уральского и куроко типов. К первым относятся месторождения с крупными и средними запасами медных руд (Крейджмонт, Грандук, Уинди-Краги, Британская Колумбия, Канада; Сумдум, Тримен, Руа-Ков и др., Аляска, США); ко вторым – мелкие колчеданно-полиметаллические месторождения Тулсеква-Чиф, Биг-Булл (Британская Колумбия, Канада), Афтерсот (район Вест-Шасты, США).

Из других меднорудных объектов триаса, не влияющих на его продуктивность, следует упомянуть *меднопорфировые* месторождения Копер-Маунтин (Гренсби) в западной части Канады и Фу-Хин-Лек-Фай (Таиланд). Месторождений *медистых песчаников* и *сланцев* также немного – это Насимьенто и Борнит (Аляска).

Медное оруденение *юрского* периода нашло место в Тихоокеанском, Средиземноморском и Карибском подвижных поясах. Ведущим ГПТ является *меднопорфировый*. Именно с юрского времени началось «триумфальное шествие» меднопорфирового оруденения в истории Земли. Оно представлено большим количеством крупных месторождений Кордильер (западная часть Британской Колумбии, Канада): Афтон, Бренда, Лоррэйи, Айленд-Коппер, Бетелхем, Вэлли Копер и др.

Колчеданное оруденение географически шире меднопорфирового. В Кордильерском поясе наиболее значительны месторождения Британия и Хиддн-Крик (Канада) уральского типа; тип куроко представлен мелкими месторождениями Блю-Мун, Пени (США). В Карибском поясе (преимущественно на Кубе) большинство месторождений (Санта-Люсия, Инфьерно 1, Матаамбре, Хукаро-Буэна-Виста) приурочено к флишоидным толщам флилизчайского типа. К аналогичным по составу отложениям приурочены колчеданные месторождения Средиземноморского пояса в зоне юрских сланцев Большого Кавказа (Филизчай, Кацдаг, Катех). Из других объектов юрского возраста могут быть отмечены месторождения Малого Кавказа (Шамлуг, Ахтала, Алаверды, и др.) типа куроко, а также небольшое месторождение Кюре (Западные Понтиды, Северная Турция), вероятно, уральского типа.

Определенное значение в меднорудном потенциале юры имеют *скарновые* месторождения. Наиболее значимы Быстринское в Забайкалье и Бисби (Аризона, США). Для первого из них предполагается связь с дейтероорогенным (активизационным) магматизмом байкалит Байкальской горной области. Второе локализовано в киммеридах, где широко проявлено меднопорфировое оруденение. Видимо, поэтому некоторые исследователи допускают сопряженность месторождения Бисби с меднопорфировой системой.

Из месторождений других ГПТ юрского возраста следует отметить в Малокавказском сегменте Средиземноморского пояса *жильное* месторождение

Кафан, синхронное упомянутым колчеданно-полиметаллическим объектам. На юге Африканской платформы (ЮАР) находится мелкое *медно-никелевое* месторождение Инсизва, вероятно, самое молодое из объектов этого ГПТ.

Вся рудоносность *мелового* периода сопряжена с Тихоокеанским и Средиземноморским поясами. В это время, как и в юрское, резко доминируют *меднопорфировые* объекты.

В Тихоокеанском поясе меловые меднопорфировые объекты относятся к структурам западного побережья Северной и Южной Америки, а также Северо-Востока континентальной Азии. В первом случае – это месторождения Багдад, Коппер-Крик, Минерал Парк, Йерингтон, Каламазу (США), Окс Лейк (Канада), Эль Арко (Мексика), Кампана-Маунда (Аргентина), Антиохия (Колумбия) Андаколло (Чили) и др., во втором – Песчанка, приуроченное к Охотско-Чукотскому вулкано-интрузивному поясу.

В Балканско-Карпатском сегменте Средиземноморского пояса эти месторождения располагаются в Среднегорской (Тимокской) зоне, представляющей собой вторичную геосинклиналь, наложенную на Сербо-Македонский срединный массив. Меднопорфировые месторождения (Бор, Майданпек, Велики Кривель в Сербии, Медет, Асарел в Болгарии) синхронны тесно ассоциирующим с ними колчеданным объектам. В Болгарии это Радка и Елшица, в Сербии те же Бор и Майданпек с колчеданными рудами. Северным продолжением в Карпаты Среднегорской зоны является пояс (зона) Апусени (Румыния) с молибден-меднопорфировым месторождением Дева в неогене, хотя имеются указания на то, что оно также может быть мелового возраста.

Колчеданообразование мелового возраста также сопряжено со Средиземноморским поясом. В размещении рудоносных структур и месторождений этого времени проявлена своеобразная зональность.

Самая южная из колчеданноносных зон представлена офиолитовым массивом Троодас на Кипре с мелкими месторождениями преимущественно медных руд с повышенными содержаниями никеля и кобальта (Мавровуни, Мавридия, Скуриотиса, Агрокипия и др.). Восточное продолжение массива Троодас – офиолитовая зона Южного Тавра (Турция), обрамляющая с севера Афро-Аравийскую платформу. В офиолитах Южного Тавра размещены колчеданные месторождения кипрского типа Эргани-Маден, Вайса, Сиирт-Маденкой. Севернее Южного Тавра расположена Центрально-Анатолийская зона, образованная серией мезозойских офиолитовых швов, разделяющих Мизийско-Галатский, Мендересский, Кыршехинский и др. срединные массивы. Последние в меловое время были объединены на востоке с Закавказским, а на западе с Родопским и Сербо-Македонским срединными массивами. Закавказский срединный массив служил фундаментом для формирования вторичной геосинклинали Малого Кавказа с колчеданными месторождениями Маднеули, Дамблудским и др. (Грузия). В западном направлении эта геосинклиналь переходит в зону Восточных Понтид (Турция) с колчеданными месторождениями Мургул-Анаятак, Акаршен, Хершит-Кепрюбаши, Ашикей и др., и далее – в Среднегорскую зону с месторождениями типа куроко Радка и Елшица (Болгария) и Тимокскую зону с месторождением

Бор (Сербия), где ассоциируют с меднопорфировыми объектами. Во флишодных прогибах южных склонов Родопского и Сербо-Македонского срединных массивов расположены колчеданно-полиметаллические месторождения филизчайского типа (Мадем-Лакос, Олимпиас, Северная Греция).

Наиболее значимый ареал *медно-скарновых* месторождений мела – пояс Уайтхорс (юго-западная часть провинции Юкон, Канада). Эти месторождения (Вар-Игл, Литтл-Чиф, Арктик-Чиф и др.) так или иначе соседствуют с меднопорфировыми, однако не ясно, являются ли они элементом порфировой системы или вполне самостоятельны. Единственное учтенное месторождение *медистых песчаников* мелового возраста – Себорук (Венесуэла).

В рудообразовании *палеогена и неогена* ведущая роль принадлежит *меднопорфировому* ГПТ, наиболее рудонасыщен Тихоокеанский пояс. Все северо- и южноамериканские объекты, к которым относятся такие крупные и сверхкрупные месторождения, как Маунт Хансен и др. (Канада), Ла Каридад, Кананеа и др. (Мексика), Серро-Колорадо (Панама), Бингэм, Санта Рита и др. (США), Эль Пачон (Аргентина), Куахоне, Токепала, и др. (Перу), Чукикамата, Эль Абра, Эль Теньенте (Браден) и др. (Чили), размещены в диапазоне от палеоцена до плиоцена включительно. В островных дугах западной части Тихого океана и в Океании по существу тот же возраст имеют месторождения Пангуна, Ок-Теди, Яндера в Папуа – Новой Гвинее, Атлас и др. (Филиппины), Кабанг Кири Ист, Тападаа, Сунгай Мак, Каюбулан и др. (Индонезия), Нэмоси (Фиджи).

Другой глобальной металлогенической структурой с меднопорфировым оруденением палеогена и неогена является Средиземноморский пояс. Во Внутренне-Карпатской вулканической зоне расположено месторождение Речк (Венгрия), приуроченное к штокообразным субвулканическим андезитам эоцена. Наряду с молибден-меднопорфировыми рудами здесь присутствуют «колчеданоподобные» магнетит-пиритовые, халькопирит-пиритовые, халькопирит-сфалеритовые, а также полиметаллические руды, в том числе сплошные. Они расположены в «скарновой» зоне на контакте тел андезитов с вмещающими среднетриасовыми известняками [12]. В Малокавказском сегменте Средиземноморского пояса палеогеновые месторождения (Каджаран, Агарак, Анкаван и др. в Армении) размещаются в пределах Мисхано-Зангезурского срединного массива, активизированного в эоцене – олигоцене с формированием сложной вулкано-плутонической ассоциации. Вулканические ее составляющие – андезидациты, дациты, риолиты, а плутонические – полифазный Мегринский (Мегри-Ордубадский) плутон, сложенный габбродиоритами, монзонитами, сиенитами, граносиенитами, гранитами, а также их порфировидными разновидностями. Большинство месторождений размещается в пределах этого плутона. В Ирано-Пакистанском сегменте Средиземноморского пояса ранне-неогеновые месторождения (Сар-Чешме, Чахар-Гонбад, Мейдук в Иране, Саиндак в Пакистане) приурочены к протяженному кайнозойскому интрузивно-вулканическому поясу Урмия-Дохтур, наложенному на южные фланги Центрально-Иранского (Ирано-Афганского) срединного массива. Этот пояс сложен континентальными ан-

дезит-дацит-риолитовыми сериями и массивами гранодиоритов и их порфировидных разновидностей.

Колчеданность палеогена и неогена значительно сокращена по сравнению с предшествующим временем. Она наиболее масштабно проявлена также в Тихоокеанском и Средиземноморском поясах. Так, на Филиппинах в связи с субмаринными базальтоидными комплексами палеогена образованы мелкие существенно медные колчеданные месторождения уральского типа (Барло, Багакай, Хиксбар), предшествующие меднопорфировым. Другой ареал с колчеданными рудами палеогена – Севано-Курдистанская зона Малого Кавказа с Тандзутским месторождением, относящимся к типу куроко. Самым значительным сосредоточением руд неогена является миоценовая область «зеленых туфов» в Японии со знаменитыми ме-



Рис. 3. Размещение геолого-промышленных типов месторождений меди в стратиграфическом разрезе Земли

Геолого-промышленные типы: 1 – колчеданный; 2 – меднопорфировый; 3 – медистых песчаников и сланцев; 4 – медно-никелевый; 5 – ванадий-железо-медный; 6 – карбонатитовый; 7 – самородной меди; 8 – медно-скарновый; 9 – жильный

Меденосность стратиграфических уровней

Возраст	Запасы данного возрастного уровня, руда, млн т медь, тыс. т	Колчеданный	Медистых песчаников и сланцев	Меднопорфировый	Медноникелевый	Ванадий-железо-медный	Карбонатитовый	Самородной меди	Жильный	Скарновый	Итого
Q	$\frac{142,7}{3363,5}$	$\frac{100}{100}$									$\frac{100}{100}$
N	$\frac{28\,969,5}{199\,354,6}$	$\frac{0,4}{0,9}$		$\frac{98,8}{97,3}$					$\frac{0,3}{0,7}$	$\frac{0,5}{1,1}$	$\frac{100}{100}$
P	$\frac{47\,769,2}{292\,178,1}$	$\frac{0,1}{0,35}$	$\frac{<0,1}{0,1}$	$\frac{98,1}{95,1}$					$\frac{1,5}{3,75}$	$\frac{0,2}{0,7}$	$\frac{100}{100}$
K	$\frac{10\,356,9}{62\,764,3}$	$\frac{1,9}{8,1}$	+	$\frac{97,9}{91,5}$						$\frac{0,2}{0,4}$	$\frac{100}{100}$
J	$\frac{4331,1}{24\,872,9}$	$\frac{5,9}{11,7}$		$\frac{84,3}{70,0}$	+				$\frac{0,7}{2,2}$	$\frac{9,1}{16,1}$	$\frac{100}{100}$
T	$\frac{1980,7}{51\,692,1}$	$\frac{10,1}{6,2}$	$\frac{1,2}{1,4}$	$\frac{5,7}{2,0}$	$\frac{83,0}{90,4}$						$\frac{100}{100}$
P	$\frac{2418,0}{38\,674,7}$	$\frac{1,9}{2,0}$	$\frac{70,1}{85,6}$	$\frac{28,0}{12,4}$							$\frac{100}{100}$
C	$\frac{10\,326,95}{74\,886,9}$	$\frac{19,6}{27,6}$	$\frac{13,6}{28,0}$	$\frac{64,5}{41,0}$						$\frac{2,3}{3,4}$	$\frac{100}{100}$
D	$\frac{3714,4}{38\,516,7}$	$\frac{71,6}{85,3}$		$\frac{27,1}{13,0}$						$\frac{1,3}{1,7}$	$\frac{100}{100}$
D ₁	$\frac{2521,9}{19\,439,5}$	$\frac{50,8}{65,5}$		$\frac{34,4}{20,8}$					$\frac{2,4}{9,8}$	$\frac{12,4}{3,9}$	$\frac{100}{100}$
S											
O											
C	$\frac{853,9}{5648,7}$	$\frac{43,1}{39,6}$	$\frac{10,0}{22,5}$	$\frac{46,9}{37,9}$							$\frac{100}{100}$
PR ₃	$\frac{5000,8}{113\,561,3}$	$\frac{18,6}{4,1}$	$\frac{81,4}{95,9}$								$\frac{100}{100}$
PR ₂	$\frac{8352,9}{73\,729,9}$	$\frac{10,4}{9,4}$	$\frac{23,9}{43,4}$	$\frac{0,6}{0,3}$	$\frac{55,3}{39,5}$	$\frac{9,8}{7,4}$					$\frac{100}{100}$
PR ₁	$\frac{20\,463,6}{84\,821,5}$	$\frac{3,6}{11,0}$	$\frac{6,7}{23,5}$		$\frac{77,5}{40,7}$	$\frac{7,3}{12,9}$	$\frac{2,8}{4,3}$	$\frac{1,8}{6,5}$	$\frac{0,3}{1,1}$		$\frac{100}{100}$
AR	$\frac{3743,9}{18\,055,9}$	$\frac{21,3}{76,1}$			$\frac{78,7}{23,9}$						$\frac{100}{100}$

Примечание. Доля (%) каждого ГПТ в запасах данного возрастного уровня (числитель – запасы руды, знаменатель – запасы меди); «+» – наличие запасов в весьма ограниченных количествах

сторожениями Куроко, связанными с подводным кислым вулканизмом. Месторождения подобного типа известны и в других областях Тихоокеанского пояса, в частности на островах Фиджи (Унду, Ваникора и др.), а также в Перуанских Андах (Серроде-Паско, Касапалка). В Средиземноморском поясе неогеновую колчеданосность представляет рудный район Банска-Штявница в Западных Карпатах (Центральная Словакия).

Тихоокеанский пояс служит также основным продуцентом для месторождений *жильного* и *скарнового* ГПТ палеогена и неогена. Объекты обоих типов занимают сходные геолого-структурные позиции. Они расположены в поясах тех же вулканогенно-интрузивных ассоциаций, которые обеспечивали формирование меднопорфировых месторождений соответствующего возраста. К числу жильных объектов палеогенового уровня относятся уникальное месторождение Бьютт (Монтана), Магма (Аризона) и Бэйярд (Нью-Мексико) в США [17, 21, 25], а на неогеновом уровне – Эль-Росарион (Чили). К скарновым месторождениям меди палеогена

относятся Тинтая, Кобриса (Перу), Вашингтон-Кэмп (Аризона, США), Росита (Гондурас), Сан-Педро (Нью-Мексико, США), Консепсьон-Оро (Мексика), а неогена – Антамина (Перу), Эртсберг (Индонезия) и некоторые другие. Названные месторождения имеют тесную пространственно-временную ассоциацию с меднопорфировыми, хотя их генетические связи недостаточно выяснены.

В Тихоокеанском поясе располагается наиболее молодое из известных месторождение *медистых песчаников* Корокоро (Боливия). Оно находится в пределах грабена Альтиплано, обрамленного с запада и востока горными сооружениями Центральных Анд, в том числе с медно- и молибден-меднопорфировыми месторождениями палеоген-неогенового возраста. Рудовмещающими породами Корокоро является континентальная красноцветная моласса, в том числе аркозовые песчаники. Эти отложения Л. Б. Густафсон и Н. Уильямс [3] рассматривают как образования интракратонного бассейна.

Таблица 6

Распределение мировых разведанных запасов меди по ГПТ по времени их формирования (%)

ГПТ	Докембрий	Палеозой	Мезозой	Кайнозой	Всего
Меднопорфировый	0,1	4,2	6,9	42,8	54,0
Медистых песчаников и сланцев	14,6	5,1	0,1	—	19,8
Колчеданный	3,1	6,3	1,0	0,6	11,0
Медно-никелевый	6,2	—	4,2	—	10,4
Ванадий-железо-медный	1,5	—	—	—	1,5
Жильный	0,1	0,2	—	1,1	1,4
Скарновый	—	0,3	0,4	0,4	1,1
Самородной меди	0,5	—	—	—	0,5
Карбонатитовый	0,3	—	—	—	0,3
Всего	26,4	16,1	12,6	44,9	100,0

Скопления глубоководных сульфидов четвертичного времени, отождествляемые с древними колчеданными рудами, приурочены к различным структурам Мирового океана. Потенциальные ресурсы этих руд оцениваются в 1,4 млрд т [16], которые, видимо, следует рассматривать в качестве металлогенического потенциала или по крайней мере прогнозных ресурсов кат. Р₃. В то же время число рудных объектов, количественная оценка которых может быть сопоставима с запасами разведанных месторождений, весьма ограничено. Вероятно, наиболее достоверны рудные залежи впадины Атлантис-2 Красного моря, гидротермального поля ТАГ в Атлантическом океане, осевой части рифта Галапагосского хребта в Тихом океане и впадины Гуаймас в Калифорнийском заливе. По условиям размещения, минеральному и химическому составу руд, соотношениям в них меди, цинка, свинца с определенной долей условности первый объект может быть отнесен к уральскому типу, два вторых к кипрскому, последний к филизчайскому.

Месторождения медных руд различных ГПТ формировались в течение всей геологической истории Земли (рис. 3, табл. 5). На каждом возрастном уровне преобладают объекты одного, максимум двух ГПТ, тогда как другие имеют подчиненное значение. Исключение — ранний протерозой, на уровне которого представлены объекты семи из девяти ГПТ (кроме меднопорфирового и скарнового).

Отдельные ГПТ имеют «сквозное» развитие. Наибольшее — у объектов колчеданного ГПТ (семейства) в возрасте от позднего архея по четвертичное время.

Второе место по «сквозности» принадлежит месторождениям меднопорфирового ГПТ (семейства). Первые объекты появились в конце среднего — начале позднего протерозоя, в относительно небольшом количестве в палеозое, достигнув максимального развития в среднем-позднем мезозое, палеогене и неогене.

Только один-два раза появляются в геологической истории Земли ГПТ самородной меди, карбонатитовый, ванадий-железо-медный.

Предложенные данные позволили определить реальное распределение общих мировых разведанных запасов меди по времени их образования (табл. 6).

Автор благодарит И. В. Исакову, И. Л. Бышевскую, Л. С. Вишнепольскую за подготовку рисунков и таблиц.

1. *Быховер Н.А.* Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. — М.: Недра, 1984. — 576 с.

2. Геологическая служба и развитие минерально-сырьевой базы / под ред. А.И. Кривцова, И.Ф. Мигачева, Г.В. Ручкина. — М.: ЦНИГРИ, 1993. — 618 с.

3. *Густафсон Л.Б., Уильямс Н.* Стратиформные месторождения меди, свинца и цинка в осадочных породах // Генезис рудных м-ний. Т. 1. — М.: Мир, 1984. — С. 156–244.

4. *Контарь Е.С.* Количественная оценка колчеданообразования // Геол. рудных м-ний. 2002. Т. 44. № 6. — С. 543–555.

5. *Контарь Е.С.* Количественная характеристика медно- и молибден-медно-порфирового рудообразования // Регион. геология и металлогения. 2009. № 38. — С. 82–91.

6. *Кривцов А.И., Мигачев И.Ф.* Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. Ч. 1. — М., 1977. — 326 с.

7. *Кривцов А.И.* Зарубежная минерально-сырьевая база на рубеже веков — ретроспектива и прогнозы. Обзор-анализ. — М.: ЦНИГРИ, 1998. — 116 с.

8. Меднорудные месторождения — типы и условия образования. — М.: Недра, 1987. — 197 с.

9. Медные месторождения Уайт-Пайн в сланцах Нонсач, штат Мичиган / К.О. Энсайн мл, У.С. Уайт, Дж.К. Райт и др. // Рудные м-ния США. Т. 1. — М.: Мир, 1972. — С. 602–627.

10. Медный пояс Северной Родезии / под ред. Н.Н. Томсона. — М.: ИЛ, 1963. — 472 с.

11. Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран (на начало 1975 г.) / под ред. В.Н. Полуэктова. — М.: ВГФ, 1976. — 374 с.

12. *Морваи Г.* Венгрия // Минеральные месторождения Европы. Т. 2: Юго-Восточная Европа. — М.: Мир, 1984. — С. 30–83.

13. *Налдретт А.Дж.* Сульфидные никелевые месторождения: классификация, состав и генезис // Генезис рудных м-ний. Т. 2. — М.: Мир, 1984. — С. 253–343.

14. *Налдретт А.Дж.* Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. — СПб: Изд-во СПбГУ, 2003. — 487 с.

15. *Наркелюн Л.Ф., Салихов В.С., Трубочев А.И.* Медистые песчаники и сланцы мира. — М.: Недра, 1983. — 414 с.

16. Научный прогноз и перспективы развития морских геологоразведочных работ по изучению сульфидного оруденения / И.С. Грамберг, С.И. Андреев, А.М. Ашадзе и др. // Разведка и охрана недр. 1996. № 12. — С. 11–14.

17. *Перваго В.А.* Условия формирования и геолого-экономическая оценка промышленных типов месторождений цветных металлов. — М.: Недра, 1975. — 272 с.

18. Поиски меднорудных месторождений / М.Б. Бородаевская, Р.Н. Володин, А.И. Кривцов и др. — М.: Недра, 1985. — 219 с.

19. *Полуэктон В.Н., Самонов И.З., Воробьев А.Г.* Минерально-сырьевая база меди развитых капиталистических и развивающихся стран в 1961–1980 гг. и прогноз ее развития до 2000 г. — М.: ВИЭМС, 1982. — 52 с.

20. *Попов В.В.* Минеральные ресурсы и экономика России на рубеже XX–XXI столетий: Проблемы и пути их решения. — М.: ОИФЗ РАН, 2000. — 47 с.

21. Рудные месторождения района Бьютт в Монтане / Ч. Мейер, Э. Ши, Ч. Годдард мл. и др. // Рудные м-ния США. Т. 1. — М.: Мир, 1972. — С. 482–529.

22. Ручкин Г.В. Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. – М.: Недра, 1984. – 237 с.
23. Самонов И.З. Медные руды. Горная энциклопедия. Т. 3. – М.: Советская энциклопедия, 1987. – С. 276–278.
24. Уайт У.С. Месторождения самородной меди в северной части штата Мичиган // Рудные м-ния США. Т. 1. – М.: Мир, 1972. – С. 457–481.
25. Хеммер Д.Ф., Петерсон Д.У. Геология месторождения Магма в Аризоне // Рудные м-ния США. Т. 1. – М.: Мир, 1972. – С. 530–559.
26. Эйнаути М.Т., Мейнерт Л.Д., Ньюберри Р.Дж. Скарновые месторождения // Генезис рудных м-ний. Т. 1. – М.: Мир, 1984. – С. 40–515.
27. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1986. – 358 с.

Контарь Ефим Семенович – доктор геол.-минер. наук, вед. специалист, ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция». <eskontar@mail.ru>.