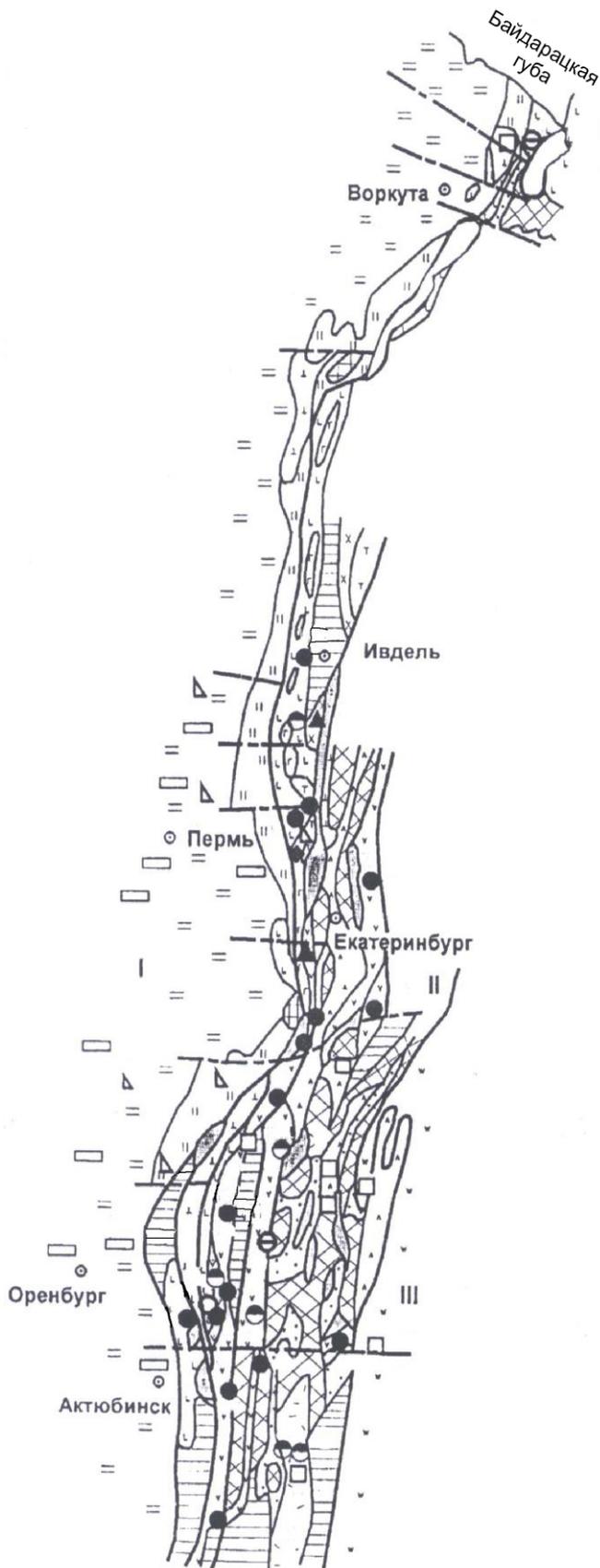


Е. С. Контарь



ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ (геологические условия размещения, история формирования, перспективы)

Екатеринбург – 2013

Министерство природных
ресурсов и экологии
Российской Федерации

Федеральное агентство
по недропользованию
(Роснедра)
Департамент по недропользованию
по Уральскому федеральному округу
(Уралнедра)

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный
горный университет»

Е. С. Контарь

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ
(геологические условия размещения,
история формирования, перспективы)

Научная монография

Екатеринбург – 2013

УДК 553.3.0738:553.43/44(470.5)
К 64

Ответственный редактор – академик Российской академии естественных наук,
доктор геолого-минералогических наук *Г. В. Ручкин* (ЦНИГРИ)
Рецензент – профессор, доктор геолого-минералогических наук *В. Н. Огородников* (УГГУ)

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Контарь Е. С.

К 64 ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА
НА УРАЛЕ (геологические условия размещения, история формирования, перспективы):
научная монография / Е. С. Контарь; Департамент по недропользованию по Уральскому фе-
деральному округу (Уралнедра). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 199 с.
ISBN 978-5-8019-0303-3

Охарактеризованы геологические условия размещения месторождений меди, цинка, свинца следующих геолого-промышленных (рудноформационных) семейств и типов: колчеданного, ванадий-железо-медного, медно-скарнового, меднопорфирового, стратиформного свинцово-цинкового, медистых песчаников, медно-никелевого. Каждое из этих рудноформационных семейств занимает определенное положение в структурах и геологическом развитии восточной окраины Восточно-Европейской платформы, Уральской палеозойской геосинклинальной системы, Валерьяновского интрузивно-вулканического пояса. Проведен анализ палеотектонических (геодинамических) обстановок их образования на основе палеометаллогенических схем для PR₁, RF, V-С, O-S-D₁, D₁-D₂-D₃, D₃-C₁, C₁-C₂, C₂₋₃-P. Определены основные направления и задачи геологоразведочных и научно-исследовательских работ на медь, цинк, свинец.

Для специалистов в области региональной геологии, металлогении, геологии рудных месторождений, прогнозирования, преподавателей и студентов высших учебных заведений геологических специальностей.

Илл. 41. Табл. 19. Библ. 180 назв.

E. S. Kontar. THE GEOLOGICAL-INDUSTRIAL TYPES OF THE CU, ZN, PB DEPOSITS IN THE URALS (geological conditions of setting, history of the formation, the prospects). – Ekaterinburg: Department of subsoil-using in the Urals Federal District (UralsSubsoil-using), 2013. – 199 p.

The geological conditions of locations of deposits of copper, zinc, lead the following geological-industrial (ore-formation) families and types namely massive sulphide, vanadium-iron-copper, copper in scarns, porphyry copper, stratiform lead-zinc, cupriferous sandstones, copper-nickel are characterized. Each of these families takes a certain position in the structures and geological development of the Eastern margin of the East European Platform, Urals Paleozoic geosynclines' system, Valeryanovsky intrusive-volcanic belt. The analysis paleotectonic (geodynamic) situations of their genesis on the base education paleometallogenic schemes for PR₁, RF, V-С, O-S-D₁, D₁-D₂-D₃, D₃-C₁, C₁-C₂, C₂₋₃-P. The main directions and problems of the geological and scientific research are considered. For professionals in the regional geology, metallogeny, ore geology, prognostication, teachers and students in higher education geological specialties.

Ill. 41. Tabl. 19. Bibl. 180 names.

УДК 553.3.0738:553.43/44(470.5)

© Контарь Е. С., 2013

© Kontar E.S., 2013

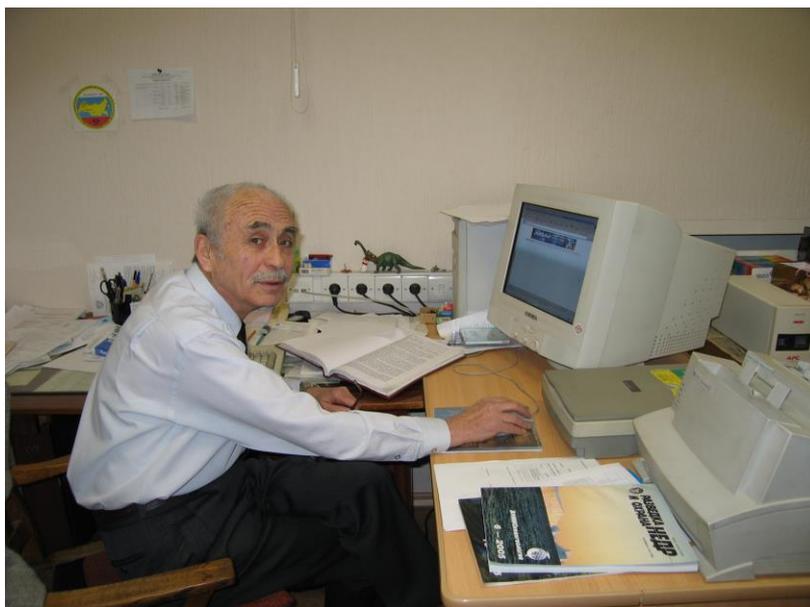
© УралНедра, 2013

©UralsSubsoil-using, 2013

© УГГУ, 2013

© URSMU, 2013

ISBN 978-5-8019-0303-3



Контарь Ефим Семенович – доктор геолого-минералогических наук, академик Российской академии естественных наук и Международной академии минеральных ресурсов, отличник разведки недр, заслуженный геолог Российской Федерации. Главный геолог Уральского регионального информационного компьютерного центра. Окончил в 1958 г. геологический факультет Кишиневского государственного университета. Основные научные направления – специальная (медь, цинк, свинец, марганец), региональная и прикладная (оценка прогнозных ресурсов, разработка направлений геологоразведочных работ) металлогения. Автор и соавтор 180 научных и научно-производственных работ, в том числе 10 монографий.

Научное издание

КОНТАРЬ Ефим Семенович

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ
(геологические условия размещения, история формирования, перспективы)

Научная монография

Редактор издательства *Л. В. Устьянцева*
Компьютерная верстка *Н. Л. Сайгиной*
Дизайн обложки *Н. Л. Сайгиной*

Подписано в печать 12.02.2013 г. Формат 60 × 84 1/8.
Усл. печ. л. 25,0. Уч.-изд. л. 16,5. Тираж 100. Заказ Г.

Издательство Уральского государственного горного университета
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
Отпечатано с оригинал-макета в ООО «ИРА УТК»
620146, г. Екатеринбург, ул. Шаумяна, 83

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	8
2. УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ.....	17
2.1. Месторождения меди, цинка, свинца на восточной окраине Восточно-Европейской платформы.....	21
2.1.1. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого- промышленного типа.....	31
2.1.2. Объекты геолого-промышленного типа медистых песчаников	49
2.1.3. Объекты медно-никелевого геолого-промышленного типа.....	59
2.1.4. Объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства.....	59
2.1.5. Объекты меднопорфирового геолого-промышленного типа.....	64
2.1.6. Объекты жильного полиметального (медно-свинцово-цинкового) геолого-промышленного типа	66
2.2. Месторождения меди, цинка, свинца в структурах Уральской палеозойской геосинклинальной системы	67
2.2.1. Месторождения меди, цинка, свинца в палеозойских геосинклинальных палеовулканических поясах и зонах	68
2.2.1.1. Объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства	73
<i>Объекты кипрского типа (серно-медноколчеданная кобальтоносная рудная формация)</i>	85
<i>Объекты уральского типа (медно-цинковоколчеданная рудная формация)</i>	91
<i>Объекты рудноалтайского (куроко) типа (медно-цинковоколчеданная свинцеводержащая рудная формация)</i>	106
<i>Объекты филизчайского типа (свинцово-цинковоколчеданная рудная формация)</i>	109
2.2.1.2. Объекты медно-скарнового геолого-промышленного (рудноформационного) типа	112
2.2.1.3. Объекты ванадий-железо-медного («волковского») геолого-промышленного типа	115
2.2.1.4. Объекты меднопорфирового геолого-промышленного (рудноформационного) семейства	117
2.2.1.5. Объекты медно-никелевого геолого-промышленного типа	125
2.2.1.6. Объекты геолого-промышленного типа медистых песчаников	126
2.2.1.7. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого- промышленного (рудноформационного) семейства	126
2.2.2 Месторождения меди, цинка, свинца в срединных массивах.....	131
2.2.2.1. Объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства	135
2.2.2.2 Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого- промышленного типа	138
2.3. Месторождения меди, цинка, свинца в Валерьяновском интрузивно-вулканическом поясе.....	139

2.3.1. Объекты меднопорфирового геолого-промышленного (рудноформационного) семейства.....	142
2.3.2. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого-промышленного типа.....	144
2.3.3. Объекты геолого-промышленного типа медистых песчаников	145
3. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ) ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ	146
3.1. Ранний протерозой, рифей, венд – ранний кембрий.....	150
3.2. Ордовик-силур-ранний девон.....	158
3.3. Ранний-средний-поздний девон	165
3.4. Поздний девон-ранний карбон, ранний-средний карбон, средний-поздний карбон-пермь	171
4. НАПРАВЛЕНИЯ И ЗАДАЧИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕДЬ, ЦИНК, СВИНЕЦ.....	180
Заключение	190
Литература	192

ВВЕДЕНИЕ

Урал является одним из крупнейших геолого-экономических регионов России мирового уровня. Он обладает развитым горно-металлургическим комплексом, базирующимся на уникальной минерально-сырьевой базе черных, цветных, благородных металлов, неметаллических полезных ископаемых.

Существенный вклад в минерально-сырьевой потенциал Урала вносят месторождения меди, цинка, свинца различных геолого-промышленных (рудноформационных) типов. К ним, в первую очередь, относятся многочисленные объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства, составляющие минерально-сырьевую основу медно-цинковой промышленности и выдвинувшие Урал в число одной из крупнейших колчеданосных провинций мира. В начале текущего столетия получили промышленное признание меднопорфировые месторождения; обоснованию принципиальной возможности их образования на Урале посвящено большое количество работ, начиная с 70-х годов XX века. Ванадий-железо-медный геолого-промышленный тип представлен единственным в России Волковским месторождением. Вклад объектов медно-скарнового геолого-промышленного типа в минерально-сырьевой потенциал медных руд Урала ограничен. В качестве резервных рассматриваются объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого-промышленного типа. Перспективы вовлечения в промышленное освоение медистых песчаников на современном уровне их изученности представляются ограниченными, несмотря на наличие ряда перспективных проявлений, освоение которых вероятно геотехнологическими способами. Объекты медно-никелевого геолого-промышленного типа невелики, а ограниченное развитие рудоносных интрузивных комплексов не создает благоприятной ситуации для формирования значительных рудных скоплений.

В настоящее время существует обширная, в том числе монографическая, литература, освещающая геологию названных геолого-промышленных (рудноформационных) семейств и типов на Урале. При этом наибольшее количество работ посвящено колчеданным месторождениям. По объектам других типов имеется значительно меньшая информация. Причем они всегда рассматривались обособленно.

Выполнению настоящей работы способствовали длительные исследования автора по металлогении меди, цинка, свинца и прогнозной оценке Урала на эти металлы. Определенными этапами этих исследований явились следующие. В 1989 г. под руководством автора составлена прогнозно-металлогеническая карта на медь, цинк, свинец масштаба 1:500 000 средней части Урала (Северный, Средний и северная часть Южного Урала). На этой основе опубликована монография «Металлогения меди, цинка, свинца на Урале» [Контарь, Либарова, 1997]. В 1999 г. завершена научно-производственная работа «Анализ условия размещения и формирования месторождений меди, цинка, свинца на Урале на палеометаллогенической основе», в результате которой впервые составлена «Карта размещения месторождений меди, цинка, свинца на Урале» в масштабе 1:1 000 000. Рассмотрев эту работу, Научно-технический совет Департамента природных ресурсов по Уральскому региону принял решение об издании этой карты и объяснительной записки к ней, что и было реализовано в 2001 г. [Контарь, 2001].

В последующие годы автор являлся руководителем и ответственным исполнителем ряда общеуральских научно-производственных работ, таких как формиро-

вание фонда резервных участков недр, перспективных на выявление месторождений твердых полезных ископаемых; инвентаризация и паспортизация объектов с оцененным металлогеническим потенциалом и прогнозными ресурсами категории P_3 на стратегические, высоколиквидные и остродефицитные виды сырья; прогнозная оценка ресурсного потенциала Полярного, Приполярного и части Северного Урала (зоны строительства железной дороги Ивдель-Лабытнанги в рамках проекта «Урал промышленный – Урал Полярный») на медь, цинк, свинец, бокситы и марганец, что позволило использовать эти материалы для обоснования или подтверждения более широких выводов и обобщений.

Выполнению работы благоприятствовали следующие обстоятельства:

- уровень палеотектонической (геодинамической) «привязки» месторождений меди, цинка, свинца на Урале, с точки зрения автора, изучен и понимается лучше, чем месторождений других полезных ископаемых;
- постгенетические преобразования принципиальным образом не изменяют состава первичного вещества, образованного в период рудообразования;
- наличие хорошо проработанных генетических концепций, удовлетворительно объясняющих условия рудообразования;
- существование относительно молодых и современных сульфидо-продуцирующих систем, сопоставляемых с древними колчеданосными;
- наличие новых Государственных геологических карт Урала масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000 районов Полярного, Приполярного, Северного, Среднего и Южного Урала.

В предлагаемой работе дано описание вышперечисленных геолого-промышленных (рудноформационных) семейств и типов, развитых в различных структурно-металлогенических таксонах, и анализируются их взаимоотношения на фоне тектоно-магматического развития Урала. Это последнее обстоятельство иллюстрируется серией палеометаллогенических схем, составленных для раннего протерозоя, рифея, венда – раннего кембрия, ордовика – силура – раннего девона, раннего – среднего – позднего девона, позднего девона – раннего карбона, раннего – среднего карбона, среднего – позднего карбона – перми. Они отображают, по существу, ареалы распространения магматических и осадочных формаций и отвечающих им рудных месторождений определенного геологического времени, образованных в конкретных палеотектонических (геодинамических) обстановках. Выбор этих интервалов геологического времени обусловлен тем, что в определенной мере они являются знаковыми в геологической истории и металлогении Урала.

Ранний протерозой. Формирование зеленокаменного пояса с сульфидными и сульфидно-железоокисными проявлениями субколчеданного типа.

Рифей. Формирование древнего платформенного чехла со стратиформными свинцово-цинковыми объектами, а также сидеритовыми и магнезитовыми рудами; в геосинклинальных комплексах – колчеданные и меднопорфировые проявления.

Венд – ранний кембрий. Продолжение формирования платформенного чехла; орогенез рифейской геосинклинали; проявление тектоно-магматической активизации; завершение образования допалеозойской континентальной коры.

Ордовик – силур – ранний девон. Заложение Уральской палеозойской геосинклинальной системы; развитие и стабилизация каледонских палеовулканических поясов с колчеданными, медно-скарновыми, ванадий-железо-медными, скарново-

магнетитовыми, меднопорфировыми и железо-марганец-свинцово-цинковыми рудами; накопление платформенных терригенно-карбонатных толщ со стратиформным свинцово-цинковым и железо-марганцевым оруденением; тектоно-магматическая активизация срединных массивов.

Ранний – средний – поздний девон. Заложение и развитие герцинских геосинклинальных палеовулканических поясов и зон с преобладающей колчеданной металлогенией; тектоно-магматическая активизация стабилизированных каледонских вулканических поясов, приведшая к образованию медно- и железо-скарновых месторождений.

Поздний девон – ранний карбон. Начало общей кратонизации Урала, разрушение вулканических структур, широкое развитие граувакковых отложений, проявление преимущественно в срединных массивах тоналит-гранодиоритового магматизма, обеспечившего образование золоторудных месторождений.

Ранний – средний карбон. Накопление угленосных и карбонатных отложений, общих как для платформы, так и для кратонизированной геосинклинальной системы; в карбонатных отложениях – образование стратиформных свинцово-цинковых проявлений и марганцевых месторождений; широкое развитие континентальных интрузивно-вулканических ассоциаций с железорудными месторождениями в скарнах Центрально-Магнитогорской зоны и Валерьяновского интрузивно-вулканического пояса; формирование Иргизского вторичногеосинклинального палеовулканического пояса с колчеданно-полиметаллическим и меднопорфировым оруденением; гранитоидный магматизм в срединных массивах.

Средний – поздний карбон – пермь. Общий подъем, обширное палингенно-анатектическое гранитообразование в стабилизированных областях; накопление на платформе пестроцветных терригенно-карбонатных отложений с медистыми песчаниками, марганцевыми рудами, солями, флюоритом и угленосных терригенных отложений; меднопорфировое рудообразование в Валерьяновском интрузивно-вулканическом поясе.

Настоящее обобщение в определенной мере продолжает предыдущие работы автора, в которых были проанализированы ранее выполненные исследования по металлогении меди, цинка, свинца на Урале, что освобождает от необходимости проведения соответствующего обзора.

На всех этапах проведения исследований по рассматриваемой проблеме исключительно плодотворным для автора было творческое общение и сотрудничество с видными отечественными учеными М. Б. Бородаевской, Д. И. Горжевским, А. И. Кривцовым, А. М. Мареичевым, И. Г. Павловой, Г. В. Ручкиным, Н. К. Курбановым, К. К. Золоевым, Г. Ф. Червяковским, Д. С. Штейнбергом, И. Д. Соболевым, Т. И. Фроловой, Б. А. Поповым, В. Я. Левиным. Советы и дружеские пожелания этих исследователей с благодарностью воспринимались автором.

Автор благодарен своим многолетним сотрудникам геологам Л. Е. Либаровой, О. Б. Папуловой, Т. Ф. Королевой, картографу Р. А. Крикуновой за участие в выполнении научно-производственных работ, а также В. М. Макову (ЗАО «МИРЕКО») за представленные материалы по медистым песчаникам Приполярного Урала. Большая помощь в оформлении иллюстративного материала при подготовке к изданию настоящей работы оказана автору И. Л. Бышевской, И. В. Исаковой, Е. А. Жуковой. Всем им автор выражает свою искреннюю благодарность.

1. О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Изучение закономерностей размещения и формирования рудных месторождений осуществляется в рамках регионального металлогенического анализа, научные основы которого разработаны Ю. А. Билибиным и С. С. Смирновым. Базисная основа этого анализа, являющаяся также важнейшим принципом металлогении, сформулированным более 60 лет назад Ю. А. Билибиным, заключается в том, что рудообразование является одной из сторон единого процесса историко-геологического развития территории (или участка земной коры), и оно находится в тесной связи с тектоникой, осадконакоплением, магматизмом и метаморфизмом. Именно этот принцип основополагающий как для выявления закономерностей размещения рудных месторождений в пространстве и времени, осуществляемого с учетом особенностей структурно-вещественного (формационного) сложения территории и историко-эволюционного ее развития, так и для научного прогноза месторождений, что является конечным результатом металлогенического анализа.

Важным достижением отечественной металлогенической науки является создание и реализация в практике прогнозно-металлогенических исследований принципов и методов петро-, лито- и рудноформационного анализа, на которых базируется положение о том, что руда (месторождение) входит в качестве естественной составляющей в определенные структурно-вещественные ассоциации (или комплексы), т. е. в те или иные формации магматических, осадочных и метаморфических пород. Поскольку эти формации являются объективно существующими и реально картируемыми геологическими телами, то выполняемый на формационной основе металлогенический анализ оказывается независимым от любых геотектонических концепций, что представляется особенно важным при создании на основе металлогенического анализа прогнозных карт.

В связи с тем что формации магматических или осадочных пород являются производными и одновременно индикаторами определенных палеотектонических (геодинамических) режимов, то и ассоциирующие с ними месторождения обусловлены теми же причинами. Поэтому при проведении сопоставлений, корреляций и периодизации геологических и металлогенических событий в масштабах крупных регионов важным является идентификация этих режимов, что влечет за собой следование определенным геотектоническим концепциям.

Как известно, в настоящее время имеют место две основные геотектонические концепции. Одна из них – это возникшая более полутора веков назад *геосинклинальная концепция* [Хаин, Шейнманн, 1960], существенно трансформированная относительно своих первоначальных позиций. Так, А. В. Пейве и В. М. Синицин (1950) отмечали, что первичные геосинклинали возникали в результате раздробления платформ. Позже, в 1960-е годы, Д. С. Штейнберг пришел к выводу, что для обеспечения образования в геосинклиналиях значительных объемов мафических и ультрамафических пород недостаточно одного прогибания, а должен происходить разрыв континентальной земной коры, в результате которого вскрываются глубинные очаги генерации магм. В этом процессе происходит формирование коры океанического типа. Другая – это *концепция тектоники литосферных плит* (новая глобальная тектоника), основные положения которой сформулированы в 1967–1968 гг.

в общем развитии гипотезы А. Вегенера (1912) о дрейфе материков. Сторонники каждой из названных концепций находят свои аргументы для расшифровки и объяснения геологического строения тех или иных территорий, в том числе и их металлогенических особенностей. Основные положения обеих концепций общеизвестны. К ним в той или иной мере придется обращаться, главным образом, для того, чтобы была ясна авторская позиция по рассматриваемым вопросам, особенно касающимся палеотектонических (геодинамических) условий формирования месторождений. При этом следует отметить, что формационные основы геологического и металлогенического анализа созданы на базе классической геосинклинальной концепции. Достаточно вспомнить работы Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, Н. С. Шатского, А. Н. Заварицкого, Ю. А. Билибина, Ю. А. Кузнецова, Б. М. Романова, Д. С. Штейнберга, Т. И. Фроловой, М. Б. Бородаевской, А. И. Кривцова и многих других исследователей.

Формации магматических, осадочных и метаморфических пород, на основе которых осуществляется металлогеническое районирование конкретных территорий, выделяются в результате изучения геологических и вещественных признаков, которые являются воспроизводимыми. Разномасштабные ареалы распространения этих формаций в пределах определенных тектонических структур земной коры соответствуют тем или иным структурно-формационным (структурно-металлогеническим) подразделениям. Они могут быть реально воспроизведены на геологических, металлогенических и прогнозных картах различных масштабов и назначений. Об этом свидетельствует, в частности, весь опыт металлогенического картографирования на Урале начиная с 1960-х гг. и до настоящего времени.

В концепции тектоники литосферных плит важная роль также отводится ассоциациям горных пород – индикаторам определенных геодинамических обстановок. Однако в применении к металлогении участвуют не эти ассоциации, а гипотетические и интерпретационные модели. Так, в качестве металлогенических зон выделены: рифтогенные разломы, полосы грабенов, рудно-магматические узлы тройных точек; структуры океанического рифта и рифтогенной окраины; сегменты рифтовой зоны и океанического спрединга, тектонические блоки океанической коры и полосы их развития; ассоциации островных дуг, задуговых и междуговых бассейнов, аккреционных призм; блоки аккреционных призм; фации палеосклона и палеошельфа. Например, металлогеническая зональность определяется по латерали – зонами океанического спрединга, а по вертикали – элементами первичного расслоения океанической коры и т. д. [Металлогения..., 1996]. В силу своего интерпретационного характера такие металлогенические элементы вряд ли могут быть показаны на геологических и металлогенических картах и положены в основу прогнозирования, выделения перспективных площадей, оценки прогнозных ресурсов и обоснования направлений геологоразведочных работ.

Ограниченность применения концепции тектоники литосферных плит в металлогеническом анализе вообще, а в частности применительно к целям и задачам прикладной металлогении показана многими исследователями [Волочкович, 1978; Кривцов, 1995; Смирнов, 1978, 1979; Твалчрелидзе, 1979 и мн. др.]. Но наиболее эффективно это проиллюстрировано А. Д. Щегловым [1987, 1989], который показал невозможность объяснения с плитотектонических позиций многих важных металлогенических особенностей, таких как цикличность рудообразования, повторяемость од-

нотипных месторождений в геологической истории Земли и др. В то же время А. Д. Щеглов подчеркнул, что ряд положений этой модели, касающихся геологии и рудоносности дна океанов, представлений о рудогенерирующей роли «горячих точек» и некоторые другие «... должны быть взяты на вооружение металлогенического анализа» [1989, стр. 8].

Таким образом, важнейшим элементом металлогенического анализа применительно к месторождениям меди, цинка, свинца на Урале является выделение ареалов распространения формаций магматических, осадочных и метаморфических пород, а также рядов этих формаций и соответствующих им рудных объектов.

На основе анализа пространственно-временного размещения формаций и их рядов осуществляется металлогеническое районирование, которое представляет другой важнейший элемент металлогенического анализа. Задачами металлогенического районирования являются оконтуривание рудоносных площадей различных типов и размеров и последовательное их ранжирование с целью установления закономерностей пространственного их размещения как основы для прогнозных построений. Поскольку металлогенические карты составляются на формационной основе, то должна обеспечиваться адекватность металлогенического (структурно-металлогенического) районирования структурно-формационному, на что обращал внимание Д. В. Рундквист. Как уже отмечалось, формации горных пород отражают определенные палеотектонические (тектоно-магматические, тектоно-седиментационные, геодинамические) обстановки развития участков земной коры. Поэтому при районировании территорий по условиям размещения этих формаций и (или) их рядов тем самым выделяются ареалы проявления тех или иных палеотектонических (геодинамических) режимов, обеспечивающих в определенное геологическое время образование месторождений соответствующих геолого-промышленных (рудноформационных) семейств и типов. При таком подходе в районировании участвуют и палеотектонические (геодинамические) элементы.

Вместе с тем следует отчетливо представлять, что мы имеем дело с современным размещением формаций горных пород и отвечающих им рудных объектов, что обусловлено совокупностью всех геологических процессов, проявившихся в регионе после процессов рудообразования и в различной степени искаживших их первоначальную целостность и пространственное положение. Все это, однако, не противоречит целям и задачам металлогенического районирования и выделения перспективных площадей, ибо, хотя поиски ведутся в современных структурах, выбор площадей для их проведения базируется на установленных закономерностях размещения и образования рудных месторождений, что невозможно без анализа изначальных (палеотектонических, геодинамических) обстановок их формирования.

Металлогеническое районирование Урала базируется на предложенном Е. Т. Шаталовым [Обзор..., 1963] и уточненном последующими работами [Термины и понятия..., 1991] таксономическом ряде пространственно-металлогенических подразделений (таксонов). В этом ряду автором выделены (с запада на восток) три металлогенические провинции – восточная окраина Восточно-Европейской платформы, Уральская геосинклинальная, Валерьяновский интрузивно-вулканический пояс [Контарь, 1988; Контарь, Либарова, 1997].

Детализация ранговости металлогенического районирования этих провинций происходит следующим образом.

В металлогенической провинции восточной окраины Восточно-Европейской платформы выделены металлогенические зоны чехла (Предуральская, Западно-Уральская, Башкирская и др.) и металлогенические зоны выступов фундамента, представляющих собой, по существу, микрошиты (Тараташский, Уфалейский, Кожимский, Хобеизский).

Уральская геосинклинальная металлогеническая провинция образована сложносопряженной системой протяженных на сотни километров разновозрастных вулканических (палеовулканических, интрузивно-вулканических) поясов и частных вулканических зон. Те и другие структуры характеризуются однотипным строением формационных рядов. Понятие о вулканических (палеовулканических, интрузивно-вулканических) поясах принято в соответствии с представлениями Г. А. Твалчредидзе [1977], и они адекватны металлогеническим поясам, состоящим из ряда структурно-формационных (металлогенических) зон; частные вулканические зоны – более локальные структуры, являющиеся самостоятельными металлогеническими зонами. Вулканические пояса и частные вулканические зоны разделены срединными массивами.

Среди уральских металлогенических (палеовулканических, интрузивно-вулканических) поясов наиболее известными являются Щучьинско-Тагильский, Сакмарский (Кракинско-Медногорский), Западно-Магнитогорский, Восточно-Магнитогорский, Каменский, Октябрьско-Денисовский, Катенинский; среди вулканических зон – Биргильдинско-Поляновская, Еленовско-Кумакская, Бурыктальско-Кундыбаевская и др. В структурах Щучьинско-Тагильского, Западно- и Восточно-Магнитогорского поясов в качестве металлогенических зон выделены структурно-формационные зоны. Так, в состав Щучьинско-Тагильского пояса входят Щучьинская, Орангская, Западно-, Центрально- и Восточно-Тагильская структурно-формационные (металлогенические) зоны. В Западно-Магнитогорском поясе традиционно выделены Присакмарская, Акъяр-Бурибаевская, Ирендыкская, Сибай-Гайская структурно-формационные (металлогенические) зоны – на Южном Урале, а их продолжением на Среднем Урале, с точки зрения автора, являются Медведевско-Свердловская и Пышминско-Кунгуровская зоны. В структуре Восточно-Магнитогорского пояса также традиционно выделяют Александринскую, Джусинско-Ащевутацкую, Гумбейскую, Амурскую и Балкимбаевскую зоны.

Наиболее известными срединными массивами являются Харбейский (Харбейско-Марункеуский), Салдинский, Мурзинско-Адуйский, Сысертско-Ильмено-горский, Челябинско-Суундукский, Адамовско-Мугоджарский.

В металлогенической провинции Валерьяновского интрузивно-вулканического пояса выделены Александровская и Тюменско-Кустанайская металлогенические зоны.

Следующим важным аспектом металлогенического анализа является геолого-промышленная (рудноформационная) типизация месторождений меди, цинка, свинца. Рудноформационный анализ является важным инструментом прикладной металлогении, направленным на прогнозную оценку территорий. Он базируется на изучении соотношений природных скоплений рудного вещества с определенными ассоциациями магматических, осадочных или метаморфических пород и через эти устойчивые сообщества позволяет выделять перспективные площади, определять

вероятные формационные (геолого-промышленные) типы оруденения и оценивать их прогнозные ресурсы.

Определение понятия «рудная формация» рассмотрено в работах Ю. А. Билибина, М. Б. Бородаевской, В. Н. Воеводина, Д. И. Горжевского, Р. М. Константинова, В. С. Кормильцина, А. И. Кривцова, В. А. Кузнецова, Д. В. Рундквиста, В. И. Смирнова, С. С. Смирнова, П. А. Строны, А. Д. Щеглова и других исследователей и суммировано в терминологических справочниках [Основные типы..., 1984; Рудные..., 1983; Термины и понятия..., 1991; Российский..., 2003 и др.].

Общие вопросы и принципы рудноформационного анализа, а также их приложение к геологии и металлогении Урала обсуждались К. К. Золоевым с коллегами, а также автором [Глубинное..., 1990; Контарь, 1996, 1997].

Большинство исследователей определяют рудную формацию как группу месторождений и (или) рудопроявлений, характеризующихся сходными минеральными ассоциациями и образованных в близких геологических условиях, независимо от времени возникновения. В. И. Смирнов к этому определению добавляет сходные физико-химические условия образования на поверхности или в глубинных частях Земли (Горная энциклопедия, т. 4, стр. 417–418).

Приведенное определение отвечает абстрактной рудной формации или рудноформационному типу, и оно близко понятию петроформационного типа или абстрактной геологической (магматической) формации, как это сформулировано Ю. А. Кузнецовым [1964].

Следовательно, скопление вещества, которое принято называть рудным, следует рассматривать в качестве закономерного природного объекта, образование которого предопределено всем ходом геологического развития и который при определенных экономических условиях приобретает промышленное значение. В связи с этим рудная формация может рассматриваться как частный случай или особая форма проявления геологической формации вообще.

Такой подход к пониманию взаимосвязей рудных и магматических или осадочных формаций следует из работ многих исследователей [Воеводин, 1982; Горжевский, 1996; Кузнецов, 1973; Строна, 1982; Щеглов, 1987, 1989 и др.], которые полагают, что рудные формации должны стоять в одном ряду со всеми «породными» формациями и иметь с ними одинаковый «масштаб». Более определенно это обосновал Г. А. Твалчрелидзе [1976]: понятия магматических, осадочных и рудных формаций должны применяться в полном соответствии одного другому и отражать тип геологической структуры и стадию ее развития.

Таким образом, рудная формация отражает не только вещественный состав руд, но и их связь с продуктивным магматизмом или седиментогенезом, палеотектоническую (геодинамическую) обстановку образования и геолого-структурную позицию нахождения, т. е. определенной «породной» формации отвечает свойственная ей рудная формация, которая, в свою очередь, определяет металлогенический профиль конкретной структурно-формационной зоны. Исходя из этого, как показано А. Д. Щегловым, и обоснованного В. И. Смирновым положения о консервативности металлогенических процессов в геологической истории Земли возможно решение обратной задачи, а именно реконструкция палеотектонических (геодинамических) режимов развития определенных участков земной коры по типам минеральных месторождений (на Вашингтонском геологическом конгрессе в 1989 г.

работал специальный симпозиум «Минеральные месторождения как индикаторы тектонических режимов»). Не случайным, видимо, является предположение ряда исследователей (Hutchinson, 1973, 1980; Sawkins, 1976) о том, что ареалам медно-колчеданных (медно-цинковоколчеданных) и колчеданно-полиметаллических месторождений отвечают области с соответственно океанической и континентальной корой, существовавшей во время рудоотложения.

В определении понятия «рудная формация» следует различать две особенности. С одной стороны, в нем отражена промышленно-экономическая сущность геологических объектов и тел; с другой – естественные природно-геологические условия образования рудного вещества. Такая двойственность обусловлена многообразием и изменчивостью во времени самого понятия «руда». Руда, как и месторождение, – категория экономическая. Однако то вещество, которое называется рудой, является прежде всего природным объектом, образованным на тех или иных этапах геологического развития и при определенных физико-химических условиях. Этот объект становится рудой, когда установлены его качественные и количественные параметры и промышленная ценность в соответствии с существующим уровнем развития техники, технологии и конъюнктурными (экономическими) критериями.

Руда – это по существу горная порода. (В ряде случаев в названиях руд и рудных формаций сохраняется «породная» терминология: например, медистые *песчаники* и *сланцы*, железистые *кварциты*, *карбонатиты*, горючие *сланцы*, *кимберлиты*, редкометальные и керамические *пегматиты* и т. д.). Строго говоря, массивные колчеданные руды представляют собой сфалерит-халькопиритовый пиритит, а меднопорфировые – сульфидизированный гранит-порфир и т. п. Как и любая горная порода, руда состоит из минералов и может быть моно- и полиминеральной. И, следовательно, на нее распространяются все физико-химические и геолого-генетические законы породообразования (не случайно В. И. Смирнов в определении понятия «рудная формация» ввел именно эти условия образования).

Рудные формации, как и формации магматических и осадочных пород, образуют вертикальные и латеральные ряды. Первые из них объединяют формации, последовательно проявляющиеся в ходе геологического развития одного пространственно-металлогенического подразделения; вторые – одновременные формации, закономерно сменяющие друг друга в пространстве (например, в смежных структурно-металлогенических зонах).

Наиболее выразительным примером вертикального ряда магматических формаций, проявленных в Уральской металлогенической провинции, является офиолитовая ассоциация – натровая базальт-риолитовая (и ее латеральный аналог базальт-андезит-дацит-риолитовая) – известково-щелочная кали-натровая базальт-андезитобазальтовая – щелочная калиевая трахибазальт-трахитовая. Этот ряд отражает проявления палеотектонических (геодинамических) режимов во времени, а именно: растяжение → смена растяжения сжатием → сжатие → стабилизация. Соответственно этому ряду магматических формаций выстраивается ряд рудных формаций и рудноформационных семейств: альпинотипные хромиты → колчеданное семейство → скарново-магнетитовая (сингенетичные вулканогенно-осадочные стратиформные железоокисные залежи, скарнированные под воздействием интрузий, комагматичных вулканитам) [Глубинное..., 1990; Контарь, 1996; 1997].

Важной особенностью рудных (как и магматических и осадочных) формаций является их повторяемость в геологической истории подвижных поясов, хотя каждая конкретная структура развивается направленно.

В палеозойской истории Урала названный ряд формаций проявлен дважды: первый раз – на каледонском уровне (ордовик – силур – ранний девон), второй раз – на герцинском уровне (ранний – средний девон – фран). Соответственно проявлено два важнейших в промышленном отношении уровня колчеданообразования (поздний ордовик-ранний силур и средний девон). Возрастная повторяемость свойственна также марганцевым, железорудным, меднопорфировым и другим объектам. В то же время по своей рудогенетической значимости эти ряды обладают значительными различиями. Так, в каледонском ряду формаций хромитов образовано значительно больше, чем в герцинском, тогда как герцинский ряд не менее чем в три раза превосходит каледонский по количеству накопленных колчеданных руд. Такая повторяемость рядов магматических и рудных формаций отражает разновременное проявление в различных структурных зонах Урала однотипных палеотектонических (геодинамических) режимов, обеспечивающих однотипные металлогенетические последствия, что свидетельствует об их автономном развитии, на что обращено внимание М. Б. Бородаевской с соавторами [Закономерности размещения..., 1969; Бородаевская, Кривцов, Ширай, 1977].

Хорошо известна также повторяемость одних и тех же рудноформационных типов месторождений в геологической истории Земли, как это показано на примере колчеданных месторождений [Колчеданные..., 1979; Кривцов, Самонов, Шабаршов, 1979; Колчеданные..., 1984; Контарь, Либарова, 1997; Контарь, 1997, 2002].

Наряду с повторяющимися, на Урале известны также формации, только однажды проявленные в его геологической истории. К ним, в первую очередь, относятся специфические ассоциации, свойственные ранним этапам жизни древних платформ, – это железистые кварциты; граниты-рапакиви; габбро-долеритовые комплексы с ильменит-титаномагнетитовыми рудами; расслоенные перидотит-пироксенитовые интрузии со стратиформными хромовыми рудами и ряд других. К неповторяющимся палеозойским образованиям относятся следующие вулканоинтрузивные ассоциации: трахибазальт-трахиандезит-габбро-монцодиорит-лейкогранитная раннего-среднего девона с медно- и железо-скарновыми залежами (Краснотурьинско-Ауэрбаховский рудный район); андезит-базальт-диорит-гранодиоритовая раннего карбона с крупными накоплениями скарново-магнетитовых руд (Соколовско-Сарбайский и Качарский рудные районы), трахиандезит-трахибазальт-габбро-монзонит-граносиенитовая среднего – позднего карбона с молибден-меднопорфирами объектами (Бенкалинская группа).

В качестве наиболее выразительных примеров латеральных рядов породных и рудных формаций Урала можно привести следующие:

– средний – поздний ордовик (частично, ранний силур): карбонатно-марганцевая (Парнокское месторождение), стратиформная свинцово-цинковая (Саурейское месторождение), фосфоритовая (Софроновское месторождение) в терригенно-карбонатных отложениях чехла окраины Восточно-Европейской платформы → колчеданное семейство (Тарньерско-Шемурский, Медногорский, Валенторский и др. рудные районы) в базальт-риолитовой формации Щучьинско-Тагильского и Сакмарского (Кракинско-Медногорского) поясов → редкометалльные

руды (Вишневогорское месторождение) в миаскит-карбонатитовой формации Сысертско-Ильменогорского срединного массива;

– средний девон: медноколчеданные руды в дифференцированных вулканических формациях (Гайское, Подольское, Сибайское, Дегтярское, Учалинское, Узельгинское, Александринское, Сафьяновское и др. месторождения) → кремнисто-марганцевые руды (Файзулинское, Клевакинское и др. месторождения) в кремнисто-яшмовой формации → цинковоколчеданные руды (Амурское месторождение) в терригенно-вулканомиктовой формации → бокситы СУБРа в карбонатной формации → вероятно, редкометалльные руды Борсуксайского месторождения в нефелиновых сиенитах южной части Адамовско-Мугоджарского срединного массива. Такие ряды отражают одновременные проявления в разных структурах Урала различных палеотектонических (геодинамических) режимов, что также свидетельствует об их автономном развитии.

Все изложенное позволяет при рудноформационном анализе применять те же принципы и методы, что и при формационном анализе всех геологических образований. Общая последовательность такова: от формации магматических или осадочных пород – к соответствующей ей рудной формации, установлению ее промышленной значимости в конкретных геологической обстановке и экономических условиях.

Исходя из изложенного, в основу выделения рудных формаций, рудноформационных семейств и типов месторождений меди, цинка, свинца положены следующие основные признаки: состав руд и количественные соотношения основных компонентов; состав и характер продуктивных магматических и осадочных формаций; тектоно-магматические (тектоно-седиментационные) условия их накопления.

Существует еще один аспект рудноформационного анализа – это малорасматриваемый вопрос соотношений рудных формаций и геолого-промышленных типов месторождений. Как известно, основы геолого-промышленной группировки месторождений полезных ископаемых заложены В. М. Крейтером. К промышленным он предложил относить такие естественные геолого-минералогические типы месторождений, которые обеспечивают более 1 % мировой добычи определенного вида полезного ископаемого. Природная повторяемость промышленных типов месторождений позволила рассматривать их в качестве геолого-промышленных или промышленно-генетических (по Д. И. Горжевскому) типов. По мнению Р. М. Константинова [1973], понятие о промышленных типах месторождений частично совпадает с понятием рудной формации. Д. И. Горжевский полагает, что промышленные типы месторождений отвечают некоторым наиболее важным рудным формациям, а понятие о рудных формациях значительно шире, чем понятие о промышленных типах месторождений. «Российский металлогенический словарь» [2003] определяет геолого-промышленный тип месторождений как *«Рудно-формационный тип месторождений, по совокупности характеристик отвечающий современным требованиям горнодобывающей промышленности к минеральному сырью. В один геолого-промышленный тип входит группа месторождений, сходных по геотектонической позиции, связям с геологическими формациями, химическому и минеральному составу, технологическим свойствам сырья, его экономической значимости, горнотехническим условиям разработки»*. Иными словами, геолого-промышленный тип – это рудная формация, имеющая промышленное значение. Вероятно, могут быть рудные

формации, утратившие свое промышленное значение, так же как и рудные формации, промышленное значение которых при современном уровне развития техники и технологии еще не установлено.

Конечным результатом металлогенического анализа является количественная оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых перспективных площадей.

Основные положения этой оценки, следующие из опубликованных материалов [Принципы, методы..., 2010], заключаются в следующем.

1. Прогнозными называются ресурсы необнаруженных и неразведанных месторождений полезных ископаемых, наличие которых в пределах оцениваемого объема или площади (участка) земной коры предполагается на основании благоприятной геологической обстановки, положительных поисковых признаков и известных закономерностей образования и размещения месторождений, определенных (прогнозируемых) геолого-промышленных (рудноформационных) типов.

2. Прогнозные ресурсы оцениваются по геолого-промышленным (рудноформационным) типам ожидаемого (прогнозируемого) оруденения, известного в отечественной и мировой минерально-сырьевой практике.

3. Прогнозные ресурсы оцениваются на основании обоснованной аналогии с одноранговыми металлогеническими таксонами, где известны разведанные месторождения того же геолого-промышленного (рудноформационного) типа.

4. Металлогенические таксоны с крупными и уникальными объектами, как и сами эти объекты, не могут использоваться в качестве эталонных аналогов.

Главный вывод, вытекающий из этих положений, заключается в том, что ни одно из них (благоприятная геологическая обстановка, геолого-промышленный или рудноформационный тип, обоснованные аналогии) не может быть реализовано без четких представлений об особенностях геологического строения оцениваемых территорий.

2. УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ

Месторождения меди, цинка, свинца на Урале представлены следующими геолого-промышленными (рудноформационными) семействами и типами: колчеданным, медно-скарновым, ванадий-железо-медным, меднопорфировым, медистых песчаников, медно-никелевым, жильным медно-свинцово-цинковым, стратиформным свинцово-цинковым (рис. 1). Промышленное значение на Урале в настоящее время имеют объекты первых четырех геолого-промышленных (рудноформационных) семейств и типов, а ведущее значение среди них имеют колчеданные месторождения, благодаря которым Урал вошел в число крупнейших палеозойских колчеданосных провинций мира. Но не только этим определяется важное экономическое значение колчеданных месторождений. Смирнов В. И. в редакторском предисловии к монографии «Колчеданные месторождения мира» (1979) писал: *«Колчеданные месторождения оказались ключевыми для углубления представлений по ряду важнейших позиций общей теории рудообразования»* (курсив В. И. Смирнова).

В геологическом развитии и структурах Урала объекты названных семейств размещены неравномерно.

В платформенных структурах и комплексах локализованы месторождения и проявления стратиформных свинцово-цинковых руд, медистых песчаников и медно-никелевых руд.

К ранним стадиям развития геосинклинальных палеовулканических поясов и зон относятся колчеданные месторождения и меднопорфировые объекты майданпекского типа; на поздних стадиях геосинклинального развития этих структур сформированы меднопорфировые месторождения бошекульского типа, а также некоторые медно-скарновые (а по существу, скарнированные колчеданные) объекты. На орогенном этапе развития рифейской геосинклинали образованы жильные медно-свинцово-цинковые проявления. Процессы тектоно-магматической активизации обусловили образование собственно медно-скарновых месторождений и меднопорфировых объектов, близких среднеазиатскому типу.

Ниже характеризуются особенности размещения месторождений и рудопроявлений меди, цинка, свинца в основных структурах Урала (см. рис. 1).

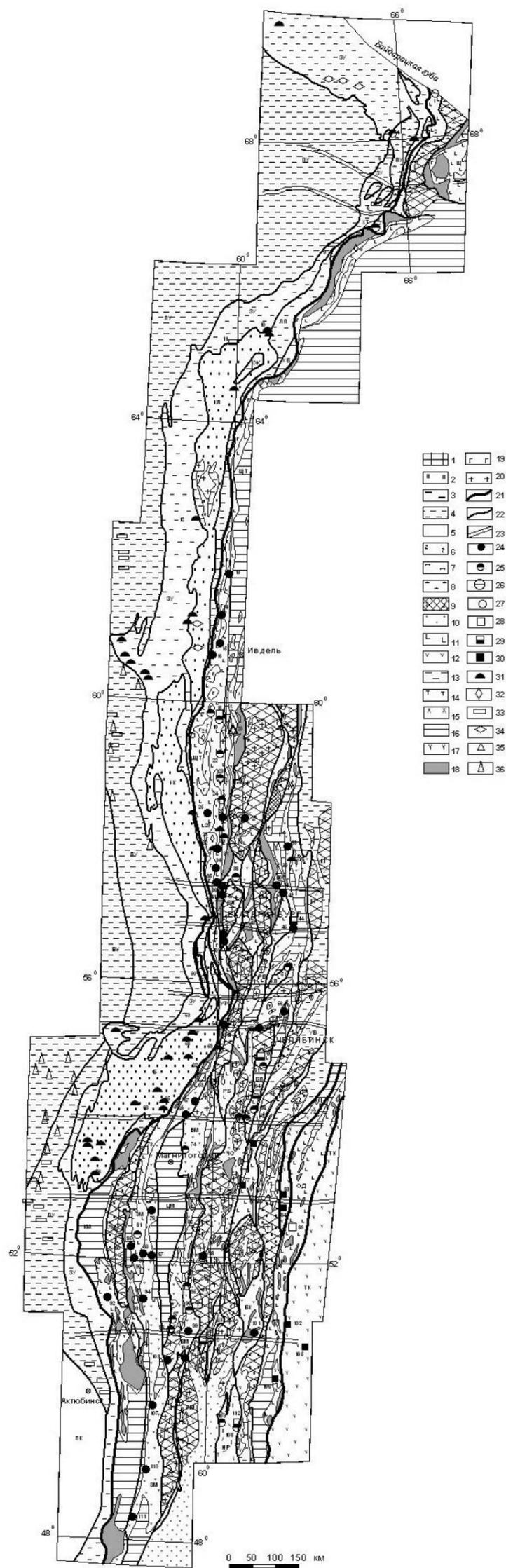


Рис. 1. Схема размещения месторождений и рудопроявлений меди, цинка, свинца в структурах Урала (по Е. С. Контарю).
Использованы материалы производственных геологических организаций Урала, ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, УГГУ, ИГГ УрО РАН, ИГ УНЦ РАН:

Условные обозначения к рис. 1

1. Выступы раннедокембрийского фундамента (гнейсы, амфиболиты, железистые кварциты). 2. Рифей-вендский платформенный чехол (формации: фалаховая, алевролит-аргиллитовая, терригенно-карбостромовая, спарагмитовая, трахибазальтовая, щелочно-ультраосновная, трапповая, гранитов-рапакиви, расслоенных габбро-гранитных и перидотит-пироксенитовых интрузий). 3. Ранне-среднепалеозойский (O_1-C_1) платформенный чехол (формации: фалаховая, алевролит-аргиллитовая, карбонатная, угленосная, трапповая, габбродолеритовая). 4. Позднепалеозойский (C_2-P) платформенный чехол (формации: пестроцветные карбонатно-глинисто-песчаная соли и меденосная, карбонатная рифовая, угленосная). 5. Мезозойско-кайнозойский платформенный чехол. 6. Комплексы фрагментов зеленокаменного пояса (гнейсы, амфиболиты, метабазиты и метаяльтрамафиты, лептитоподобные породы). 7-8. Комплексы байкальской геосинклинали: 7 – метаофиолитовая ассоциация, 8 – формации: базальтовая, базальт-риолитовая, туфо-турбидитная базальт-андезитобазальтовая и сопряженные с ними габбро-плагиогранитная и габбро-диоритовая. 9. Внутригеосинклиналильные срединные массивы (большой частью гранитизированные) и выступы допалеозойского основания. 10. Венд-палеозойский терригенный и терригенно-карбонатный чехол срединных массивов. 11. Геосинклиналильные кремнисто-базальтовая, базальт-риолитовая, туфо-турбидитная базальт-андезитобазальтовая и сопряженные с ними габбро-плагиогранитная и габбро-диоритовая формации $O-S_1$. 12. То же D_2-D_3 (местами возможно S_2-D_1). 13. То же C_1 . 14. Платформенные терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовая и габбро-сиенитовая формации (S_2-D_1 – в Центрально-Тагильской зоне, D_2 – в Кракинско-Медногорском поясе, D_3-C_1 – в Восточно-Магнитогорском и Каменском поясах). 15. Активизационные терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахиандезитовая и габбро-монцодиорит-лейкогранитная формации Центрально-Тагильской зоны (D_{1-2} – в северо- и среднеуральской части, D_{2-3} – в полярноуральской части). 16. Образования чехла молодой платформы D_3-C_2 (формации: граувакковая, угленосная, карбонатная, пестроцветные песчано-глинистые соли- и меденосная, трапповая, трахибазальтовая, граносиенитовая). 17. Активизационные базальт-андезит-габбро-диоритовая (C_1) и трахибазальт-трахиандезит-габбро-монцонит-граносиенитовая (C_{2-3}) интрузивно-вулканические ассоциации Валерьяновского пояса. 18. Альпинотипные дунит-гарцбургитовая и габбровая формации. 19. Дунит-клинопироксенит-габбровая (платиноносная) ассоциация. 20. Орогенные и орогенно-активизационные гранитоидные формации (позднего палеозоя – раннего мезозоя – в срединных массивах Уральской палеозойской геосинклиналильной системы; венда-раннего кембрия – на окраине Восточно-Европейской платформы). 21. Границы минерагенических провинций. 22. Границы минерагенических поясов и зон (преимущественно стратиграфические – в платформенной области, преимущественно тектонические – в геосинклиналильной области). 23. Поперечные расколы фундамента. 24-36. Месторождения и рудопрооявления: 24-27 – колчеданные (24 – уральского типа, 25 – типа куроко, 26 – филизчайского типа, 27 – кипрского типа); 28-30 – медно- и молибден-меднопорфировые (28 – бошекульского типа, 29 – майданпекского типа, 30 – близкие среднеазиатскому типу); 31 – стратиформные свинцово-цинковые; 32 – медно-скарновые; 33 – медистые песчаники; 34 – ванадий-железо-медные («волковского типа»); 35 – медно-никелевые; 36 – нефти и газа

Структурно-минерагеническое районирование

Минерагенические зоны восточной окраины Восточно-Европейской платформы.

Чехла: ВУ – Волго-Уральская, ПК – Прикаспийская, ПУ – Предуральская, ЗУ – Западно-Уральская, КЛ – Кожимско-Ляпинская и Ишеримская, КК – Кваркушко-Каменногорская, ЛП – Лемвинско-Присалатимская, Б – Башкирская; *фундамента:* Т – Тараташская, УФ – Уфалейская, КЖ – Кожимская, ХБ – Хобейская; *байкальской геосинклинали:* ПУ – Полярно-Уральская, ХТ – Хараматалоу-Тыкотловская, УТ – Уралтауская

Минерагенические пояса и зоны Уральской палеозойской геосинклиналильной системы. *Пояса:* ЩТ – Щучьинско-Тагильский (Щучьинская – Щ, Орангская, Западно-, Центрально-, Восточно-Тагильская зоны); КМ – Кракинско-Медногорский (Сакмарский); ЗМ – Западно-Магнитогорский (Медведевско-Свердловская, Пышминско-Кунгурковская – в среднеуральской части, Присакмарская, Акъяр-Бурибаевская, Ирендлыкская, Сибай-Гайская – в южноуральской части – зоны); ВМ – Восточно-Магнитогорский (Александринская, Гумбейская, Джусинско-Ащebutакская, Амурская, Балкимбаевская зоны); К – Каменский; КТ – Катенинский; ОД – Октябрьско-Денисовский; ИР – Иргизский; *зоны:* КП – Колпаковская; РБ – Рефтинско-Большаковская; БП – Биргильдинско-Поляновская; БК – Бурькतालско-Кундыбаевская; ЕК – Еле-

новско-Кумакская; *срединные массивы и выступы допалеозойского основания*: ХБ – Харбейский (Харбейско-Марункеуский); СД – Салдинский; ГА – Гаевский; ВИ – Верхисетский; МА – Мурзинско-Адуйский; СИ – Сысертско-Ильменогорский; ЦМ – Центрально-Магнитогорский (погребенный); ЧС – Челябинско-Суундукский; УВ – Увельский; ТК – Троицко-Каратауский; М – Мариновский; АМ – Адамовско-Мугоджарский; КГ – Красногвардейский

Минерагенические зоны Валерьяновского интрузивно-вулканического пояса: А – Александровская; ТК – Тюменско-Кустанайская

Список месторождений и рудопроявлений (главнейшие пронумерованы)

1. Нижне-Талотинское. 2. Лекын-Тальбейское. 3. *Саурейское*. 4. Очетинское. 5. Саурипейское. 6. Падьягинское (Падьягамусюрское). 7. Тышорская группа. 8. Озерное и Пятиреченское (Левопайерское). 9. Моллюдовжское. 10. Кожимское. 11. Косьюнское. 12. Илычская группа. 13. Сосьвинская группа. 14. Саумское, Северо-Саумское, Яхтельинское. 15. *Тарньерское*. 16. *Шемурское и Ново-Шемурское*. 17. *Валенторское*. 18. Андриюшинское. 19. *Галкинское*. 20. *Краснотурьинская группа*. 21. Серебрянский Камень. 22. Северо-Павдинская группа (101-й Лесной квартал, 103-й геофизический планшет и др.). 23. Южно-Павдинская группа (Гарниковское, Южно-Гарниковское, Крутобережное и др.). 24. *Северо-Калугинское*. 25. *Кабанская группа*. 26. *Красноуральская группа (Красногвардейское, Ново-Левинское и др.)*. 27. Новоселовское. 28. *Волковское*. 29. Казанское. 30. Липовское. 31. *им. III Интернационала, Ольховская, Чадарская группы*. 32. Сапальское. 33. Синячихинская группа. 34. *Левихинская, Шайтанская, Ломовская группы*. 35. *Ежовское и Ново-Ежовское*. 36. *Калатинская группа*. 37. Шуралинское, Алексеевское, Ново-Алексеевское. 38. Красноборско-Горельская группа. 39. Николаевское, Ермаковское. 40. *Сафьяновское*. 41. *Белореченское*. 42. Бобровская группа. 43. *Пышминско-Ключевское*. 44. Алтынайская группа. 45. Сухоложская группа. 46. *Дегтярское*. 47. *Зюзельское*. 48. *Гумешевское*. 49. Карасьевское. 50. Васильевское, Новое, Ключегорское. 51. Колпаковское. 52. *Северо- и Южно-Кузнецихинское*. 53. Злоказовское и Южно-Злоказовское. 54. *Карабаишская группа*. 55. Касаргинское. 56. *Султановское*. 57. Медведевская группа. 58. Кувашинская группа. 59. Мелентьевское. 60. *Томинское*, Биргильдинское, Мичуринское. 61. Биксизак. 62. Медногорское, Колющинское. 63. Вознесенское. 64. Зеленый Дол. 65. Верхне-Аршинское. 66. Талменевское. 67. *Учалинское и Ново-Учалинское*. 68. Поляновское. 69. *Верхнеуральская группа (Узельгинское, им. XIX партсъезда, Молодежное, Талганское, Чебачье, Озерное, Западно-Озерное, Новое)*. 70. Андрее-Юльевская группа. 71. Кособродская группа. 72. Подовинное. 73. Салаватское. 74. Александринская группа (*Александринское*, Бабарькинское, Каменный плес и др.). 75. Тарутинское и Ново-Николаевское. 76. Кужинское. 77. *Михеевское*. 78. *Сибайское*. 79. Северо- и Южно-Юлукское. 80. Гумеровское. 81. *Баймакская группа*. 82. *Амурское*. 83. Александровское, Маслоковецкое. 84. Баталинское, Красноармейское. 85. *Юбилейное*. 86. *Маканское, Октябрьское*. 87. *Подольское*. 88. Айдырлинское. 89. Спиридоновское. Фестивальное. 90. Ивановское, Дергамышское. 91. *Бурибайское*. 92. *Медногорская группа (Блявинское, Комсомольское, Яман-Касы)*. 93. Ишкининское. 94. *Гайское и Южно-Гайское*. 95. *Джусинское*. 96. *Барсучий лог*. 97. Иссыргужинское. 98. Западно-Ащебутацкое. 99. *Летнее, Осеннее*. 100. Еленовское. 101. Светлинское. 102. Бенкалинское и Южно-Бенкалинское. 103. *Среднеорская группа (Приорское, им. 50-летия Октября, Авангард)*. 104. *Весенне-Аралчинское*. 105. Кумкольское. 106. Жалтыркольское, Бугетское, 107. *Лиманное*. 108. Килемжайган I. 109. Кналыколь. 110. *Кундыздинское*. 111. Джиланда. 112. Килемжайган II.

Примечание. Полу жирным курсивом выделены объекты, учтенные или учитывавшиеся Государственным балансом запасов.

2.1. Месторождения меди, цинка, свинца на восточной окраине Восточно-Европейской платформы

К окраине Восточно-Европейской платформы (ВЕП) отнесены структуры осевой зоны и западного склона Урала, ограниченные с востока Главным Уральским глубинным разломом (ГУГР). К их числу принадлежат (с запада на восток) Предуральский прогиб, Западно-Уральская зона внешней складчатости, Централь-но-Уральское поднятие, Лемвинская (Лемвинско-Присалатимская) зона.

Центрально-Уральское поднятие, представленное системой мегантиклинорий (Башкирский, Кваркушко-Каменногорский, Ишеримский, Ляпинско-Кутимский), сложено позднедокембрийскими терригенными, карбонатными и магматическими комплексами, отнесение которых к платформенным обосновано большим количеством работ [Штейнберг, Соболев, 1964; Штейнберг, 1968; Геология СССР, т. XII, 1969; Алексеев, 1984; Ленных, Беякова, 1986; Металлогения Южного..., 1986; Формирование..., 1986; Геология и палеогеография..., 1997; Вулканические формации..., 1998; Глубинное..., 1990; Контарь, 1997, 1999 и др.].

Остальные структуры, сложенные палеозойскими, преимущественно терригенными, карбонатными образованиями при относительно небольших проявлениях магматизма, всегда рассматривались как элементы строения окраины платформы.

В строении окраины ВЕП четко обособляются два структурных этажа – архейско-раннепротерозойский фундамент и рифейско-палеозойский чехол. Фундамент представлен в виде выходящих на поверхность выступов позднеархейских (Тараташский) и раннепротерозойских образований (Уфалейский, Кожимский, Хобеизский).

Тараташский выступ сложен наиболее древним в структурах окраины ВЕП одноименным комплексом ультраметаморфических пород позднего архея. Отнесение этого выступа к фундаменту ВЕП, впервые обоснованное М. И. Гаранем [Геология СССР, т. XII, 1969], подтверждено более поздними исследованиями [Формирование..., 1986 и др.]. Тараташский комплекс образован двупироксеновыми кристаллическими сланцами, плагиогнейсами с гранатом, кордиеритом, силлиманитом, гиперстеном, графитом; графитовыми, кордиеритовыми кварцитами; оливин-бронзитовыми, магнетитовыми и магнетит-пироксеновыми кварцитами (железистыми кварцитами), гиперстеновыми диорито- и габбродиорито-гнейсами, амфиболитами и т. п. образованиями. Петро-геохимические данные свидетельствуют о том, что двупироксеновые кристаллические сланцы отвечают по составу континентальным толеитовым базальтам, наиболее близкими траппам древних платформ; оливин-бронзитовые породы соответствуют породам типа коматиитов, и по составу они близки пикритам рифея; протолитом гиперстеновых диорито-гнейсов и габбродиорито-гнейсов являются как дифференцированные силлы и покровы андезитобазальтов, так и габбронориты [Алексеев, 1984; В. С. Шуб, В. Я. Левин, 1991]. В пределах Тараташского выступа расположены месторождения формации железистых кварцитов (Радостное и Магнитный Ключ), свойственные комплексам структур щитов древних платформ.

Уфалейский выступ сложен раннепротерозойскими метаморфическими образованиями (амфиболиты, гнейсы, мигматиты) одноименного комплекса пород (егустинская и слюдяногорская свиты). Изначальная природа этих образований

интерпретируется по-разному. В. И. Ленных (1980) относит эти образования к производным трапповой формации. А. И. Белковский [1986] считает, что эти метаморфиты представляют собой сложнопостроенный мигматит-эклогит-сланцево-мигматитовый комплекс, являющийся элементом высокобарических меланжей. Г. А. Кейльман [1974] полагает, что протолитом уфалейских метаморфитов являются вулканиды кварцево-альбитофир-диабазовой формации, близкой базальт-риолитовой ассоциации палеозойской геосинклинали Урала. Полученные Г. А. Петровым данные (Госгеолкарта-1000/3, лист О-41, 2009) не противоречат такому пониманию изначальной природы пород уфалейского комплекса. Автором принимается точка зрения Г. А. Кейльмана, позволяющая интерпретировать Уфалейский выступ в качестве фрагмента раннепротерозойского зеленокаменного пояса. Гнейсо-амфиболитовые образования обрамляются толщей кристаллических сланцев, известной как куртинская свита среднего рифея. Она сложена графит-слюдяно-кварцевыми, гранат-слюдяно-кварцевыми и кварцево-слюдяными сланцами, графитовыми и слюдяными кварцитами, амфиболитами (метабазами). Среди этих образований залегают послойные тела метаультрамафитов, апогаббровых и эклогитоподобных амфиболитов. Все это допускает интерпретацию образований куртинской свиты в качестве метафиолитовой ассоциации. Иную точку зрения на изначальную природу среднерифейских образований высказывает Г. А. Петров (Госгеокарта-1000/3, лист О-41, 2009), допускающий их первичное формирование в условиях мелководного окраинно-континентального (или внутриконтинентального) бассейна с локальным проявлением рифтогенного магматизма.

Раннепротерозойские образования Кожимского (няртинская свита) и Хобеизского (неркаюская свита) выступов на Приполярном Урале имеют, вероятно, такую же первичную природу, что и уфалейский комплекс. Раннепротерозойские образования Кожимского (няртинская свита) и Хобеизского (неркаюская свита) выступов на Приполярном Урале имеют, вероятно, такую же первичную природу, что и уфалейский комплекс.

В составе няртинской свиты представлены гранат-двуслюдяные и биотитовые гнейсы, в подчиненном количестве присутствуют слюдяно-гранат-альбит-кварцевые, слюдяно-полевошпат-кварцевые сланцы, амфиболиты, а также мало-мощные прослои кварцитов и мраморов.

Неркаюская свита образована сложночередующимися амфиболовыми и амфиболсодержащими кристаллическими сланцами, кварцитами, гранат-эпидот-слюдяными, эпидот-гранат-хлорит-слюдяными гнейсами, апобазальтовыми амфиболитами, гранатовыми, гранат-эпидотовыми амфиболитами, а на отдельных участках эклогитами. Протолитом амфиболитов являлись вулканогенные и интрузивные базиты, прочих пород – алевро-глинисто-песчаниковые породы. Предполагается, что Кожимский и Хобеизский выступы, как и Уфалейский, также представляют собой фрагменты раннепротерозойского зеленокаменного пояса, существовавшего в фундаменте Восточно-Европейской платформы. В то же время существует точка зрения о том, что базиты этих комплексов формировались в условиях, близких к платформенным, а текстурно-структурные признаки парапород свидетельствуют о субконтинентальных условиях осадконакопления [Душин, 1997].

Таким образом, все выходящие на поверхность выступы позднеархейского и раннепротерозойского фундамента, независимо от первичного состава слагающих

их пород, могут интерпретироваться как небольшие щиты (или кристаллические массивы).

Рифейские и вендские отложения слагают структуры Центрально-Уральского поднятия. Они входят в состав сложноустроенных толщ бурзянской (ранний рифей), юрматинской (средний рифей), каратауской, серебрянской (поздний рифей), ашинской, сылвицкой (венд) серий и их аналогов, которые образуют древний платформенный чехол.

Наиболее полный разрез рифейских образований в объеме всех трех эратем представлен только в Башкирском мегантиклинории. В остальных структурах Центрально-Уральского поднятия (Кваркушко-Каменногорский, Ишеримский, Ляпинско-Кутимский мегантиклинории) развиты преимущественно позднерифейские образования, при ограниченном развитии среднерифейских.

Рифейские серии в Башкирском мегантиклинории характеризуются однотипным внутренним строением, отвечающим трансгрессивным ритмам их накопления. В основаниях серий залегают отложения фалаховой формации (кварцевые и полимиктовые конгломераты, песчаники, кварцитопесчаники), в средних частях – алевролитно-аргиллитовой (черносланцевой) формации, а в верхних – терригенно-карбостромовой (доломиты, известковистые доломиты, доломитизированные известняки, сидериты, сидеродолмиты, магнезиты).

Вендские отложения относятся к терригенно-флишоидной и спарагмитовой (тиллиты, ленточные глины) формациям.

На каждом возрастном уровне представлены определенные формации магматических пород. Вулканические образования залегают либо согласно в разрезах осадочных пород, находясь с ними в сложных фациальных взаимоотношениях, либо образуют секущие и согласно-секущие дайки и силлы.

Рифейские и вендские вулканические комплексы относятся к трем формационным типам: трахибазальтовому (щелочно-оливин-базальтовому), трапповому (представленному двумя разновидностями, одна из которых – это базальт-риолитовая, а другая – пикрит-, эссексит-диабазовая и габбродолеритовая), щелочно-ультраосновному (с кимберлитами и кимберлитоподобными породами).

Наиболее ранние проявления магматизма относятся к раннему рифею и представлены трахибазальтовой формацией (навышский комплекс). Как показали К. П. Иванов (1978), а затем В. И. Ленных и Л. Т. Белякова [1986], этот комплекс является типично платформенным, и он сопоставим с трахибазальтовой (щелочной оливин-базальтовой) формацией континентов.

Следующий уровень проявления магматизма относится к среднему рифею – это машакская (кувашская, шатакская) трапповая риолит-базальтовая формация, охарактеризованная В. П. Парначевым с соавторами (1986, 1987), а позднее Д. Е. Савельевым, В. Н. Пучковым с соавторами [Вулканогенные породы..., 2009]. Ее интрузивным эквивалентом является контрастная ассоциация титаноносных габброидов Кусинско-Копанского массива и гранитов Рябиновского массива, которые, по данным Д. С. Штейнберга и других исследователей, принадлежат к формационному типу расслоенных габброгранитных интрузий. Современное крутонаклонное положение Кусинско-Копанской интрузии является результатом более поздних деформаций. Габброиды этой ассоциации обладают рядом черт петрохимического сходства с Коростеньским плутоном на Украинском кристаллическом щите. К этому же воз-

растному уровню относится Бердяушский массив гранитов-рапакиви, представляющих собой типовую формацию магматизма ранних этапов жизни древних платформ.

Более молодые проявления магматизма относятся к позднему рифею, венду, раннему кембрию. Они ассоциируют с отложениями фалаховой (ослянская, федотовская свиты), спарагмитовой (серебрянская серия), терригенно-флишоидной (сылвицкая серия) формаций и принадлежат вильвенскому, щегровитскому, кырминскому, кырбинскому, кусинскому и др. комплексам. Вулканические породы представлены трахибазальтами, трахиандезитами, лимбургитами, эссекситами, эссексит-диабазы, авгититами и их туфами, а субвулканические образования – пикритами, пикрит-диабазы, кимберлитоподобными породами. Эти комплексы относятся к трахибазальтовой (щелочно-оливино-базальтовой), щелочно-ультраосновной и трапповой формациям. Сове­зрастные интрузивные образования относятся к следующим формациям: интрузивных траппов (долерит-габбродолеритовая) – ишеримский, кваркушский комплексы, расслоенных габбро-гранитных интрузий (журавликовский комплекс), сиенит-граносиенитовой (троицкий комплекс), а также хромитоносных расслоенных пироксенит-перидотитовых интрузий сарановского и вишерского комплексов, являющихся типовыми ультрамафитами платформенных областей, производными дифференциации базальтовой магмы [Геология СССР, т. XII, 1969].

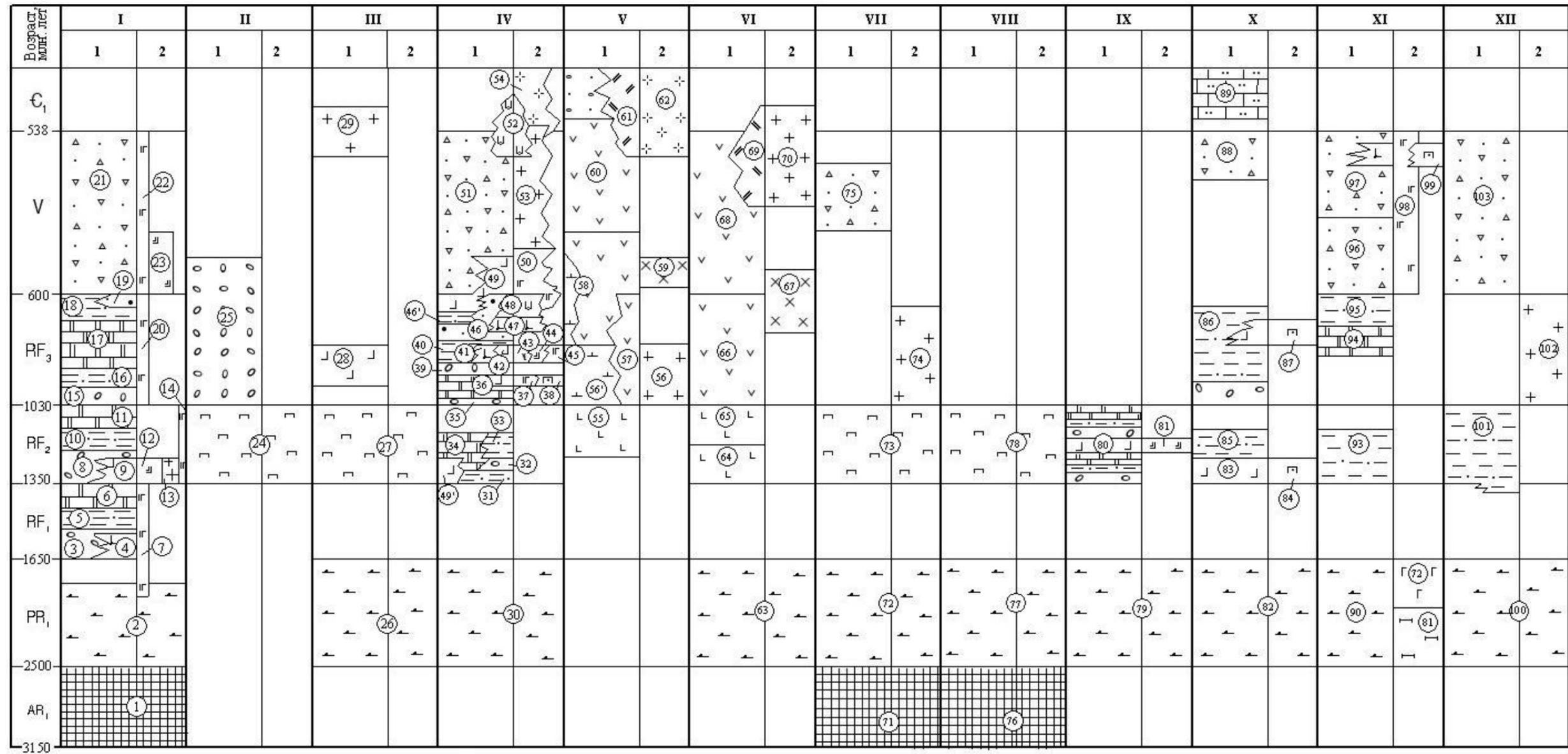
Источником обломочного материала позднепротерозойских осадочных формаций служат породы фундамента Восточно-Европейской платформы [Ключина, 1986; Курбацкая, 1986].

Соответствие допалеозойских и раннекембрийских осадочных и магматических формаций Урала определенным стратиграфическим подразделениям и магматическим комплексам приведено на рис. 2. Здесь показано также сопоставление этих формаций и комплексов окраины ВЕП с одновозрастными образованиями, развитыми в древних выступах (срединных массивах) Уральской палеозойской геосинклинальной системы. При составлении этой схемы использованы стратиграфические и корреляционные схемы Урала, а также Уральская серийная легенда Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 третьего поколения.

Следует отметить, что аналогичные или близкие в формационном отношении магматические ассоциации проявлены на этих же возрастных уровнях и в более западных районах ВЕП, как близких к Уралу, так и достаточно от него удаленных [История развития..., 1981].

К ним, в частности, относятся следующие:

- на уровне раннего рифея – трапповая формация (калтасинский комплекс Бирской впадины и пудожгорский комплекс в СЗ Прионежье);
- на уровне среднего-позднего рифея – трапповая (базальт-долеритовая) формация (волго-уральский, западноонежский, валаамский комплексы, а также смородинский комплекс КМА), трахибазальтовая формация (салминский комплекс Приладожья, полесский комплекс Во­лыно-Оршанской синеклизы, ротайчицкий комплекс Белоруссии, СЗ Украины, ЮВ Польши); кимберлитовая формация (кухотско-вольский комплекс севера Волынского поднятия);



Масштаб:
 ┌───┐ AR₁-PR₁ - 200 млн. лет
 ┌───┐ RF - 100 млн. лет
 ┌───┐ V- C₁ - 10 млн. лет

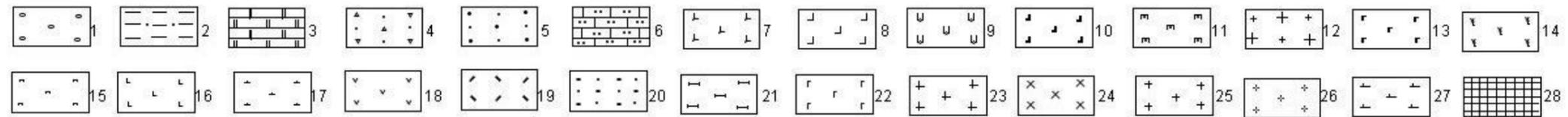


Рис. 2. Схема сопоставления и формационная принадлежность допалеозойских и раннекембрийских образований Урала

Условные обозначения к рис. 2

Формации: 1 – фалаховая, 2 – алевролитно-аргиллитовая, 3 – терригенно-карбостромовая, 4 – терригенно-флишоидная, 5 – спарагмитовая, 6 – терригенно-карбонатная, 7 – трахибазальтовая (щелочно-оливин-базальтовая), 8 – трапповая, 9 – щелочно-ультраосновная, 10 – расслоенных габбро-гранитных интрузий, 11 – расслоенных перидотит-пироксенитовых интрузий, 12 – гранитов рапакиви, 13 – интрузивных траппов (габбродолеритовая), 14 – сиенит-граносиенитовая, 15 – метафиолитовая ассоциация, 16 – базальтовая, 17 – базальт-риолитовая, 18 – базальт-андезито-базальтовая, 19 – риолитовая, 20 – молассовая, 21 – метаультрамафитовая (дунит-гарцбургитовая), 22 – метагаббровая, 23 – габбро-плагиогранитная, 24 – габбро-диорит-гранодиоритовая, 25 – гранитовая, 26 – гранит-риолитовая, 27 – осадочно-вулканогенные и интрузивные образования фрагментов зеленокаменного пояса, 28 – кристаллические комплексы фундамента платформы.

В колонках по структурам: 1 – стратифицированные формации, 2 – интрузивные формации.

Серии, свиты, толщи, комплексы (цифры в кружках):

I. Башкирский мегантиклинорий: 1 – тараташский, 2 – александровский, 3 – айская (навышская, чудиновская подсвиты), 4 – навышский, 5 – айская (кисеганская подсвита), 6 – саткинская, бакальская, суранская, 7 – шуйдинский и игошлинский, 8 – машакская и зигальгинская, 9 – машакский (шатакский, кувашский), 10 – зигазино-комаровская, 11 – авзянская, 12 – кусинско-копанский, 13 – бердяушский, 14 – повальненский, буландихинский, 15 – зильмердакская (бирьянская, нугушская, лемезинская подсвиты), 16 – зильмердакская (бедерьшинская подсвита), 17 – катавская, инзерская, миньярская, укская, 18 – криволукская, 19 – кургашлинская, 20 – мисаелгинский, инзерский, 21 – ашинская, 22 – белореченский, лысогорский, 23 – барангульский

II. Антиклинорий (зона) Уралтау: 24 – максютовский, 25 – суваянский.

III. Уфалейский антиклинорий: 26 – уфалейский (в том числе егустинская и слюдяногорская свиты), 27 – куртинская (в том числе куртинский метагаббро-метаультрамафитовый комплекс), 28 – указарская, 29 – журавликовский и битимский.

IV. Кожимско-Ляпинский, Кваркушко-Каменногорский, Ишеримский антиклинории (зоны): 30 – няртинская, неркаюская, 31 – расьинская, маньхобеинская, 32 – ошизская, 33 – пуйвинская, 34 – шокурьинская, мойвинская, муравьинская, 35 – ишеримская, хобеинская, 36 – клыктанская, велсовская, деминская, 37 – ишеримский, 38 – сарановский, вишерский, шишимский, 39 – ослянская, 40 – федотовская, усьвинская, кырминская, 41 – щегровитский, 42 – кырминский, 43 – троицкий, 44 – журавликовский, 45 – кваркушский, 46 – серебрянская, першинская, 46' – мороинская, 47 – вильвинский, 48 – кырьинский, 49 – саблегорская, 49' – саблегорская (другой вариант), 50 – лемвинский, 51 – сылвицкая, 52 – кусьинский, сивьягинский, 53 – сальнерско-маньхамбовский, 54 – велсовский.

V. Хараматалоу-Тыкотловская и Оченырдно-Манитанырнская (Полярно-Уральская) зоны: 55 – хараматалоуская, 56 – ивтысьшорская, 56а – кыквомшорский, 57 – маникуяхинская, 58 – бедамельская, 59 – кызыгейский (лекын-альбейский), 61 – хойдышорская, 62 – пайпудынский.

VI. Харбейско-Марункеуский срединный массив (зона): 63 – харбейский (в составе марункеуской, ханмейхойской, лаптаюганской свит, слюдяногорского комплекса апоперидотитовых серпентинитов и васьекуского комплекса габбро-амфиболитов), 64 – париквасьшорская, 65 – няроевская, 66 – немурюганская, 67 – харбей-собский, 68 – сядатинская, 69 – сядатинский, 70 – полярноуральский.

VII. Сысертско-Ильменогорский срединный массив (зона): 71 – шумихинская, селяннинская, 72 – ильменогорская (включая булдымский и байкский матаультрамафит-метагаббровые комплексы), черновская, 73 – сайтовская, игишская (включая сысертский и каганский матаультрамафит-метагаббровый комплексы), 74 – чешковский, еланчиковский, 75 – кундравинская.

VIII. Салдинский срединный массив (зона): 76 – пряничниковская, 77 – салдинская (бродовская), 78 – истокская.

IX. Мурзинско-Адуйский и Гаевский срединные массивы (зоны): 79 – адуйская, 80 – алабашская, 81 – маюровский.

X. Троицко-Карашатауский, Увельский, Мариновский срединные массивы (зоны): 82 – мариновская, 83 – городищенская, 84 – городищенский, 85 – алексеевская, 86 – арчаглинская, 87 – синеглазовский, 88 – тогузакская (тогузак-аятская), 89 – санарская.

XI. Челябинско-Суундукский срединный массив (зона): 90 – еремкинская, 91 – западнокачкарский, 92 – батуровский, 93 – благодатская, чулаксайская, 94 – кучинская, 95 – светлинская, 96 – кукушкинская, 97 – александровская, 98 – баштауский, 99 – синеглазовский и верблюжьегорский.

XII. Адамовско-Мугоджарский срединный массив (зона): 100 – мугоджарский (включая бугетсайский комплекс метаультрамафитов), 101 – мамбеткульская, мильсайская, черносланцевая, 102 – мильсайский, 103 – щекбегтинская

- на уровне венда-раннего кембрия – щелочно-ультраосновная (с карбонатами) формация (четласский комплекс бассейна р. Косью), кимберлитовая формация (карахтинский комплекс Кандалакшско-Онежского авлакогена, зимнебережный комплекс Белого моря), трапповая (базальт-долеритовая) формация (войзерский комплекс западной части Онежского полуострова Белого моря) и другие.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в области современного Центрально-Уральского поднятия на протяжении рифея, венда и раннего кембрия был проявлен платформенный магматизм.

В этом же плане следует рассмотреть некоторые аспекты природы платформенного магматизма, по поводу которой существуют, по крайней мере, две группы представлений. Одна из них, обоснованная Ю. А. Кузнецовым [1964], заключается в том, что платформенный магматизм связан не с собственно платформенным режимом, а с местами и периодами резкого увеличения тектонической активности и с нарушениями собственно платформенного режима – с явлениями, называемыми активизацией платформ. Поэтому рифей-вендский магматизм Центрально-Уральского поднятия ряд авторов рассматривают как активизационный и, видимо, по этой причине относят его к континентально-рифтогенному. Тем более что во времени (особенно в среднем рифее) он сопряжен с геосинклинальным магматизмом.

Другая группа представлений, как это следует из работ Ю. Г. Старицкого [История развития..., 1981], Д. С. Штейнберга [1978] и других исследователей, базирующаяся на тесной пространственно-временной сопряженности платформенных магматических и осадочных формаций, предполагает, что магматиты свойственны собственно платформенному режиму.

Принципиально иной характер имеют позднедокембрийские образования на Полярном Урале, изучавшиеся Л. Л. Подсосовой, В. А. Душиным, Т. Ф. Королевой, А. М. Королевым, О. М. Анохиным, В. А. Грабовым, В. С. Ивановским и другими исследователями. Эти образования слагают две разобщенные структуры – Хараматалоуский блок и Малокарский антиклинорий, и они представлены, по существу, полным рядом геосинклинальных формаций, близких тому, который свойственен Уральской палеозойской геосинклинальной системе.

Хараматалоуский блок примыкает с запада к зоне ГУГР. В строении этого блока, как это следует из Государственной геологической карты листа Q-41 (2005), а также работ О. М. Анохина (1992), Т. Ф. Королевой (1991), В. А. Душина [1997, 2006], выделены два комплекса пород: нижний – хараматалоуская серия среднего рифея и верхний – ивтысьшорская свита позднего рифея.

Хараматалоуская серия, относимая В. А. Душиным [1997] к формации натровых базальтов, образована двумя толщами. Нижняя (изъякрьбюская) толща сложена метабазами, представленными эпидот-альбитовыми, гранат-эпидот-

альбитовыми амфиболитами, зелеными эпидот-альбит-хлорит-актинолитовыми сланцами, содержащими прослой и горизонты графитисто-кварцевых сланцев, кварцитов, магнетитовых гондитов. Верхняя (степрузская) толща образована преимущественно парасланцами с прослоями метабазитов и гондитов.

Ивтысьшорская свита сложена метабазальтами с прослоями углеродисто-филлитовых сланцев, кварцитов, а также телами риолитов-риодацитов, формирующих систему экстррузивных куполов. Эта свита всеми исследователями интерпретируется как раннегеосинклинальная (раннеостроводужная) базальт-риолитовая формация. Интрузивным эквивалентом базальт-риолитовой формации является габбро-плагиогранитная формация (кыквомшорский комплекс).

В Малокарском антиклинории позднедокембрийские образования, образующие Полярно-Уральскую (Оченьрдско-Манитаньрдскую) структурно-формационную зону, выступают на уровень современного эрозионного среза из-под перекрывающих их раннепалеозойских отложений. Слагающие эту зону вулканогенные ассоциации, представленные базальт-риолитовой и туфо-турбидитной базальт-андезитобазальтовой формациями, надстраивают формационный ряд позднедокембрийских геосинклинальных вулканитов, начатый в Хараматалоуском блоке. Большую часть объема зоны занимает туфо-турбидитная базальт-андезитобазальтовая формация, охватывающая общий стратиграфический диапазон от позднего рифея по ранний кембрий включительно. В составе этой формации выделено несколько разновозрастных свит и толщ, характеризующихся однообразным литолого-фациальным составом. Самая нижняя – маникуюхинская свита позднего рифея сложена метаалевропесчаниками, метаалевролитами, кремнисто-глинистыми и углеродисто-кремнисто-глинистыми сланцами, фтанитами с прослоями известняков, афировых и порфирированных базальтов и андезитобазальтов, т. е. преимущественно турбидитными фациями. Нарастает разрез формации бедамельской серией позднего рифея-раннего венда, в нижней части которой представлены базальты, андезитобазальты, андезиты, трахибазальты, их кластолавы и лавобрекчии, местами дациты и их туфы, а также туфоконгломераты и туфогравелиты. Еще выше разрез формации нарастает венд-раннекембрийскими енгапэпейской, оюяхинской и арканырдской свитами, сложенными разнообломочными туфами базальтов, вулканомиктовыми песчаниками, туфоконгломератами, туфопесчаниками, алевроглинистыми сланцами, линзами известняков. Интрузивным аналогом этих вулканитов является габбро-диорит-гранодиоритовая формация (кызыгейский комплекс) раннего венда (или позднего рифея – раннего венда).

Общий литолого-фациальный облик характеризуемого комплекса пород напоминает подобные образования палеозойских туфо-турбидитных базальт-андезитобазальтовых ассоциаций, представленных в Тагильской (павдинская, именновская свиты), Западно-Магнитогорской (ирендыкская свита) и Восточно-Магнито-горской (гумбейская свита) структурах.

На фоне сквозного развития базальт-андезитобазальтовой ассоциации обособляются блоки, сложенные преимущественно на уровне рифея-венда (в пределах бедамельской серии), дифференцированными вулканитами базальт-риолитовой формации, включающими также лядгейский комплекс субвулканических риолитов.

Завершает разрез зоны молассовая формация, образованная красноцветными песчаниками, гравелитами, конгломератами, алевролитами и вулканическими породами преимущественно кислого состава (риолитовая формация), выделенными в качестве хойдышорской свиты позднего кембрия-раннего ордовика (Госгеолкарта-1000/3, лист Q-41, 2005). Сопровождающие интрузивные образования представлены гранит-риолитовой формацией (пайпудынский комплекс), состоящей из силло-, дайко- и штокообразных тел афировых, порфирированных риолитов и гранит-порфирированных. Эти образования рассматривались О. А. Кондаиным (1995) и рядом других исследователей в качестве орогенных венда-раннего кембрия, завершающих развитие позднедокембрийской геосинклинали.

Еще одна структура с развитием среднерифейских образований геосинклинального типа – это Уралтауский мегантиклинорий (Уралтауская зона) на Южном Урале, разделяющий Западно-Магнитогорский и Сакмарский (Кракинско-Медногорский) палеовулканические пояса. Уралтауский антиклинорий образован двумя комплексами пород – максютовским среднего рифея и суваянским позднего рифея.

Максютовский представляет собой метаофиолитовую ассоциацию [Алексеев, 1984; Вулканические..., 1998; Ленных, Белякова, 1986; Медноколчеданные..., 1985 и др.]. В ее состав входят метабазиты, близкие по составу спилитам, слюдисто-графито-кварцевые, слюдисто-кварцевые, хлорит-полевошпатовые парасланцы, кварциты, послойные тела серпентинитов, преобразованные в тальковые и тальк-хлоритовые сланцы, а также метагаббро юлукского комплекса. Породы максютовского комплекса метаморфизованы в условиях амфиболитовой, глаукофановой и эклогитовой фаций.

Породы максютовского комплекса перекрыты суваянскими метасланцево-кварцитовыми отложениями, сопоставимыми с серебрянской и, частично, сыльвицкой сериями структур Центрально-Уральского поднятия.

О возрастной датировке рассматриваемых комплексов существуют разные представления. По одним максютовский комплекс относится к среднему рифею, а суваянский – к позднему рифею-венду. В этом случае антиклинорий Уралтау на время формирования слагающих его комплексов представлял собой геосинклинальную область, которая к концу докембрия была стабилизирована и по отношению к обрамляющим ее с запада и востока палеозойским геосинклинальным поясам (соответственно Кракинско-Медногорского и Западно-Магнитогорского) представляла собою срединный массив. Представления другой группы исследователей [Иванов, 1998; Криницкий, Криницкая, 1965] базируются на находках в составе суваянского комплекса силурийских граптолитов, а в линзах мраморизованных известняков, залегающих среди парасланцев максютовского комплекса, палеозойских (кембрий, ордовик, ранний силур) конодонтов. Согласно этим представлениям, максютовский комплекс представляет собой глубокометаморфизованный фрагмент ранне-среднепалеозойских океанических (что не исключает присутствие элементов офиолитовой ассоциации), островодужных и континентально-склоновых формаций, тектонически скученных в зоне Главного Уральского глубинного разлома. Суваянский комплекс интерпретируется как метаморфизованные терригенно-сланцевые образования раннего палеозоя.

В случае омоложения возраста этих комплексов, породные ассоциации антиклинория Уралтау могут интерпретироваться как раннепалеозойские образования

Присакмарской зоны Западно-Магнитогорского пояса, на которые наложен глубокий метаморфизм амфиболитовой, эклогитовой и глаукофановой фаций в зоне Главного Уральского глубинного разлома.

После перерыва, связанного с большей частью кембрийского времени, был сформирован палеозойский платформенный чехол. Для раннепалеозойской части этого платформенного чехла характерны два типа разрезов, представленных в двух структурно-формационных зонах: Лемвинской (Лемвинско-Присалатимской) и Западно-Уральской.

Лемвинская (Лемвинско-Присалатимская) зона расположена на восточном обрамлении Ляпинско-Кутимского мегантиклинория, примыкая с запада к зоне Главного Уральского глубинного разлома. В ее основании залегают отложения позднекембрийско-раннеордовикской фалаховой формации (погурейская, саранхапнерская, хомасьинская свиты). Выше расположены ранне-среднеордовикские песчано-сланцевые отложения (алевролитно-аргиллитовая формация), известные, главным образом, в северных и приполярных районах Урала (грубеинская, польинская свиты). С песчано-сланцевыми отложениями синхронизируются базальтоиды траппового типа (кокпельская свита и ее аналоги), с которыми тесно ассоциируют многочисленные силлы и дайки высокотитанистых долеритов и габбродолеритов (орангюганско-лемвинский комплекс).

Западно-Уральская зона (Западно-Уральская зона внешней складчатости) расположена по западному обрамлению антиклинорных структур, сложенных рифейско-вендскими образованиями. В западном направлении она переходит в Предуральский прогиб. В основании этой зоны залегают отложения раннеордовикской (позднекембрийско-раннеордовикской) фалаховой формации (тельпосская свита и ее аналоги). Выше расположены ранне-среднеордовикские песчано-сланцевые отложения, в том числе пестроцветные (алевролитно-аргиллитовая формация), известные, главным образом, в северных и приполярных районах Урала (верхняя часть манитанырдской серии, малопайпудынская свита и их аналоги). Разрез наращивается терригенно-карбонатной (песчаники, известковистые песчаники и сланцы, известняки, доломиты) формацией среднего-позднего ордовика, выделяемой в основном в объеме щугорской серии. С этими отложениями сопряжены вулканиты трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовой формации (черемшанский комплекс) с комагматичными телами граносиенит- и гранит-порфиров билимбаевского и гладкинского комплексов. Эти события близсинхронны заложению Уральской палеозойской геосинклинальной системы; проявления щелочного магматизма фиксируют, по существу, отраженную активизацию платформенного чехла.

К силуру и большей части раннего девона относятся отложения карбонатной (известняково-доломитовой) формации. Причем этот возрастной интервал характеризуется весьма слабым проявлением магматизма в виде небольших даек долеритов и габбродолеритов траппового типа.

Средне-позднепалеозойская часть платформенного чехла также начинается фалаховой формацией. Ей соответствует такатинская свита эмса, широко развитая на всем западном склоне Урала. Примерно это же стратиграфическое положение занимают трахибазальты аптечногорского комплекса. Далее, вплоть до позднего карбона включительно, происходило накопление карбонатных отложений. Лишь

к середине раннего карбона относятся терригенные угленосные отложения Кизеловского и Чусовского бассейнов.

Пермские отложения, представленные в основном в Преуральском прогибе, чрезвычайно многообразны и сложны по своим формационным, фациальным и литологическим особенностям. Они образованы карбонатными (в том числе рифовыми), пестроцветными карбонатно-глинисто-песчано-конгломератовыми, терригенно-соленосно-сульфатно-карбонатными и меденосными карбонатно-песчано-глинистыми, а также угленосными формациями.

Всем карбонатным отложениям палеозоя, начиная со среднего ордовика и до перми включительно, свойственны крупные карбонатные рифовые массивы.

Таким образом, вся совокупность осадочных и магматических формаций, проявленных в структурах осевой зоны и западного склона Урала, за исключением позднего докембрия Полярного Урала и Уралтауского антиклинория, в диапазоне раннего рифея – перми, свидетельствует о том, что эта территория представляла собой окраинно-платформенную область, испытавшую активизацию.

На восточной окраине Восточно-Европейской платформы месторождения и проявления меди, цинка, свинца размещены следующим образом. В рифейских и палеозойских терригенно-карбонатных и терригенных отложениях представлены стратиформные свинцово-цинковые объекты и медистые песчаники. К габбродолеритовым дайкам траппового типа, расположенным на разных уровнях разреза этих отложений, приурочены небольшие проявления сульфидных медно-никелевых руд.

В структурах и комплексах рифейской геосинклинали Полярного Урала и антиклинория Урал-Тау, подстилающих палеозойский платформенный чехол, локализованы объекты колчеданного, модибден-меднопорфирового и жильного полиметалльного типов.

2.1.1. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого-промышленного типа

Терригенно-карбонатный и карбонатный (известково-доломитовый) чехол древних платформ – это одна из типовых обстановок формирования и размещения стратиформных свинцово-цинковых месторождений. Они характеризуются переменными соотношениями главных компонентов. Восточная окраина ВЕП не является в этом отношении исключением.

Месторождения и рудопроявления стратиформных свинцово-цинковых (\pm барит и флюорит) руд на окраине ВЕП распространены в широком возрастном диапазоне – от раннего рифея до раннего карбона включительно.

Свинцово-цинковые объекты раннерифейского уровня распространены только в Башкирском мегантиклинории. Они представлены рудопроявлениями Медведевским, Кувашинским I и II, Бакальскими, Злоказовским и другими [Геология СССР, 1969].

Медведевское рудопроявление приурочено к отложениям алевролитово-аргиллитовой формации, представленной сунгурской подсвитой айской свиты. Она сложена кварц-серицитовыми, серицит-глинистыми, углисто-серицит-глинистыми филлитовидными сланцами. Пластообразная барит-свинцово-цинковая залежь, согласная с вмещающими породами, имеет юго-восточное падение под углами 20-40°.

По простиранию залежь прослежена на 3,2 км при мощности 0,2-6 м; по падению она изучена до 200-250 м, на отдельных участках до 500 м. Главными минералами руд являются барит, сфалерит и галенит. Содержания $BaSO_4$ составляют 10-40 %; М. И. Долгаль (1954) указывает на 49 % $BaSO_4$, цинка – 0,08-2,61 %, свинца – до 0,16 %. А. К. Власов (1981), исходя из пластообразной формы залежи и ее стратиграфической приуроченности, относит это проявление к стратиформному типу и предполагает на глубине более высокие содержания свинца и цинка.

Остальные рудопроявления этого стратиграфического уровня залегают в отложениях терригенно-карбонатной формации (доломитизированные известняки, доломиты, филлитовидные сланцы бакальской и саткинской свит).

Рудопроявления Кувашиинское I и II вмещаются доломитизированными известняками и доломитами саткинской свиты. С поверхности они представлены бурыми железняками с обломками барита, которые ниже уровня грунтовых вод переходят в бедную вкрапленность и тонкие просечки сульфидов, представленных пиритом, пирротинном, галенитом и сфалеритом. В одной из скважин на глубине 55-70 м установлены 10 прослоев сплошных сульфидов мощностью от 0,1 до 1,1 м, в которых А. К. Власовым (1981) определены: Cu – 0,01-0,97 %, Pb – 0,13-1,04 %, Zn – 0,15-0,26 %. Спектральным анализом в бурых железняках автором (1983) установлены: Cu – 0,15 %, Zn – 0,1 %, Ag – 10 г/т. В бурых железняках рудопроявления Кувашиинское II содержится Pb до 0,42 %, Zn до 0,35 %, Cu – 0,01 %, Ba – 0,83 % (Долгаль, 1954).

На Южно-Злоказовском проявлении в коре выветривания на окремненных доломитах саткинской свиты обнаружены обломки сфалерита, галенита, смитсонита и церуссита. В штучных пробах определены содержания цинка до 2,4 %.

Кроме того, в карьерах, обрабатывающих сидеритовые руды Бакальского месторождения, среди доломитов бакальской свиты давно известны крупные, от 20-30 см до 2-3 м в поперечнике, «куфтыри» сплошного галенита.

Свинцово-цинковые объекты среднерифейского уровня представлены Кужинским, Верхне-Аршинским месторождениями, Злоказовским, Андреевским, Осиновским, Мойвинским рудопроявлениями. Первые пять объектов находятся в Башкирском мегантиклинории, Мойвинское рудопроявление – в Верхнепечорско-Косьвинском антиклинории.

Кужинское месторождение барит-свинцово-цинковых руд залегают в терригенно-карбонатных отложениях авзянской свиты [Филиппов, 1975, 1978; Широбокова, 1992]. В разрезе месторождения выделено четыре пачки (снизу вверх):

- подрудная – переслаивание аргиллитов, мергелей, известковистых алевролитов и известняков с углистым веществом;
- рудоносная – доломиты, мергели, аргиллиты, алевролиты; в ее основании расположен 4-12-метровый пласт серых доломитов, вмещающих барит-свинцово-цинковые руды нижнего сульфидного горизонта;
- надрудная – переслаивание красных, лиловых алевролитов и аргиллитов с зеленоватыми мергелями, серыми доломитами с прослоями седиментационных брекчий;
- верхняя – переслаивание доломитов, известняков с прослоями аргиллитов; в основании пачки отмечается бедная сульфидная вкрапленность верхнего сульфидного горизонта.

Согласная пластовая залежь нижнего сульфидного горизонта прослежена по простиранию на 4,5 км, по падению на 400 м при мощности до 15 м; она наклонена на восток под углами 45-50°.

Прожилково-вкрапленные, кокардовые, массивные руды сложены баритом, галенитом, сфалеритом (клеюфаном), реже железистым сфалеритом (марматитом), халькопиритом. Гипогенная горизонтальная зональность рудной залежи проявлена следующим образом: барит-свинцово-цинковые руды (с подзонами галенит-баритовых, сфалерит-баритовых и баритовых руд) центральной части месторождения последовательно окаймляются пирит-свинцово-цинковыми (пирит и марказит – до 70 %), сфалерит-пиритовыми и пиритовыми рудами. По данным изучавших месторождение исследователей, на объекте оценено по категориям C_2+P_1 : около 6 млн т баритовой руды со средним содержанием $BaSO_4$ 51,66 %; 4 млн т барит-свинцово-цинковой руды со средними содержаниями свинца 1,95 % (79 тыс. т), цинка – 2,05 % (83 тыс. т), барита – 8,6 % (348,3 тыс. т), серебра – 12,7 г/т (51,4 т); к забалансовым отнесено 1,6 млн т руды со средними содержаниями свинца 0,04 % (0,6 тыс. т), цинка – 2,28 % (36,5 тыс. т), барита – 2 % (32 тыс. т). В барит-свинцово-цинковых рудах содержится 80 г/т кадмия. Таким образом, общий рудный потенциал Кужинского месторождения составляет 199,1 тыс. т (~ 200 тыс. т) суммы металлов.

Верхне-Аршинское месторождение известно с 1913 г. и до 1927 г., когда на нем были обнаружены свинцово-цинковые руды, разрабатывалось как бурожелезняковое. Месторождение расположено вблизи контакта доломитов и филлитовых сланцев авзянской свиты и состоит из трех линзообразных рудных тел, согласных с вмещающими породами.

Первое (главное) рудное тело прослежено по простиранию на 320 м, по падению – на 290 м, мощность его 2-35 м. Оно сложено первичными сульфидными (сфалерит, галенит, пирит) и окисленными рудами. В той части, где руды выходят на поверхность, развита железная шляпа. Содержание свинца в сульфидных рудах – 0,07-9,46 %, цинка – 0,27-34,37 %, в окисленных рудах – свинца 1,0-37,13 %.

Второе рудное тело расположено в 40-50 м северо-восточнее первого. Оно прослежено по простиранию на 80 м, по падению – на 160 м, мощность его 1-30 м. Оно сложено только окисленными рудами и связано с первым рудным телом перемычкой, именуемой церусситовой жилой. Содержание свинца в этом рудном теле – 1-6 %.

Третье рудное тело расположено в 120 м СЗ первого и сложено только окисленными рудами. Оно прослежено по простиранию на 100 м, по падению – до 130 м, мощность его 1-35 м. Содержание свинца в этом рудном теле 2-3 %. Кроме этих, на месторождении установлено еще пять мелких рудных линз, сложенных первичными и окисленными рудами, и имеющих на глубине предположительные связи с первыми тремя рудными телами. Все рудные тела включают пропластки доломитов.

Минеральный состав первичных руд – сфалерит, галенит, пирит, пирротин, окисленных руд – церуссит, англезит, плюмбоярозит, смитсонит, лимонит, гидрогетит, гетит, редко халькозин.

Средние содержания по месторождению: в первичных рудах Pb – 1,27 %, Zn – 5,5 %, в окисленных рудах Pb – 4,99 %, в церусситовой жиле – 17 %. Запасы по

категориям В+С₁+С₂ (+забалансовые) – 61,9 тыс. т свинца, 79,3 тыс. т цинка, 15,6 т серебра (при его содержаниях 13-20 г/т) и 153,7 кг кадмия.

Вблизи Верхне-Аршинского месторождения известна группа проявлений свинцово-цинковых руд, находящихся в той же геологической позиции и недостаточно изученных (Северо- и Малоаршинское, Осиновское, Новое, «Геофизический планшет 23», Злоказовское и др.).

Проявление «Геофизический планшет 23» прослежено по простиранию на 650 м и на глубину 85 м, при мощности 11 м, содержании Pb 1,34 % и его запасами 58 тыс. т.

Бурые железняки *проявлений Новое и Малоаршинское* содержат 0,5-0,82 % Pb и до 0,98 % Zn.

На *Злоказовском рудопроявлении* согласная крутопадающая минерализованная зона прослежена в авзянских доломитах на 250 м при ширине 10-40 м. Сульфидные обособления в этой зоне имеют форму гнезд, линз, прожилков протяженностью до 1 м и мощность не более 10 см. Они сложены галенитом, сфалеритом, редко пиритом. По пробам, отобранным на поверхности, содержания составляют: свинца – 0,07-4,85 %, цинка – 0,14-0,7 %; по скважинам (на глубинах 62-64 и 119-125 м) – свинца не более 0,03 %, цинка – 0,25-1,45 %.

На *Мойвинском рудопроявлении*, по данным Б. Д. Аблизина (1968) и И. Б. Попова (1977), рудовмещающей является 25-метровая пачка доломитизированных известняков и доломитов одноименной свиты. В их средней части выделяется 1,5-2-метровой мощности минерализованный горизонт доломитов с обильной мелкой вкрапленностью галенита, сфалерита, пирита, халькопирита. Химический анализ штучных проб показал содержания: свинца – 0,51-0,75 %, цинка – 0,14-0,23 %, серебра – 8 г/т.

Свинцово-цинковые объекты позднерифейского уровня широко распространены на окраине Восточно-Европейской платформы от северного Пай-Хоя до Башкирского мегантиклинория. Наиболее известные из них – месторождение Амдерма, рудопроявления Гассельское, Тальменевское, Зилимское, Балтауртовское и некоторые другие.

Месторождение свинцово-цинково-флюоритовых руд Амдерма расположено на Северном Пай-Хое, в 1,5 км от берега Карского моря. Оно было открыто в 1932 г., и до 1950 г. на нем добывался флюорит; с 1951 г. рудник находится на мокрой консервации.

Рудовмещающими являются кристаллические доломитизированные известняки амдерминской свиты, перекрытые конгломератами, песчаниками, глинистыми сланцами и известняками раннего ордовика. На месторождении известно 71 крупное рудное тело и 29 групп мелких рудных тел, близсогласных контакту рифейских и ордовикских отложений. Рудные тела имеют форму линз с раздувами, пережимами и ответвлениями, реже гнезд. Их размеры колеблются от нескольких метров до нескольких сот метров по простиранию и от первых метров до десятков метров по мощности. Руды сложены тонкозернистым, реже крупнокристаллическим и массивным флюоритом, кварц-кальцит-флюоритовыми залежами и флюоритизированными известняками, несущими сульфидную (сфалерит, галенит, пирит) вкрапленность. Содержание СаF₂ составляет 10-90 %, при преобладающих значениях 15-25 %, цинка – 0,33-1,11 %, свинца – 0,2 %; на глубине 100 м содержания свинца и цинка

в сумме достигают 1,5 %. За время эксплуатации на месторождении отработано 405 тыс. т руды, оставшиеся запасы с CaF_2 свыше 20 % составляют 1 429 тыс. т.

Следует отметить, что разведочными работами был охвачен лишь 3-километровый отрезок из перспективной полосы в 20 км. Прогнозные ресурсы флюорита на месторождении оценены в 2 млн т, а всей перспективной полосы – в 315 млн т (данные Н. П. Юшкина, 1982). Ресурсы свинца и цинка не оценивались, хотя все исследователи этого объекта относят его к полиметаллически-флюоритовому типу в карбонатных отложениях.

Рудопроявление Гассельское и находящиеся рядом с ним проявления свинцово-цинковых руд – у с. *Ныроб*, скв. 11, 126, 128 и др. расположены в Полудовском районе. По данным В. К. Серебрянникова (1983), они залегают в зонах дробления доломитов низьвенской свиты. Вдоль этих зон, установленная мощность которых по скважинам составляет 5-25 м, развиты гидротермальные изменения в виде кальцитовых, кальцит-доломитовых и кальцит-баритовых прожилков с галенит-сфалеритовой минерализацией. Последняя представлена либо в виде тонкой вкрапленности галенита, сфалерита и пирита, либо в виде крупнокристаллических (до 1 см) их агрегатов. Содержания: Pb – 0,67-5,52 %, Zn – 0,02-0,62 %, Cu – 0,05-0,17 %. Гидротермальные изменения и сульфидную минерализацию В. К. Серебрянников связывает с внедрением даек эссексит-диабазов. В то же время не исключено, что эти дайки не генерируют оруденение, а оказывают влияние на перераспределение первичной стратиформной минерализации.

Балтауртовское, Зилимское и Тальменевское рудопроявления расположены в южной части Башкирского мегантиклинория. Они представлены минерализованными галенитом жильными зонами кальцита в известняках и доломитах катавской (Балтауртовское), миньярской (Тальменевское), укской (Зилимское) свит. Судя по единичным анализам, содержание свинца на этих проявлениях не превышает 1 %. На всех объектах, поисковая изученность которых недостаточна, установлены бурые железняки, интерпретируемые как «железные шляпы».

Свинцово-цинковые объекты средне-позднеордовикского уровня представлены Саурейским месторождением и несколькими рядом с ним расположенными рудопроявлениями на Полярном Урале, а также рудопроявлениями Кожимским, Качамыльским – на Приполярном Урале, Бойцовским – на Среднем Урале.

Саурейское месторождение (рис. 3, 4) расположено в Саурейско-Пайпудынской зоне. Оно залегает в терригенно-карбонатных отложениях верхней части щугорской свиты O_{2-3} [Худяков, Маливанчук, 1972]. Рудовмещающая толща мощностью 300-400 м сложена в различной степени рассланцованными карбонатными алевролитами и песчанистыми известняками, переслаивающимися с карбонатными алевросланцами и филлитами. В средней части рудовмещающей толщи залегает пачка (мощностью от 10 до 140 м) темно-серых карбонатных алевролитов и песчанистых известняков с полосчатыми, линзовидно-полосчатыми текстурами, обусловленными неравномерным распределением углеродистого вещества, а также послойными и гнездовыми выделениями пирита. К этой пачке приурочены рудные тела месторождения.

Рудная зона месторождения прослежена по простиранию на 1 400 м, на 200-700 м – по падению при ширине около 100 м. Она согласна с залеганием вмещающих пород и наклонена к западу и юго-западу под углами 65-85°.



0 250 500 750 м

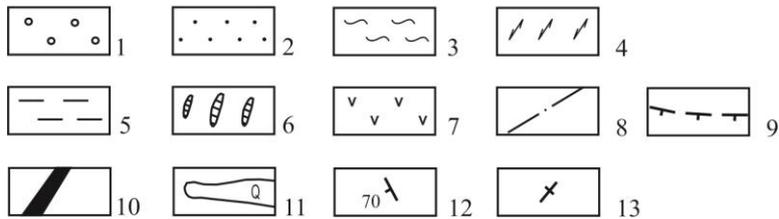


Рис. 3. Геологическая карта Саурейского месторождения

(по А. П. Худякову и Б. В. Маливанчуку):

1-редкогалечные конгломераты, гравелиты; 2-кварцитопесчаники, кварциты; 3-серицит-альбит-хлорит-кварцевые алевросланцы, алевролиты; 4-алевролиты и алевропесчаники, в различной степени карбонатные, с прослоями песчаных известняков и серицит-хлорит-кварцевых сланцев; 5-переслаивание карбонатных алевролитов, алевропесчаников и филлитовидных сланцев, содержащих углистое вещество; 6-мраморизованные известняки; 7-серпентиниты; 8-крутопадающие тектонические нарушения; 9-линия надвига; 10-главная рудная зона; 11-граница четвертичных отложений; залегание: 12-наклонное; 13-вертикальное

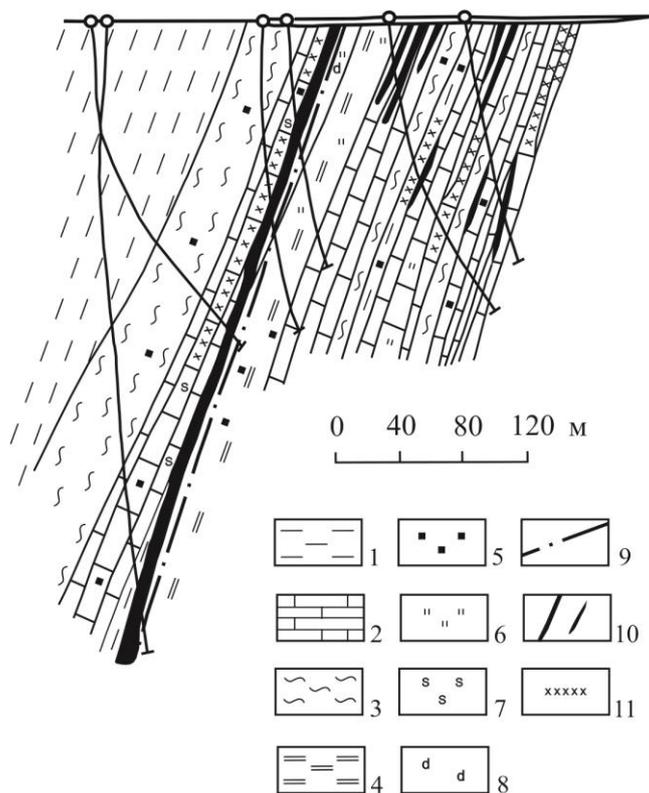


Рис. 4. Геологический разрез через центральную часть Саурейского месторождения (по А. П. Худякову, Б. В. Маливанчуку):

1–переслаивание темно-серых алевропесчаников и алевролитов с карбонатными алевролитами и углисто–хлорит–кварцевыми сланцами; 2–песчанистые известняки, карбонатные алевролиты с маломощными прослоями сланцев; 3–алевросланцы, филлитовидные серицит–хлорит–кальцит–кварцевые сланцы с маломощными прослоями карбонатных алевролитов; 4–карбонатные алевролиты, темно-серые песчанистые известняки полосчатой текстуры; 5–пиритизация; 6 – окварцевание; 7–серицитизация; 8–доломитизация; 9–тектоническое нарушение; 10–рудное тело; 11–послойная прожилково-вкрапленная галенитовая минерализация

На месторождении установлено 13 рудных тел, расположенных в Главной и Восточной рудных зонах. Первая находится в центральной части месторождения, вторая – в ее лежащем боку.

Главная рудная зона – это линза протяженностью 500 м максимальной мощности 20 м, прослеженная по падению на 600 м. В ней расположено Главное рудное тело, в котором сосредоточено около 65 % запасов месторождения, и ряд более мелких рудных тел. В Восточной рудной зоне также находятся небольшие рудные тела.

На месторождении присутствуют руды двух морфологических типов. Один из них – это прожилково-вкрапленная и струйчатая существенно галенитовая минерализация, согласная слоистости вмещающих пород. Другой морфологический тип представлен рудными телами, имеющими согласно-секущее положение относительно слоистости вмещающих пород. Главная рудная зона месторождения образована именно этими рудами. Она приурочена к согласно-секущему тектоническому нарушению, проходящему вблизи контакта песчанистых известняков и карбонатных алевролитов. В зоне этого нарушения проявлены окварцевание, вторичная доломитизация и наиболее интенсивно – баритизация и произошло перераспреде-

ние бедной послонной минерализации первого морфологического типа с образованием богатых барит-галенитовых руд. Таким образом, Главная рудная зона представляет собой по существу рудный столб жилообразной формы.

Главная рудная зона обладает гипогенной зональностью: в ее центральной части и на южном фланге преимущественным развитием пользуются барит-галенитовые руды, на глубоких горизонтах центральной части – кальцит-галенитовые руды, сменяющиеся по падению халькопирит-галенитовыми рудами.

Главными минералами руд месторождения являются галенит, барит, сфалерит, тетраэдрит, второстепенными – пирит, халькопирит, арсенопирит, бурнонит; в зоне окисления присутствуют медная зелень, церуссит, англезит, смитсонит.

Запасы месторождения по категориям C_1+C_2 составляют: руда – 6100,7 тыс. т, свинец – 357,6 тыс. т (5,86 %), барит – 596,6 тыс. т (9,78 %), цинк – 28,8 тыс. т (0,47 %), серебро – 183,6 т (30,1 г/т), золото – 377,9 кг, медь – 1,7 тыс. т, кадмий – 278,6 т, сурьма – 236,4 т [Полярный Урал..., 1997].

Технологическими исследованиями 6 лабораторных и полупромышленных проб весом от 150 кг до 14 т установлены удовлетворительные показатели переработки руд по флотационным схемам с получением кондиционных свинцового и баритового концентратов с достаточно высоким извлечением серебра и кадмия. Установлена целесообразность раздельной переработки галенитовых и барит-галенитовых руд.

Из исходной свинцовой руды выход свинцового концентрата составляет 15,6 %; в нем содержится 60,5 % Pb, 0,78 % Zn, 392,0 г/т Ag, 2 г/т Au, 0,06 % Cd, 1,02 % Cu, 14 % общей серы. Извлечение в концентрат составляет: свинца – 95,6 %, серебра – 92,5 %, золота – 100 %, кадмия – 91,7 %.

Из исходной свинцово-баритовой руды выход свинцового концентрата составляет 36,2 %, баритового концентрата – 30,0 %. В свинцовом концентрате установлены следующие содержания: 50,44 % Pb, 9,47 % Zn, 4,85 % BaSO₄, 436,0 г/т Ag, 0,4 г/т Au, 0,24 % Cd, 0,34 % Cu, серы общей – 19 %. Извлечение в концентрат составляет: свинца – 96,0 %, цинка – 96,0 %, серебра – 30,0 %, барита – 1,2 %, кадмия – 93,2 %. В баритовом концентрате содержится 0,26 % свинца (с извлечением 2,3 %), 92,8 % барита (извлечение 90,4 %), 10,8 г/т серебра (извлечение 70 %).

В рудном поле Саурейского месторождения располагается ряд недостаточно изученных проявлений этого же типа.

Рудопроявление Новое, расположенное в 3 км северо-северо-восточнее Саурейского месторождения, представлено минерализованной зоной протяженностью 2,2 км, мощностью от первых до 6-10 м. Прожилково-вкрапленное барит-галенит-сфалерит-пиритовое оруденение обеспечивают содержание свинца до 0,96 %, цинка 0,1–3,73 %, серебра – до 137,3 г/т, барита – до 26 %, кадмия до 790 г/т.

Проявление Южное (Цинковое), расположенное в 4 км южнее Саурея, представлено рудной зоной протяженностью до 1 км и мощностью до 12 м, приуроченной к линзе мраморизованных доломитизированных известняков. Оруденение представлено вкрапленностью сфалерита и галенита (\pm пирит и халькопирит) и прожилками до 2 см мощности сфалерита и галенита с мощной зоной баритизации. Содержания: свинец – 0,5 %, цинк – 1 %, барит – до 40 %, серебро – 1,8-42,8 г/т, золото – 0,1-0,4 г/т.

Рудопроявление Орангское (8 км южнее Саурея) образовано тремя согласными с залеганием вмещающих известняков и известковых алевролитов пластообразными телами богатых тонко-мелкозернистых густовкрапленных (до сплошных) пирит-сфалерит-галенитовых руд. Руды вкраплено-гнездовые, послойно-вкрапленные, полосчато-слоистые, до массивных. Основной рудоносный уровень прослежен с поверхности на 2,5 км и до глубины 300 м при мощности рудных тел 1-3,5 м, однако они не оконтурены. Руды характеризуются глобулярными, сфероидальными, фромбоидальными текстурами. Содержания свинца – 5,4-12,49 % (до 36,1 %), цинка – до 3,6 %, серебра – до 43,6 г/т, барита – до 16,5 %. Прогнозные ресурсы свинца этого проявления оценены по категории P_1 в 160 тыс. т (данные В. А. Лычакова и Т. Ф. Королевой, 1991).

Южнее Саурейского рудного поля, в пределах Пайпудынского рифового массива, также отмечаются свинцово-цинковые проявления со значимыми содержаниями металлов, но не получившие достаточно полной оценки.

Рудопроявление Спокойное представляет собой пластообразную зону прожилково-вкрапленной галенитовой минерализации, прослеженную на 250-300 м при мощности до 25 м, содержащую 0,59-4,59 % свинца и 3,2-10,8 г/т серебра.

Рудопроявление Придорожное представлено прожилково-вкрапленной минерализацией галенита, сфалерита и фромбоидального пирита, сопряженной с кварц-баритовыми жилами с галенитом и сфалеритом. Мощность минерализованной зоны более 1 м, прослежена на 300 м по простиранию и до глубины 70 м. Содержания свинца составляют 3,95 %, цинка – 0,67 %, меди – 0,03 %.

Рудопроявление Свинцовое приурочено к пачке песчаных известняков, прослеженной на 5 км при мощности 15-20 м. Преимущественно вкрапленное оруденение распределено в виде прерывистых линзообразных тел протяженностью до 80 м. Содержания свинца колеблются в пределах 6-18 %, цинка – 0,2-2 %, меди – 0,1-0,7 %.

Таким образом, в южной части Саурейско-Пайпудынской зоны на протяжении 125-130 км (от проявления Новое до проявления Свинцовое) размещены в разной степени изученные свинцово-цинковые объекты, приуроченные к ареалам пород терригенно-карбонатной формации O_{2-3} , подстилаемых терригенными отложениями раннего ордовика.

Рудопроявление Кожимское расположено на северном склоне Кожимского выступа фундамента. Рудовмещающими являются терригенно-карбонатные отложения шугорской серии O_{2-3} , которые на участке рудопроявления М. А. Шишкиным (1998) разделены на три пачки. Нижняя пачка сложена сахаровидными известняками, чередующимися с филлитовидными сланцами, содержащими тонкораспыленную пирит-пирротиновую минерализацию. Средняя пачка – это известняки с прослоями алевролитов с мелкокристаллическим и глобулярно-фромбоидальным пиритом. Верхняя пачка – доломитизированные известняки. На рудопроявлении установлено три типа свинцово-цинковой минерализации: 1) наиболее распространенный – вкрапленная сфалерит-галенитовая в известняках; минерализованные зоны представляют собой линзовидные прослои с нечеткими границами мощностью от первых метров до первых десятков метров; содержания свинца – не более 1 % (редко достигают 2,7 %), цинка – 0,1-11,6 %; 2) брекчиевидная пирит-галенит-сфалеритовая с Pb до 4 % и Zn до 10,3 %, накладывающаяся на минерализацию первого ти-

па; 3) гнездово-прожилковая галенит-сфалеритовая в кварц-карбонатных жилах с Pb до 11 %, Zn до 5,8 % и Ag –12 г/т, распространенная как самостоятельно, так и в ассоциации с минерализацией второго типа. Рудопроявление недоизучено.

Рудопроявление Качамыльское (по данным М. А. Шишкина, 1998) находится в рудном поле Парнокского марганцевого месторождения. Оно приурочено к одноименной свите O_{2-3} , располагаясь в пределах рудовмещающей пачки С-1 парнокской толщи, т.е. стратиграфически несколько выше марганцевых руд. Здесь установлена как тонковкрапленная в известняках галенит-сфалеритовая минерализация с содержаниями Pb 0,6-1 %, Zn 0,6-5,7 %, так и жильная (в кварц-карбонатных прожилках) с содержаниями Pb до 6 %, Zn 0,2-4,4 % и 60 г/т Cd.

Рудопроявление Бойцовское расположено на Среднем Урале в пределах Билимбаевского синклиория. Оно локализовано в известняково-доломитовой толще O_{2-3} (стратиграфический аналог щугорской серии), которая подстилается маломощными пластами трахибазальтов. На рудопоявлении А. Н. Толстых, Э. И. Кутыревым (1980) и Н. М. Маминым (1982) выделены два типа минерализации: 1) бедные вкрапленные руды мощностью около 4 м в битуминозных доломитизированных известняках с содержанием свинца до 0,83 % и цинка до 1,48 % и соотношением Zn:Pb – 1:2-2:1; 2) богатые массивные и густовкрапленные руды в светло-серых доломитах с содержанием свинца до 0,21 % и цинка до 17,83 % и соотношением Zn:Pb – 17:1-85:1. Руды второго типа рассматриваются как гидротермально-метасоматические, образованные за счет переотложения минерализации первого типа. Рудопоявление недоизучено.

К средне-позднеордовикскому стратиграфическому уровню относятся также некоторые свинцово-цинковые объекты о-ва Вайгач (рудопоявления Пайго-То, Талата-Селе и др.).

Свинцово-цинковые объекты раннесилурийского уровня. На этом стратиграфическом уровне расположена *Ильчская группа мелких месторождений* (бассейн р. Ильч на западном склоне Приполярного Урала). Эти месторождения приурочены к области сочленения структур Западно-Уральской внешней зоны складчатости и южного окончания Ляпинского антиклинория (данные В. Ф. Петрова, 1979).

К этой группе относятся месторождения Шантым-Прилукское (Шантымское), Закола-Йоль и Сотчем-Йоль, находящиеся в одном рудном поле.

Рудовмещающей является сланцево-доломит-известняковая толща нижнего силура. В разрезе этой толщи (снизу вверх) выделяются три пачки: 1) подрудная (мощностью 240 м) – темно-серые углисто-известковые сланцы, переслаивающиеся с тонкорассланцованными известняками; 2) рудовмещающая (мощностью 200-400 м) – черные массивные и слоистые доломиты, сменяющиеся вверх по разрезу светло-серыми и желтоватыми доломитами, доломитовыми брекчиями и доломитизированными известняками; 3) надрудная (мощностью 250-400 м) – углисто-известковые сланцы с маломощными прослоями известняков. Подрудная и рудовмещающая пачки имеют лландоверийский возраст, надрудная – венлокский

Шантым-Прилукское месторождение залегает в средней части рудовмещающей пачки, образованной чередованием грубых линз доломитовых брекчий и плотных массивных доломитов. Рудная зона месторождения протяженностью 350 м и мощностью 40 м имеет северо-западное простирание; она приурочена к пластовым доломитовым брекчиям. Падение рудной зоны северо-восточное под углами

20-30°, согласное с залеганием вмещающих пород, и она не оконтурена ни в северо-западном, ни в юго-восточном направлениях.

На месторождении установлены три рудных тела. Первое рудное тело имеет протяженность 30 м, среднюю мощность 7 м, средние содержания свинца 3,28 %, цинка 1,42 %. Второе рудное тело – в 50 м на северо-западном продолжении первого; оно имеет протяженность 30 м, среднюю мощность 3,75 м (1,9-7 м), содержания свинца – 0,1-26 %, цинка – 0,05-6,02 %. Третье рудное тело – в 50 м северо-западнее второго рудного тела. Оно прослежено на 170 м при средней мощности 5 м и средних содержаниях свинца – 1,58 %, цинка – 1,63 %. Рудные тела связаны слабоминерализованными участками. По падению рудные тела прослежены до 45-50 м, и они не оконтурены.

Оруденение представлено вкрапленностью и гнездами галенита и сфалерита в цементе доломитовых брекчий и слабоизмененных доломитах, а также кварц-кальцит-доломит-сульфидными жилами неправильной формы, сменяющимися по простиранию гнездами массивных галенит-сфалеритовых руд.

Минеральный состав руд: галенит и сфалерит с небольшой примесью пирита; нерудные минералы – кальцит, вторичный доломит, кварц, реже барит и флюорит.

В разведанном контуре (0,2 кв. км) по категории С₁ подсчитано 13 тыс. т свинца и 67,4 тыс. т цинка.

Месторождение Закола-Йоль расположено в 2 км западнее Шантым-Прилукского, и его рудная зона находится на том же стратиграфическом уровне. Она прослежена в доломитовых брекчиях почти на 2 км при средней мощности 7 м, не будучи оконтуренной ни по простиранию, ни по падению. Содержания свинца составляют от следов до 11,3 %, цинка – от следов до 6,2 %.

Наиболее изучена центральная часть месторождения, которая скважинами и канавами прослежена на 460 м по простиранию и до глубины 140 м. На север по поверхности она протягивается еще на 900 м при видимой мощности 9 м и при средних содержаниях свинца 1,5 %, цинка – 1,1 %, а на юг – редкими скважинами и канавами еще на 500 м средней мощностью 2 м и с содержаниями свинца 0,1-0,48 %, цинка – 0,5-0,9 %.

Запасы центральной части месторождения по категории С₂ оценены в 6,5 тыс. т свинца и 2,49 тыс. т цинка.

Месторождение Сотчем-Йоль (3,5 км северо-западнее Шантым-Прилукского и 2,5 км севернее Закола-Йольского месторождений) представлено минерализованной зоной дробления в пластах черных и темно-серых доломитов, чередующихся с углистыми сланцами. Оно залегает в низах рудовмещающей пачки, находясь стратиграфически ниже двух предыдущих объектов. Простирание минерализованной зоны субширотное, падение ее юго-юго-западное под углами 20-30°, согласное с залеганием вмещающих пород, истинная мощность 15 м, прослеженная длина – 120 м (с запада и востока она перекрыта четвертичными отложениями).

Оруденение приурочено только к доломитам и отсутствует в сланцах. Сульфидная минерализация реализована в виде вкрапленности и гнезд пирита, сфалерита и халькопирита, в меньшей степени – галенита и блеклых руд, а также приурочена к кварц-кальцит-доломитовым прожилкам, секущим обломки и цемент доломитовых брекчий. Наиболее богатое оруденение расположено в средней части

минерализованной зоны, где средневзвешенные содержания свинца составляют 0,15 %, цинка – 1,08 %, меди – 1,18 %. В отдельных обогащенных участках (гнездах, «куфтырях») мощностью 1-10 м содержание суммы металлов достигает 8-10 %. На месторождении развита «железная шляпа» средней мощностью до 10 м, представленная ячеистыми, кавернозными и рыхлыми бурыми железняками. Запасы месторождения на опосредованном участке площадью 0,01 кв. км до глубины 50 м по категории С₂ составляют: медь – 7,7 тыс. т, цинк – 7,0 тыс. т, свинец – 1,0 тыс. т.

Все объекты Илычской группы месторождений характеризуются: сходной морфологией рудных зон, а именно сочетанием пласто- и линзообразных залежей, согласных с напластованием вмещающих пород, с секущими и согласно-секущими карбонатными и кварц-карбонатными жилами; общностью текстурно-структурных особенностей руд – брекчиевидные, вкрапленные, гнездово-вкрапленные, прожилково-вкрапленные; близостью минерального состава и стратиграфической приуроченности; низким уровнем изученности.

В районе известны также рудопроявления свинцово-цинковых руд, находящихся на том же стратиграфическом уровне (Алешин ручей, Восточная Закола-Йоль, Геофизическое и др.).

На *рудопроявлении Алешин ручей* по материалам бороздового опробования канав среднее содержание свинца составляет 3,3 %, цинка – 0,1 %. О. Б. Гранович (1976), интерпретируя поверхностные данные на глубины до 100 м, оценил ресурсы этого рудопроявления примерно в 100 тыс. т свинца.

На нижнесилурийском уровне находятся также стратиформные свинцово-цинковые объекты о-ва Вайгач (*месторождение Раздельное* – руда 2217,7 тыс. т, свинец – 4,6 тыс. т, цинк – 41,4 тыс. т, серебро – до 10 г/т; *рудопроявление Красное* и др.), известные по работам Первой (1930-1935 гг.) и Второй (1940-1945 гг.) Вайгачских экспедиций под руководством проф. П. В. Виттенбурга.

Свинцово-цинковые объекты раннедевонского уровня. К этому стратиграфическому уровню приурочены объекты Безымянского рудного района, расположенного на Южном острове архипелага Новая Земля [Калечин, Орго, Семенов, 2002; Новое месторождение..., 2002]. Этот рудный район, относящийся к Вайгач-Южно-Новоземельской минерагенической области, продолжает по существу Амдерминско-Вайгачский ареал стратиформного свинцово-цинкового оруденения на более высоком стратиграфическом уровне.

Типовым объектом этого рудного района является *Павловское месторождение*, залегающее в раннедевонских известняках грибовской свиты. В рудном поле месторождения, занимающего площадь 12 кв. км, выделено три блока – Западный, Центральный и Восточный. Разведанная часть месторождения расположена в Восточном блоке. Свинцово-цинковое рудное тело прослежено по простиранию на 900 м при ширине 120-250 м при вертикальной мощности 50-100 м. Руды сложены колломорфным или тонкозернистым галенитом, сфалеритом и пиритом. Ведущим минералом руд является пирит (40-90 %), остальная часть руды сложена галенитом и сфалеритом. На месторождении выделены следующие минеральные типы руд: пиритовый, пирит-галенит-сфалеритовый и галенит-сфалерит-пиритовый, являющийся преобладающим. По текстурно-структурным особенностям выделены массивные (сплошные и гнездово-прожилковые), брекчиевые (петельчато-сетчатые), прожилково-вкрапленные и густовкрапленные типы руд. Содержание свинца в ру-

дах составляет 1,0-2,9 %, цинка – 1,6-17,1 %, серебра – 100-200 г/т, в рудах присутствует кадмий, висмут, таллий, индий и др. Общий минерально-сырьевой и ресурсный потенциал разведанной части месторождения по категориям $C_1+C_2+P_1+P_2$ приближается к 10 млн т суммы свинца и цинка.

Северное рудное поле расположено в 16 км севернее Павловского месторождения. Здесь развиты жильные руды, представляющие собой по существу природный концентрат, содержащий до 35 % цинка и до 20 % свинца. Известен ряд других перспективных объектов, в том числе с прогнозными ресурсами высоких категорий, сопоставимыми с запасами среднего месторождения, которые расположены как в Вайгач-Южноновоземельской, так и в Центральноновоземельской минерагенической области.

Свинцово-цинковые объекты других стратиграфических уровней. Помимо охарактеризованных отметим еще ряд проявлений, а по существу это пункты свинцово-цинковой минерализации.

На Северном Урале, в Ляпинско-Кутимском мегантиклинории, к углеродистым карбонатсодержащим песчано-сланцевым отложениям алевролито-аргиллитовой формации велсовской свиты RF₃ приурочены *Сурьинское, Верхне- и Средне-Кутимское проявления*, известные по работам В. В. Шалагинова (1975) и Б. В. Клименко (1978). Они представлены тонкой и мелкой послойной вкрапленностью глобулевидных и колломорфных сульфидов (пирит, сфалерит, галенит), приуроченных к границам карбонатных и сланцевых слоев. Содержания: свинец – до 0,1 %, цинк – до 0,1 % (в отдельных пробах – 5,4 %), медь – не более 0,2 %, золото – 1,1-3,2 г/т, серебро – до 16 г/т.

На Среднем Урале, в центральной части Кваркушко-Каменногорского антиклинория, А. М. Чумаковым (1976, 1979) выделен ряд участков с проявлениями стратиформной минерализации (*Кусьинский, Койвинский, Басегский, Березовский, Светлый*). Они приурочены к отложениям койвинской свиты (средняя часть серебрянской серии) позднего рифея (спарагмитовая формация). Эти отложения представлены здесь пестроцветными глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками с прослоями известняков, доломитов, щелочных базальтоидов и тиллитовидными конгломератами. Наиболее значительным из них является *Кусьинский участок*, барит-сульфидные руды которого залегают в горизонте пестроцветных гематитсодержащих сланцев мощностью 3-15 м. Руды представлены баритом, содержание которого достигает 88 %, халькопиритом, пиритом, малахитом, гематитом, лимонитом, редко отмечаются халькозин и ковеллин (содержание меди – 0,01-0,7 %).

На Среднем Урале, на восточном борту Кваркушко-Каменногорского антиклинория (бассейн рек Тискос и Подпора), Б. Д. Аблизиным (1966) и Б. К. Ушковым (1981) установлена тонковкрапленная существенно галенитовая минерализация (Pb – 2,32 %, Zn – 0,02 %) в прослое доломитизированных известняков, залегающем среди песчано-сланцево-тиллитовых отложений вильвенской свиты (аналог нижней части серебрянской серии). В делювиальных развалах обнаружены скопления обломков галенита размером до 12 см.

Несмотря на достаточную неопределенность геологической позиции, свинцово-цинковой минерализации в терригенных тиллитовых отложениях венда, она может и должна рассматриваться в качестве поискового признака объектов этого типа. Вероятным эталоном могут служить свинцово-цинковые месторождения

Скандинавии, залегающие в тиллитах эокембрия (т. е. венда), в том числе одно из крупнейших в Европе – месторождение Лайсвалль [Минеральные..., 1982]. Преимущественно вкрапленные руды этих месторождений, содержащие 4-5 % свинца, 0,3-1,2 % цинка, 10-30 г/т серебра, залегают, как правило, в чистых кварцевых песчаниках, выклиниваясь в глинистых песчаниках и глинистых сланцах. Генетическая природа этих месторождений остается невыясненной; допускается их определенная аналогия с медистыми песчаниками, хотя и без признаков существования восстановительных барьеров [Густафсон, Уильямс, 1984]. Такие объекты иногда называют «свинцовистыми песчаниками». Представляется, что при изучении и картировании площадей распространения рифей-вендских терригенных отложений подобные обстоятельства следует учитывать при их прогнозной оценке.

В окварцованных известняках S_2-D_1 на Среднем Урале известно *Уткинское проявление* свинцово-серебряных руд. Из архивных данных следует, что в составе этих руд присутствуют галенит, блеклая руды, халькопирит, самородные медь и серебро, находящиеся в кварцевой жиле, согласной с простираем известняков. Содержания в штучной пробе составляют: свинец – 12,7 %, медь – 9,8 %, серебро – 880 г/т. Такие минеральная ассоциация и содержания металлов могут быть объяснены, видимо, тем, что рудопоявление представлено окисленными регенерированными рудами, могущими служить индикатором стратиформного оруденения.

В позднедевонских и раннекаменноугольных известняках, доломитизированных известняках и доломитах Красновишерского района локализованы проявления у дер. Деминой, Бахаревское и ряд других пунктов минерализации. На *Бахаревском рудопоявлении* вкрапленность галенита (Pb 0,87-1,6 %) расположена в межпластовых зонах дробления раннекаменноугольных доломитов.

Как видно из изложенного, на всех достаточно хорошо изученных объектах присутствуют руды двух морфологических типов. К одному из них относятся согласные вкрапленные, струйчато-вкрапленные, линзовидно-вкрапленные руды с низкими содержаниями свинца и цинка, которые не превышают, как правило, первых процентов. Другой тип свинцово-цинковых руд – это регенерированные разности, приуроченные к тектоническим зонам, осложняющим согласные залежи. В этих зонах формируются рудные столбы, в которых содержания свинца и цинка резко возрастают, достигая соответственно 4-11 и 6-17 %.

Такое многоуровневое размещение свинцово-цинковых объектов является весьма сходным с позициями таких же месторождений в чехлах центральной и западной частей Восточно-Европейской платформы, а также на Северо-Американской, Сибирской и Китайской платформах. С учетом данных Д. И. Горжевского, Г. В. Ручкина, В. А. Перваго, а также автора это обстоятельство может быть проиллюстрировано следующим образом (табл. 1).

По существу на всех месторождениях названных провинций и районов присутствуют первичные сингенетичные руды и перекристаллизованные их разности. В тех случаях, когда месторождения подвержены контактовому метаморфизму более молодых гранитоидов, образуются зоны скарново-полиметаллических руд.

Наличие в осевой части и на западном склоне Урала значительного количества разномасштабных объектов, в том числе крупных и средних месторождений с промышленными содержаниями и запасами металлов, недостаточный уровень

изученности многих из них позволяет предполагать наличие более значительных скоплений свинцово-цинковых руд.

Таблица 1

Стратиграфическое размещение стратиформных свинцово-цинковых месторождений

Возраст	Центральная и западная части Восточно-Европейской платформы	Северо-Американская платформа	Сибирская платформа	Китайская платформа
Карбон	Сильвермайнс, Тайнаг, Наван, Кил, Аббитаун (Ирландия)	Три-Стейтс, Иллинойс-Кентукки, район Гилмен, Ледвиллская группа (США)		
Девон		Пайн-Пойнт (США)		Фанькоу (Китай)
Силур	Месторождения Сардинии			месторождения района Западная Хунань (Китай)
Ордовик	Месторождения Сардинии	Верхнемиссисипская долина, Маскотт-Джефферсон-Сити (США), Поларис, группа Корнуолес, Нэнисвик (Канада), Блэк Энджел, Ковер (Гренландия)		Месторождения провинций Хунань, Ляодунь (Китай)
Кембрий	Район Монтепиони (Сардиния)	Нью-Миссури, ЮВ Миссури, Остинвилл-Айванхо, район Юрика, район Пиоч (США), Блу Бел (Канада)		Йонхва I, Йонхва II (Ю. Корея)
Венд	Лайсвалль, Мойва, Левстранд, Вассбо, Белльвексберг (Швеция)		Сардана, Уруй, Таборное, Перевальное (Россия)	
Рифей		Балмат-Эдуардс (США)	Барвинское, Левольканское, Луговое (Россия)	Тэн-Бао-Шань (Китай)

Об этом, в частности, могут свидетельствовать также данные об изотопном составе свинцов этих месторождений и рудопроявлений. Нанесенные на диаграмму [Кэннон, Пирс, Антвейлер, 1973] точки, иллюстрирующие соотношения изотопов Pb^{206} , Pb^{207} , Pb^{208} месторождений и рудопроявлений Урала, расположены вблизи полей, оконтуренных для свинцов крупных месторождений (рис. 5). При этом названными авторами к крупному относится месторождение с суммарными запасами свинца и цинка 100 тыс. т и более.

Важной особенностью размещения свинцово-цинковых объектов на окраине ВЕП является их пространственная приуроченность к краевым частям Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций, а также структурно-парагенетическая и стратиграфическая сопряженность с нефтегазоносными и солеродными формациями.

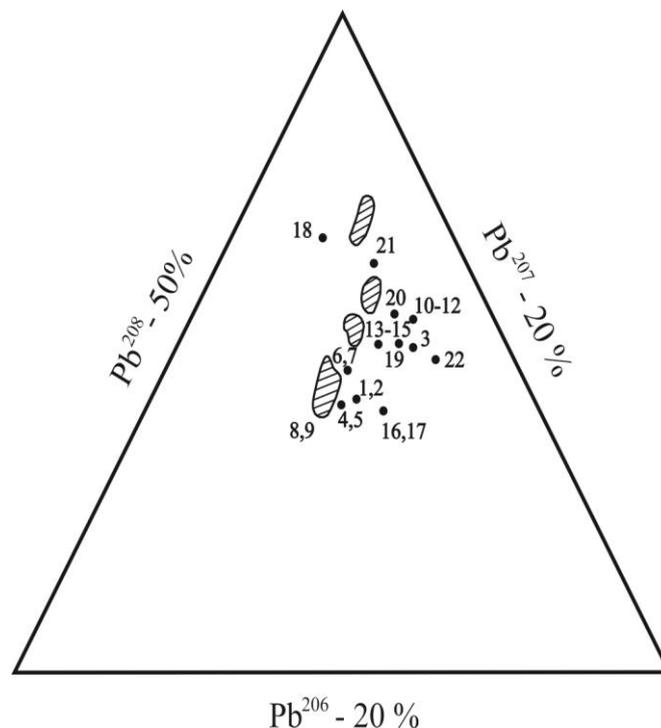


Рис. 5. Соотношение изотопного состава свинца руд стратиформных свинцово-цинковых месторождений и рудопроявлений Урала:

1-9 – Кужинское месторождение; 10-12 – Саурейское месторождение; 13-15 – проявления галенитовой минерализации на Бакальском сидеритовом месторождении; 16-17 – Верхне-Аршинское месторождение; 18 – Злоказовское рудопроявление; 19-20 – Балтаюртовское рудопроявление; 21 – Зилимское рудопроявление; 22 – Бойцовское рудопроявление. Заштрихованные поля отвечают составам свинцов крупных свинцово-цинковых месторождений. Используются данные Т. А. Широковой (1992) по Кужинскому и Верхне-Аршинскому месторождениям, Злоказовскому, Балтаюртовскому, Зилимскому рудопроявлениям, а также по галенитам из Бакальского сидеритового месторождения; по Бойцовскому рудопроявлению данные В. В. Парфенова (1984), полученные при ГДП-50 Билимбаевской площади; по Саурейскому месторождению – определения Е. В. Бибиковой (ГЕОХИ РАН им. Вернадского) образцов из коллекции Е. С. Контаря

Впервые на парагенетические связи рудных и нефтегазовых месторождений обратил внимание в начале XX века В. И. Вернадский. Проблема парагенезиса рудо- и нефтидогенеза, способствующая образованию многих промышленно важных месторождений, в последние годы привлекает внимание многих исследователей [Горжевский, Макеева, 1986; Горжевский, Голева, Донец, 1989; Густафсон, Уильямс, 1987; Парагенезис..., 1990; Связь..., 1988; Sverjensky, 1984; Павлов, 1989; Павлов, Домбровская, 1993; Павлов, Карцев, 1995; Контарь, 1999, 2007 и др.]. В докладе на XXIII сессии Международного геологического конгресса (Прага, 1968) А. Овтра отметил следующее: «...парадоксально – металлогения и нефтяная геология взаимосвязаны».

Не останавливаясь на обзоре этой проблемы, которая обстоятельно рассмотрена Д. И. Горжевским с соавторами [Парагенезис..., 1990], отметим лишь некоторые, наиболее важные ее аспекты.

Многие месторождения осадочных железных и марганцевых руд, ванадия, медистых песчаников, стратиформных свинцово-цинковых руд в карбонатных отложениях, а также баритовых, барит-целестиновых руд, флюорита (ратовкита) и ря-

да других видов минерального сырья расположены в краевых частях нефтегазоносных провинций и бассейнов, ассоциируя при этом с солеродными толщами. Рудообразование в этих обстановках обеспечивается сложным функционированием геогидродинамических систем, приуроченных к аконсервационным зонам нефтегазоносных провинций. Эти зоны представляют собой лишенные эффективной покрышки периферийные участки нефтегазоносных провинций. В этой области происходит разгрузка восходящих высокоминерализованных подземных вод и рассолов, сопряженных с нефтегазовыми залежами и имеющих нередко высокие температуры, сопоставимые с температурой гидротермальных растворов. Циркуляция таких горячих высокоминерализованных вод вдоль тектонических нарушений приводит к выщелачиванию из вмещающих пород металлов и переотложению их на различных геохимических барьерах. Рудные месторождения часто располагаются на одних стратиграфических уровнях с нефтегазовыми залежами или выше; те и другие залегают в одинаковых по литолого-фациальному составу образованиях. В частности, хорошо известна нефтегазолокализирующая роль карбонатных рифовых массивов, которые являются также рудовмещающими стратиформных свинцово-цинковых месторождений.

Нередко в коллекторских породах нефтегазовых месторождений присутствуют минералы, свойственные рудным месторождениям, – пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, барит, флюорит и др. В газовой-жидких включениях этих минералов рудных месторождений обнаруживаются твердые, жидкие и газообразные углеводороды нефтяного ряда, а сами рудовмещающие породы часто битуминизированы, и в них присутствуют, жилы- и каплевидные выделения битумов.

В нефтегазоносных и соленосных толщах часто залегают сероносные и сульфатные отложения, обеспечивающие присутствие в растворах сульфат-иона, необходимого для создания сероводородных осадительных барьеров. Нефтегазоносные территории представляют собой гигантские резервуары органического вещества, являющегося основным источником формирования металлоорганических комплексных соединений, в виде которых осуществляется перенос и отложение многих металлов.

В названных выше работах показано, что по таким моделям сформированы месторождения ряда черных и цветных металлов в различных металлогенических провинциях мира. К их числу, в частности, относятся: Керченско-Таманский бассейн оолитовых железных руд, Южно-Украинский марганцевый бассейн, Западно-Сибирский и Аятско-Алапаевский бассейны оолитовых железных руд, Предсудетско-Мансфельдская меденосная область с месторождениями медистых песчаников, стратиформные свинцово-цинковые руды Каратау, Северо-Американской платформы, Северной Африки, Средней Азии и др.

Если обратиться к окраине Восточно-Европейской платформы (рис. 6), то применительно к рассматриваемым объектам можно увидеть следующее. В Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПНПП) с ордовикским терригенным и силурийско-нижнедевонским карбонатным нефтегазоносными комплексами ассоциируют медистые песчаники, фосфориты, стратиформные свинцово-цинковые руды Саурейского месторождения, Кожимского и Качамыльского рудопроявлений (O_{2-3}) и Илычской группы месторождений (S_1); причем последние расположены в одноименном рифовом массиве, а нефти раннего силура являются высокосерни-

стыми (содержание серы достигает в них 3 %). Рудовмещающие карбонатные породы на этих месторождениях битуминизированы. Ассоциация свинцово-цинковых объектов с нефтегазоносными комплексами Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (ВУНГП) не столь очевидна, однако и здесь она имеет место. Так, на уровне саргаево-киселовского карбонатного нефтегазоносного комплекса, охватывающего стратиграфический интервал от основания франского яруса до кровли турнейского яруса, расположены свинцово-цинковые проявления Красновишерского района (С₁).

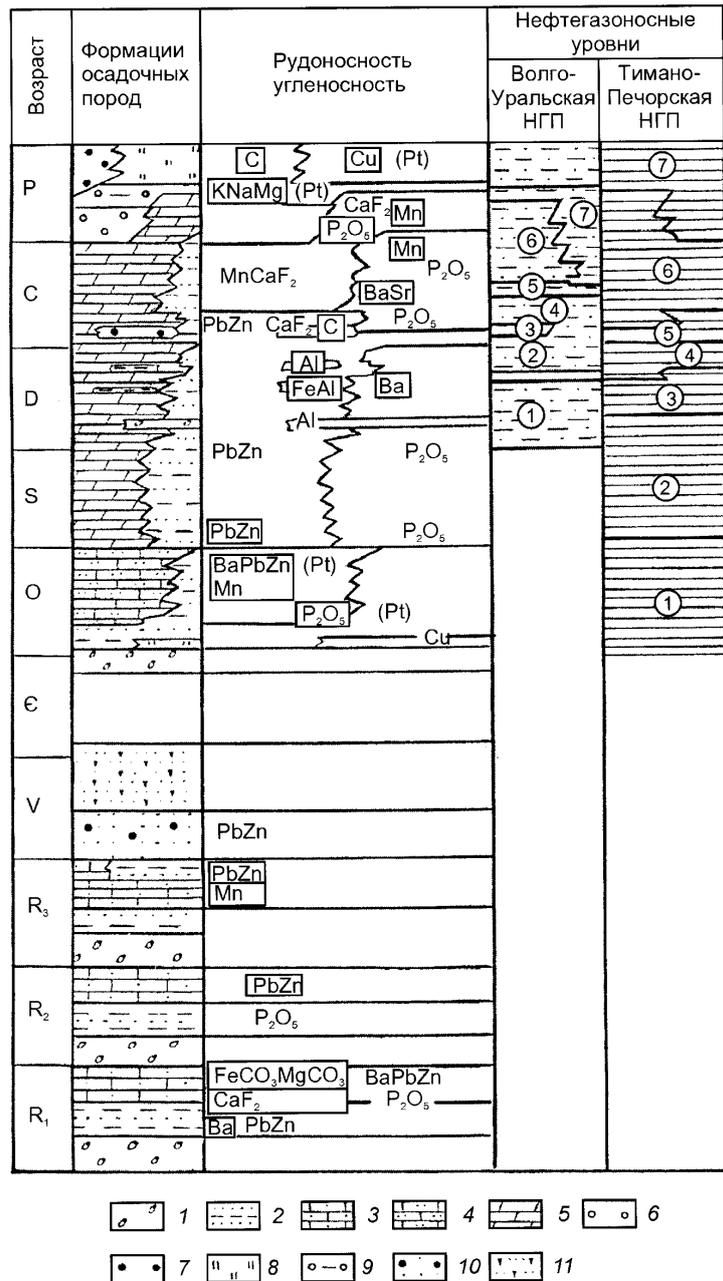


Рис. 6. Рудоносность, угленосность и нефтегазоносность в стратиграфическом разрезе восточной окраины Восточно-Европейской платформы (по Е. С. Контарю):

Что касается позднедокембрийских объектов, то В. П. Парначев [1987] показал, что терригенные и карбонатные породы этого времени характеризуются высокими концентрациями галогенов и что они формировались в неглубоком эвапоритовом бассейне с высокой степенью осолонения. Проведенное Т. И. Широковой [1992] изучение изотопного состава кислорода сульфатов, серы сульфидов и сульфатов руд барит-полиметаллических месторождений и вмещающих пород показало их примерную сингенетичность.

2.1.2. Объекты геолого-промышленного типа медистых песчаников

Медистые песчаники, которые И. С. Яговкин (1932) предложил разделять на собственно медистые песчаники и медистые сланцы, – это второй по значимости после меднопорфирового геолого-промышленный тип месторождений меди. На его долю приходится около 32,3 % мировых запасов меди. Медистые песчаники известны на всех континентах и характерны по существу для всех геологических эпох – от протерозоя до кайнозоя. По имеющимся оценкам [Наркелюн, Салихов, Трубачев, 1983], масштабы оруденения меди в месторождениях медистых песчаников и сланцев по эпохам их накопления характеризуются следующими цифрами (в % от общих ресурсов медистых песчаников и сланцев): протерозой – 55,1, кембрий – 3,8, ордовик-силур – 0,6, девон-карбон – 15,5, пермь-триас – 21,7, юра-мел – 2,5, палеоген-неоген – 0,8.

В странах СНГ на долю месторождений этого типа приходится не менее 35 % запасов меди, сосредоточенных в основном в Удоканском (ранний протерозой) и Джекказганском (карбон) месторождениях. Помимо этих двух районов, известно значительное количество мелких объектов, расположенных в различных регионах Восточно-Европейской и Сибирской платформ, на Мангышлаке, в Средней Азии и в других районах и не имеющих в настоящее время промышленного значения.

Условные обозначения к рис. 6

Формации: 1 – фалаховая, 2 – алевролитно-аргиллитовая (черносланцевая, углеродисто-сланцевая), 3 – терригенно-карбостромовая, 4 – терригенно-карбонатная (терригенно-известняково-доломитовая), 5 – карбонатная, в том числе карбонатно-рифовая, 6 – пестроцветная карбонатно-алевролитно-песчано-конгломератовая, 7 – пестроцветная эвапоритонесущая песчано-глинисто-карбонатная (сульфатно-соленосная терригенно-карбонатная), 8 – пестроцветная меденосная карбонатно-глинисто-песчаниковая, 9 – сероцветная паралическая угленосная, 10 – спаргамитовая, 11 – терригенно-флишоидная. **Месторождения и рудопроявления** (символы в прямоугольниках): FeCO₃ – сидеритовые руды, Fe – оолитовые сидерит-шамозитовые руды, Mn – карбонатные марганцевые руды, PbZn – стратиформные свинцово-цинковые (± барит, флюорит) руды, Cu – медистые песчаники, Al – бокситы, P₂O₅ – фосфориты, Ba(Sr) – баритовые (± целестин) руды, CaF₂ – флюоритовые руды, KNaMg – соли, MgCO₃ – магнезитовые руды, С – уголь каменный, (Pt) – присутствие платиноидов. **Нефтегазоносные комплексы:** *Волго-Уральская НГП:* 1 – нижнедевонско-кыновский терригенно-карбонатный, 2 – саргаевско-кизеловский карбонатный, 3 – визейский терригенный, 4 – визейско-башкирский карбонатный, 5 – верейско-подольский терригенно-карбонатный, 6 – подольско-филипповский карбонатный, 7 – верхнекаменноугольно-соликамский карбонатно-глинисто-сульфатно-соленосный; *Тимано-Печорская НГП:* 1 – ордовикский терригенный, 2 – силурийско-нижнедевонский карбонатный, 3 – среднедевонско-нижнефранский терригенный, 4 – верхнедевонский карбонатный, 5 – нижнекаменноугольный терригенный, 6 – верхне-визейско-нижнепермский карбонатный, 7 – ниже-верхнепермский терригенно-карбонатно-галогенный

Месторождения медистых песчаников приурочены к пестроцветным, красноцветным, сероцветным осадочным формациям, образованным в условиях аридного климата. Для них характерны пластовая форма залежей, локализация на определенных стратиграфических уровнях, широкое площадное распространение, многоярусное строение продуктивных толщ, тесная пространственная и парагенетическая сопряженность с эвапоритовыми толщами, приуроченность к аконсервационным зонам нефтегазоносных провинций [Парагенезис..., 1990 и др.].

Общими особенностями размещения месторождений медистых песчаников является их приуроченность к прогибам, геотектоническая природа которых разными авторами понимается неодинаково.

Так, Н. П. Херасков отмечал недостаточно выясненные связи тектонических структур и меденосных отложений, считая при этом, что медистые песчаники встречаются во впадинах разных типов.

Л. Ф. Наркелюн, В. С. Салихов, А. И. Трубачев [1983] в качестве главных геотектонических элементов, в которых размещаются рассматриваемые объекты, выделяют: миогеосинклинальные структуры, краевые прогибы, внутренние впадины и прогибы складчатых областей, внутриплатформенные прогибы, авлакогены, грабены, краевые части платформ.

Р. Н. Володин к типовым геотектоническим обстановкам формирования месторождений медистых песчаников относит орогены, области активизации, в том числе наложенные и межгорные впадины, внутриплатформенные прогибы, краевые части платформ.

Д. Г. Сапожников считает обычным приуроченность меденосных отложений к складчатым зонам и прилегающим к ним частям платформ. Н. С. Шатский относил эти отложения к аллохтонным платформенным образованиям и молассам прогибов или затухающей складчатой области. Н. М. Страхов считал, что меденосные формации располагаются в межгорных впадинах, предгорных прогибах и в краевых частях платформ.

Суммируя представления о геотектонической приуроченности медистых песчаников, Ю. В. Богданов с соавторами [Стратифицированные..., 1973] отмечают следующее. Большинство исследователей относят меденосные отложения к платформенным образованиям, «...но в равной мере развиваются взгляды о принадлежности их к структурам завершающих стадий становления складчатых поясов или к промежуточным переходным образованиям между складчатыми областями и платформами». При этом «... краевые прогибы являются платформенными структурами, но формирование их тесно связано с поздними стадиями развития соседних, близко от них расположенных складчатых областей».

Если провести беглый обзор геотектонических позиций главных меденосных провинций мира, то можно увидеть следующее.

Знаменитый медный пояс Замбии-Заира приурочен к протерозойским отложениям катангской серии, являющейся древним чехлом Южно-Африканского щита. В раннепротерозойском протоплатформенном чехле Алданского щита Сибирской платформы расположено Удоканское месторождение.

В позднерифейском чехле Северо-Американской платформы залегает месторождение Уайт-Пайн (США).

Хорошо известные месторождения Мансфельда-Предсудетской моноклинали (Польша, Германия) приурочены к образованиям пермо-триасового чехла Восточно-Европейской платформы на склоне Чешского кристаллического массива. Им совозрастны медепроявления восточной окраины платформы в Предуралье.

Джезказганский рудный район приурочен к одноименной серии пестро-красно-сероватных осадков каменноугольно-пермского возраста, слагающих мульды, наложенные на консолидированные, пережившие орогенный этап развития каледониды Центрального Казахстана. Поэтому многие авторы относят структуру Джезказганского района к типу наложенных мульд во внешних поясах складчатых областей. Ю. В. Богданов отмечает, что к среднему девону западная часть Центрального Казахстана утратила черты типичной геосинклинали и превратилась в субплатформенную область.

Месторождения медистых песчаников и сланцев локализуются в прибрежно-морских, заливно-лагунных, лагунно-дельтовых и дельтовых отложениях, образованных в аридных условиях при повышенной солености вод. Рудовмещающими породами являются серые полимиктовые песчаники, содержащие повышенные количества органического вещества в виде углефицированного растительного детрита, чередующиеся с красноцветными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, глинистыми сланцами, мергелями, известняками, доломитами; нередко прослой гипса.

Основными рудными минералами являются халькозин, борнит и халькопирит, в распределении которых нередко проявлена концентрическая или линейная зональность. Первая выражается в том, что внутренняя часть рудных тел сложена халькозиновыми рудами, сменяющимися к периферии борнитовыми, а затем халькопиритовыми и пиритовыми. При линейной зональности расположение этих зон по отношению к границам морского бассейна может быть прямым, когда первая от берега зона сложена халькозином, или обратным, если эта зона представлена пиритом.

На восточной окраине ВЕП проявления медистых песчаников известны на двух стратиграфических уровнях – раннеордовикском и пермском.

Медистые песчаники раннеордовикского уровня. Объекты этого стратиграфического уровня распространены только на Полярном и Приполярном Урале. Рудоносными здесь являются индысейские слои аренига, залегающие в отложениях алевролито-аргиллитовой формации (малопайпудынская и усинская свиты манитаньрдской серии и их аналоги) [Ордовик..., 1990; Госгеолкарта-1000/3 листа Q-41, 2005]. Из других регионов России с раннеордовикскими медистыми песчаниками следует отметить ряд районов Сибирской платформы, где продуктивными являются отложения усть-кутской свиты. В ней расположено большое количество рудопроявлений и пунктов минерализации, однако ни одного промышленного объекта на этом возрастном уровне не известно [Наркелюн, Салихов, Трубачев, 1983].

Эти отложения представлены красно- и зеленоцветными песчаниками и сланцами, обладающими косою и линзовидной слоистостью. Минерализация борнита, халькопирита, ковеллина, куприта, азурита, малахита, самородной меди в виде вкрапленности, налетов, примазок и небольших линзовидных выделений расположена в области перехода от красноцветных песчаников к зеленоцветным и в последних.

На Полярном Урале по существу все проявления медистых песчаников расположены в Западно-Уральской металлогенической зоне, где они залегают в нижнеордовикских отложениях, стратиграфически ниже терригенно-карбонатных толщ

O₂₋₃ со стратиформным свинцово-цинковым оруденением. Такие соотношения проявлены и в районах Центральной Европы, где пермские меденосные толщи подстилают терригенно-карбонатные отложения триаса (кейпер) со стратиформными свинцово-цинковыми рудами.

Наиболее изученными объектами этой металлогенической зоны являются *мелкое месторождение Падьягинское (Падьягамусюрское)* и *рудопроявление Капкановское*.

Месторождение Падьягинское (Падьягамусюрское), согласно имеющимся материалам (Гульбис, Юдин, 1998; Госгеолкарта-1000/3 листа Q-41, 2005), приурочено к раннеордовикской алевролитно-аргиллитовой формации (пестроцветные отложения в области контакта малопаппудынской и усинской свит). Рудоносный горизонт представлен чередованием линзовидных прослоев песчаников, алевролитов и сланцев. Нижняя его граница определяется по смене сероцветных отложений красноцветными, верхняя – по данным опробования. Сульфидное оруденение приурочено к песчаникам. Рудовмещающие породы смяты в антиклинальную складку, крылья которой осложнены складками более высоких порядков. Осевая плоскость складки наклонена на юго-восток под углами 20-25°. Рудоносный горизонт прослежен на 3 км по простиранию и до 600 м по падению. Мощность его колеблется от 1,5-2 до 3,7-5,5 м, достигая 25-28 м в шарнирах складок (структура типа складок нагнетания) на участке Периклиналином.

На объекте выделены 4 минеральных типа руд: борнит-халькозиновый, борнит-халькопиритовый, халькопиритовый и халькопирит-галенитовый, т. е. имеют место составляющие трансгрессивной концентрической зональности. Текстура руд прожилковая и прожилково-вкрапленная при мелкозернистой структуре минеральных агрегатов (до 1 мм). Содержание меди в руде варьирует от 0,1 до 10 %; среднее ее содержание составляет 0,65 % при бортовом – 0,2 %. По этим параметрам до глубины 300 м подсчитаны авторские запасы по категории С₂ в количестве 25 тыс. т меди (3,85 млн т руды) на площади около 0,3 км². Поскольку эти запасы не утверждены, они квалифицируются как прогнозные ресурсы категории Р₁. Для Падьягинского рудного поля на площади 50 км² по категории Р₂ оценено 250 тыс. т меди (38,5 млн т руды) до глубины 300 м (Королева, Лычаков, 1991).

Наряду с медью проведена ориентировочная оценка количеств серебра и золота. Среднее содержание серебра определено в 50 г/т, золота – 0,1 г/т. При этих содержаниях количество серебра составит 192 т, золота – 385 кг. Для халькопирит-борнит-халькозиновых руд этого объекта выполнены лабораторные испытания по химическому выщелачиванию, показавшие высокую вскрываемость руд с выходом совокупного серебро-медного промпродукта не менее 75 % от исходного количества этих металлов в руде.

Рудопроявление Капкановское, как это следует из имеющихся материалов (Ковальчук, Лозовец, Диденко и др., 1975), залегает в той же позиции, что и Падьягинское месторождение. В нем проявлена преимущественно халькопиритовая минерализация с содержанием меди 0,21-0,97 % и серебра – до 5 г/т.

На Приполярном Урале, в структурах Западно-Уральской зоны, расположено несколько интересных проявлений медистых песчаников (Саурипейское, Молодвожское, Косьюнское и др.).

Сауринейское рудопроявление приурочено к границе нижней (пестроцветной) и верхней (сероцветной) толщ манитанырдской серии O_1 , ближе к основанию верхней толщи. Рудопроявление состоит из участков № 3, Скального, Проточного и Малоусинского. Наиболее изученным является участок Скальный. На нем, в сложнопостроенном рудоносном горизонте мощностью до 110 м, выявлены с поверхности десятки рудных линз мощностью от 0,7 до 14,7 м при ширине выходов 25-70 м. Суммарная мощность рудных линз достигает 63 м. С поверхности, в зоне окисления и выщелачивания, где пористость руд достигает 13-20 %, рудные минералы представлены в основном малахитом, ковеллином, купритом, самородной медью, среднее содержание меди – 0,5 % и серебра – 52 г/т. В участках с первичной борнит-халькозиновой минерализацией содержание меди достигает 2-2,5 %, а серебра – 150-200 г/т. На глубине до 18 м интенсивность оруденения возрастает и достигает 1,95 % меди на 7-метровую мощность. Минеральная зональность оруденения выражена в развитии халькозин-борнитовых руд в нижней части рудоносного горизонта, а халькопирит-пиритовых – в его верхней части, т. е. проявлены элементы трансгрессивного варианта концентрической зональности. На глубину оруденение не изучено, имеются предположения о возможном его развитии до 500 м.

В 1981 г. в ЦНИГРИ выполнено изучение технологических свойств руды, содержащей 2 % меди, 144 г/т серебра и 0,08 г/т золота. Это изучение показало, что флотацией из исходной руды можно получить высококачественный медный концентрат марки КМО с содержанием меди 43,5 % и серебра 2 330 г/т и второй окисленный медный концентрат марки КМ5, содержащий 20,3 % меди и 1 080 г/т серебра. Извлечение металлов в оба концентрата составляет: меди – 89,2 %, серебра – 87,4 %. Цианирование хвостов флотации позволяет дополнительно извлечь 6,9 % меди и 8,8 % серебра. Золото на 50 % извлекается в продукты обогащения.

Молюдвожское рудопроявление залегает в породах алевролит-аргиллитовой формации O_1 (молюдмусюрская свита). Рудоносный горизонт мощностью до 150 м (в раздувах до 400 м) протяженностью до 2,5 км локализован в подошве зеленоцветных терригенных пород (песчаники и конгломераты) на контакте с их красноцветными разностями. В нем поверхностными работами выявлено 6 линзовидных рудных тел мощностью от первых метров до 6 м, протяженностью 100-150 м, реже 400-500 м. По данным бороздowego опробования канав содержание меди колеблется от 0,38 % на мощность 15,1 м до 1,26 % на мощность 4 м. В отдельных пробах содержание меди достигает 4,35 %. Содержание серебра колеблется от 20 до 70 г/т, а в одной штуфной пробе было установлено 347 г/т. В двух штуфных пробах определено золото в количестве до 2 г/т. Минеральный состав руд: халькозин, борнит, халькопирит, редкая вкрапленность самородной меди. На рудопроявлении проявлена вертикальная минеральная зональность, выраженная в расположении халькозин-борнитовых руд в нижней части горизонта, а халькопиритовых – в верхней. Серебро связано с медными минералами, максимальные его содержания приурочены к халькозин-борнитовым рудам.

Косьюнское рудопроявление расположено на территории Коми национального парка «Югыд ва», который вместе с Печоро-Илычским биосферным заповедником под общим названием «Девственные леса Коми», включен в Список объектов всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

Рудопроявление состоит из нескольких меденосных синклинальных структур общей площадью 50 км², из них 40 км² занимает Нидысейская синклиналь. Наиболее изучены северная часть Нидысейской синклинали и синклиналь Теснинная I. Рудовмещающими породами здесь являются сероцветные песчано-сланцевые отложения подошвы саледской свиты манитанырдской серии раннего ордовика.

Руды локализованы в единичном горизонте мощностью 1-7 м, занимающем площадь около 200 км². В раздувах мощность его достигает 30-35 м (синклиналь Теснинная I). Глубина залегания горизонта от 0 до 300-350 м. Рудные тела – это маломощные (1,6-3,1 м), но выдержанные на больших площадях плащеобразные залежи со средним содержанием меди 0,54-0,6 %. На отдельных интервалах содержание меди достигает 1,11 % на мощность 16,31 м, 1,38 % – на 9,4 м и даже 8,84 % – на 0,7 м.

Минеральный состав первичных руд – халькозин, борнит, халькопирит, пирит; вторичных – малахит, лимонит, ковеллин, самородная медь, куприт, гипергенный халькозин. Минеральные типы первичных руд – халькозиновый, борнит-халькопиритовый, халькопирит-пиритовый. С поверхности до глубин 50-70 м широко развиты окисленные руды. Вертикальная зональность проявлена в смене от подошвы к кровле горизонта следующих минеральных ассоциаций: халькозин+борнит → борнит+халькопирит → халькопирит+пирит и пирит.

Технологическими исследованиями, выполненными в ЦНИГРИ, разработаны флотационная и комбинированная (флотация и гидрометаллургия) схемы, обеспечивающие высокое (до 92,7-98 %) суммарное извлечение меди в концентрат марки КС-3 и медьсодержащий раствор.

По наиболее изученным синклиналям (Теснинная I, Теснинная II, Становая, Нидысейская) оценены прогнозные ресурсы меди по двум вариантам бортовых содержаний – 0,2 и 0,4 %. По первому варианту они составили: руда – 396,6 млн т, медь – 2,3 млн т, среднее содержание – 0,58 % на мощность 2,95 м; по второму варианту: руда – 266,7 млн т, медь – 2 млн т, среднее содержание – 0,75 % на мощность 1,85 м. Прогнозные ресурсы квалифицированы по категории Р₂. По синклинали Теснинная I был проведен авторский, не рассмотренный ГКЗ и ТКЗ подсчет запасов по категории С₂, по которому запасы меди составляют 322 тыс. т, при бортовом содержании 0,4 % и среднем содержании по рудной залежи 0,8 %.

Медистые песчаники пермского уровня. Основным ареалом распространения медистых песчаников пермского возраста являются обширные районы Предуралья, относящиеся к структурам Предуральского прогиба [Малюга, Проскуряков, Козлов, 1967; Геология СССР, т. XII, 1969; Наркелюн, Салихов, Трубачев, 1983; Лурье, 1988; Контарь, Либарова, 1997; Контарь, 1999 и др.]. В этом регионе медистые песчаники обрабатывались с древнейших времен, а начало их промышленной эксплуатации относится к 1724 г. По данным И. С. Яговкина, за 200 лет эксплуатации в Предуралье было разведано не менее 7,5 тыс. промышленных участков с общими запасами около 500 тыс. т меди. В XVIII и XIX веках на этих рудах работало до десяти заводов, которые в период расцвета производили 2 000–2 700 т штыковой меди в год. Однако уже с середины XIX в. роль медистых песчаников заметно снизилась в связи с интенсивной обработкой медноскарновых месторождений и вовлечением в промышленное освоение медноколчеданных. Поэтому в начале

XX в. были закрыты последние заводы, использовавшие в качестве руды медистые песчаники.

Меденосными в Предуралье являются надсоленосные позднепермские отложения. Наиболее интенсивное оруденение расположено на их различных стратиграфических уровнях и обладает определенной латерально-вертикальной зональностью. Она выражена омоложением рудоносных уровней в южном направлении. Так, в Пермском Предуралье меденосны отложения шешминского горизонта (верхнеуфимский подъярус), в Башкирском – нижнеказанские отложения; в Оренбургском – верхнеказанские и татарские отложения, а в Актюбинском – кроме татарских меденосными являются также и раннетриасовые отложения.

Продуктивны пестроцветные образования, представленные сложно переслаивающимися красно- и сероцветными песчаниками, конгломератами, аргиллитами, алевролитами, мергелями, известняками. Сероцветным образованиям свойственны примеси как диспергированного, так и углефицированного органического вещества, прослой бурых углей, загипсованность, особенно при переходе к красноцветам. Накопление этих осадков происходило в разнообразных фациальных обстановках – прибрежно-морских, русловых, озерных, дельтовых.

Рудные скопления имеют ленто-, линзо-, лепешковидную форму. Размеры их варьируют в широких пределах: по длине – от первых десятков метров до 1,5 км, по ширине – от первых метров до 150, редко 400 м, мощность – от 0,1-0,2 до 6-8 м. Они залегают в интервале от поверхности и до изученных глубин в 60-80 м и часто расположены на нескольких гипсометрических уровнях, разделенных безрудными или слабоминерализованными породами. На некоторых участках присутствует от 2-3 до 5-6 рудных уровней.

Оруденение приурочено ко всем разностям меденосных толщ, однако его интенсивность определяется литологическим составом рудовмещающих пород. Наиболее высокие содержания (до 12 % меди) свойственны конгломератам; в песчаниках они составляют 2-2,5 %, в мергелях, глинистых сланцах – 2-4 %, в известняках – до 1,5 %. Средние же содержания меди, как правило, не превышают 1,5-2 %. Помимо меди, в медистых песчаниках содержатся также ванадий (до 1 %), серебро (до 100 г/т), золото (до 2 г/т), свинец и цинк (до 2-3 %), кадмий, германий, селен, теллур, кобальт, рений в количествах, допускающих их попутное извлечение.

Основными рудными минералами являются халькозин, борнит, халькопирит, пирит; в зонах окисления развиты ковеллин, куприт, тенорит, малахит, азурит, самородная медь, фольбортит (водный ванадат меди – $\text{CuCa}[\text{VO}_4][\text{OH}]$), самородная сера. Минералы меди пропитывают конгломераты и песчаники в виде цемента, в известняках, мергелях и сланцах они расположены по плоскостям наложения, по трещинам и концентрируются вблизи от участков, обогащенных органическими остатками и углефицированным веществом.

Типовым объектом медистых песчаников пермского уровня является *Каргалинское месторождение* (Оренбургская область), приуроченное к нижней части разреза отложений татарского яруса (рис. 7).

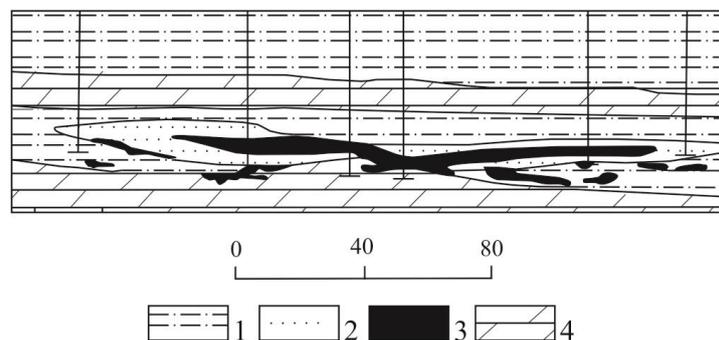


Рис. 7. Разрез Старо-Мясниковского отвода Каргалинского месторождения (по «Геология СССР», т. XIII, схематизировано):
1 – песчаники; 2 – минерализованные породы; 3 – рудные тела; 4 – мергели

В XVIII-XIX веках это месторождение обрабатывалось мелкими карьерами и неглубокими шахтами, отвалы которых доступны для изучения. Оруденение распространено на площади около 300 кв. км. Руды представлены медистыми песчаниками, медистыми конгломератами и медистыми мергелями. Рудные тела имеют ленто-, линзо-, лепешковидную форму протяженностью от 50 до 1 500 м, при ширине 4-150 м и мощности 0,2-4,5 м; они залегают на глубинах до 60 м. Главными минералами руд являются малахит и азурит, редко присутствуют куприт и халькозин. Неравномерность распределения рудных минералов отражается в широком диапазоне содержаний меди – от 0,5 до 15 %. Оцененные В. Л. Малютиным в конце 30-х – начале 40-х годов XX столетия запасы на этом объекте составляют по категориям В+С₁ 48,8 тыс. т, С₂ – 104,7 тыс. т, всего 153,5 тыс. т при среднем содержании меди 1,68 % (Геология СССР, т. XIII, 1966). С тех пор запасы месторождения не переоценивались.

В рудах этого месторождения установлены высокие содержания благородных металлов [Полуаршинов, Константинов, 1994; Нетрадиционные типы..., 1999]. Средние содержания в объединенной валовой технологической пробе, отобранной из отвалов, составляют, г/т: платина – 18,3, палладий – 13,8, родий – 0,27, рутений – 0,46, иридий – 20,5, золото – 2,37, серебро – 22,4. В штучных пробах мелко- и среднезернистого песчаника определены, г/т: платина – 20-75, палладий – 2,93-23,0, родий – 0,76-6,65, рутений – 1-7,73, иридий – 1,3-7,42, золото – 7,7-25,8, серебро – 57-267; в углефицированной древесине соответственно до 18,0, 7,5, 1,0, 1,0, 2,8, 16,8, 267. Приведенные данные свидетельствуют о том, что концентрации благородных металлов в медистых песчаниках Предуралья сопоставимы с таковыми в месторождениях польского цехштейна, г/т: платина – 10-370, палладий – 10-120, иногда до 1000, золото – 5-3000, серебро – 20-5780 [Kucha, 1982].

Возможность промышленного освоения этих объектов способом кучного выщелачивания обоснована А. Б. Халезовым [2011].

Медистые песчаники Предуралья одновозрастны крупным рудным скоплениям Предсудетско-Мансфельдского региона Центральной Европы. Меденосны здесь отложения красного лежня и цехштейна. Отложения красного лежня (ранняя пермь) представлены конгломератами, аркозовыми песчаниками, сланцами, а также небольшими количествами щелочных вулканитов. Залегающие выше отложения цехштейна (поздняя пермь) – это чередующиеся конгломераты, песчаники,

глинистые сланцы, мергели, доломиты, известняки, соли, ангидриты. Литология и фации этих отложений идентичны развитым в Предуралье. Зона промышленных руд с содержанием меди на уровне 2 % при средней мощности около 2 м (пределы колебаний – 0,3-11,2 м) приурочена к стратиграфическому уровню, отвечающему контакту красного лежня и цехштейна. Выше, в отложениях цехштейна, расположена надрудная забалансовая зона (содержания меди 0,3-0,9 %) и верхняя зона малых концентраций (содержания меди до 0,3 %). Аналогичные подрудные зоны развиты локально. Однако главный рудоносный уровень залегает ниже соленосных отложений. Поэтому представляется вероятным, что меденосные горизонты Предуралья, которые расположены выше эвапоритовых толщ кунгурского яруса и соликамского горизонта, могут быть сопоставлены с надрудной забалансовой зоной нижнего цехштейна. Зоне промышленных руд Предсудетско-Мансфельдской меденосной области в Предуралье может отвечать нижняя часть уфимского яруса P_2 , кунгурский и артинский ярусы P_1 . Здесь развиты известняки, доломиты, мергели, песчаники, алевролиты, аргиллиты и мощные толщи солей. Поскольку продуктивный уровень в Предсудетско-Мансфельдской области расположен под солями, то можно допустить, что и в Предуралье благоприятными могут быть подсоленосные или флангово-соленосные отложения.

Принципиальная сопоставительная позиция медистых песчаников Предуралья и Предсудетско-Мансфельдской области показана на рис. 8.

Медистым песчаникам ордовикского и пермского уровней, как и стратиформным свинцово-цинковым рудам, свойственна парагенетическая и структурно-стратиграфическая сопряженность с нефтегазоносными комплексами (см. рис. 6). Так, на уровне ордовикского терригенного нефтегазоносного комплекса Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции располагаются проявления медистых песчаников Полярного и Приполярного Урала, имеющие тот же возраст. В Волго-Уральской нефтегазоносной провинции пермские проявления медистых песчаников приурочены к ее восточной аконсервационной зоне. Они локализованы на уровне верхнекаменноугольно-соликамского (от основания верхнего карбона до кровли соликамского горизонта уфимского яруса) карбонатно-глинисто-сульфатно-соленосного нефтегазоносного комплекса. Близкая ситуация присуща Предсудетско-Мансфельдской меденосной области, которая контролируется южной аконсервационной зоной Центрально-Европейского нефтегазоносного бассейна. Л. Ф. Наркелюн с соавторами [1983] указывает, что наиболее значительные объекты Любин и Серошовице были открыты при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ. Рудовмещающие породы содержат в среднем (в зависимости от литологического состава) от 0,31 до 4,3 % $C_{орг}$. Причем установлена прямая и высокая корреляционная связь (коэффициент корреляции 0,73) между содержаниями меди и $C_{орг}$.

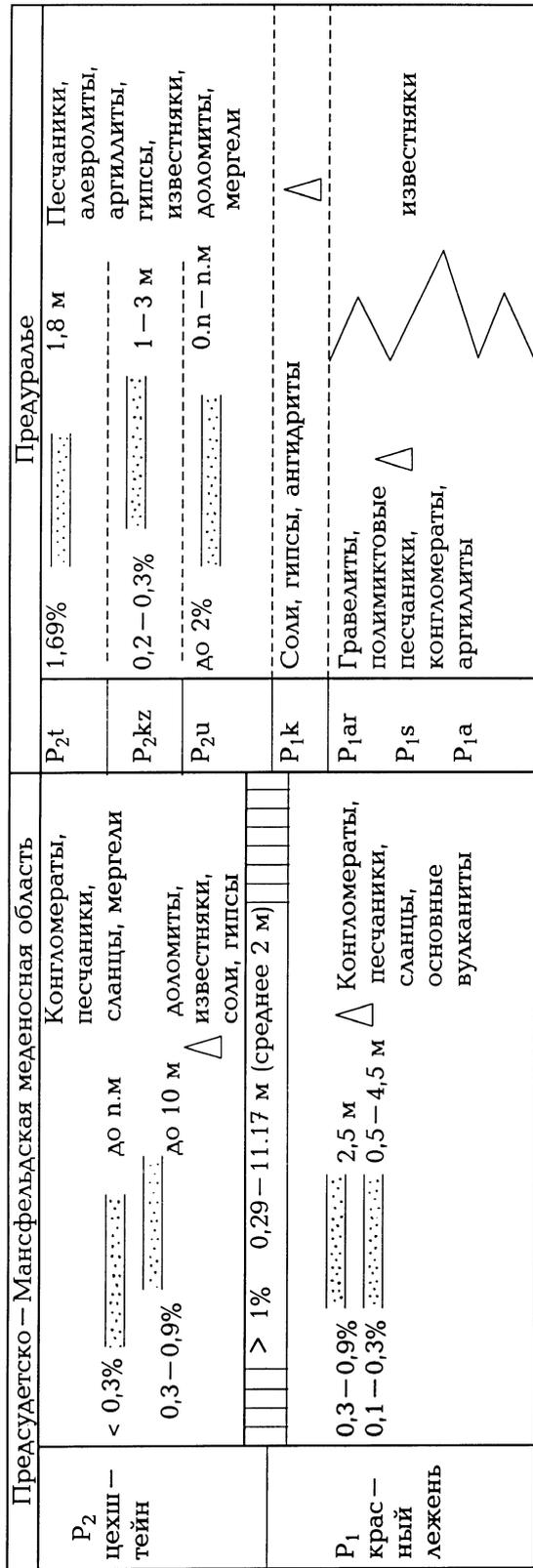


Рис. 8. Сопоставление позиций медистых песчаников Предсудетско-Мансфельдской области и Предуралья:
 1 – основной рудоносный уровень; 2 – второстепенные рудоносные уровни и их вероятные аналоги;
 3 – нефтяные и газовые месторождения

2.1.3. Объекты медно-никелевого геолого-промышленного типа

В комплексах платформенного чехла окраины ВЕП известны мелкие проявления медно-никелевых руд. Они приурочены к дайкам габбродолеритов ордовикской трапповой формации (орангюганско-лемвинский комплекс и его аналоги), расположенным на разных уровнях разреза позднедокембрийских и палеозойских терригенно-карбонатных отложений. Протяженность этих даек составляет 300-500, редко до 1 500 м, мощность – не более 100 м.

Наиболее известными рудопроявлениями являются *Ишеримское* и *Чурольское (Усть-Чурольское)* – на Среднем Урале, *Центральное, Хановей-Шор* – на Пай-Хое. Вкрапленные сульфидные руды имеют форму мелких линз и шлиров протяженностью не более 2,5 м и шириной до 1 м. Сульфиды представлены никельсодержащим пиритом, пирротинном, пентландитом, халькопиритом. Содержания никеля в этих рудах составляет 0,1-1 %, меди – 0,3-1,4 %. Согласно данным Ю. А. Волченко с соавторами (1999), в рудах присутствуют МПГ в следующих количествах, г/т: платина – 0,1-0,4, палладий – 0,1-0,35, а также золото – до 0,1.

2.1.4. Объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства

Мелкие месторождения и проявления колчеданных руд расположены в структурах Полярного Урала и в Уралтауском антиклинории.

Колчеданные объекты Полярного Урала. На Полярном Урале колчеданные проявления средне-позднерифейского возраста располагаются в пределах Хараматалоу-Тыкотловской и Полярно-Уральской (Оченырдно-Манитанырдноской) металлогенических зонах.

Основной колчеданоносной структурой Хараматалоу-Тыкотловской зоны является Хараматалоуский рудный район, представляющий собой блок, имеющий форму сферического треугольника. Он располагается между Рай-Изским и Войкаро-Сыньинским ультрамафитовыми массивами и имеет с ними повсеместные тектонические ограничения. Колчеданоносной в этом районе является базальтриолитовая формация, соответствующая хараматалоуской и ивтысьшорской свитам среднего-позднего рифея.

В пределах Хараматалоуского рудного района известны Тышорское месторождение, не учтенное Государственным балансом, и ряд рудопроявлений (Монтолорское, Верхне-Елецкое, Елецкое 1 и 2).

На *Тышорском месторождении* (рис. 9) в результате поисковых и поисково-оценочных работ, выполненных в 1988-1992 гг. (Анохин, 1992), выявлено 16 лентовидных рудных тел, кулисно расположенных в зоне, представленной пиритсерицит-кварцевыми метасоматитами. Протяженность рудной зоны по простиранию – 1 300 м, мощность – 50-150 м, по падению зона изучена до глубины 300 м.

Рудные тела залегают в зоне метасоматитов, согласной с вмещающими породами; она имеет северо-западное простирание и падение на юго-запад под углами 70-80°. Руды месторождения являются преимущественно прожилково-вкрапленными, иногда содержащими линзы сплошных руд, по составу – колчеданно-полиметаллическими (медно-свинцово-цинковыми).

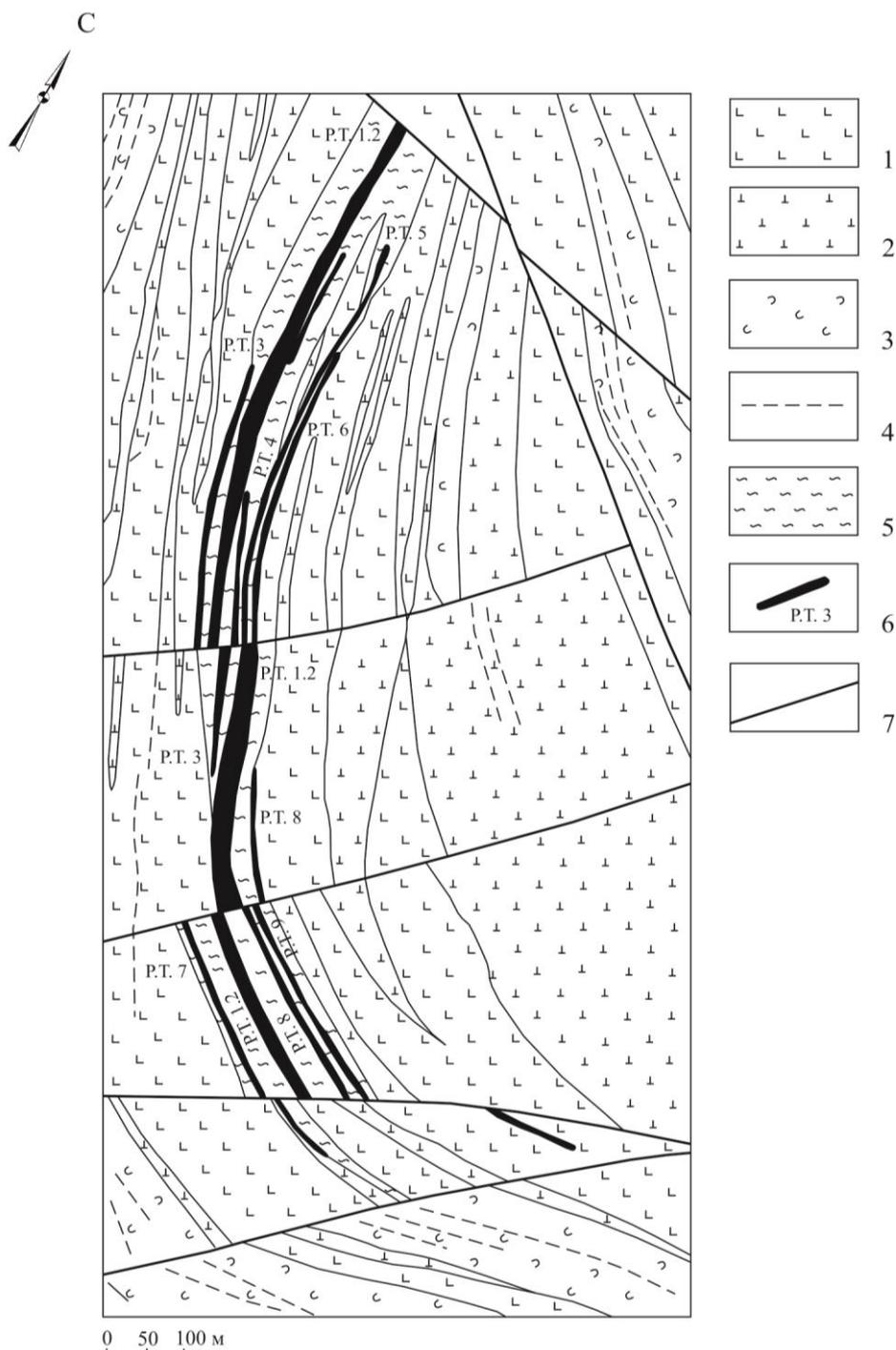


Рис. 9. Геологическая карта Тышорского месторождения (по О. М. Анохину, схематизировано):

1 – metabазальты; 2 – метариолиты; 3 – вулканотерригенные породы; 4 – углеродисто-кремнистые (углеродисто-филлитовые) сланцы; 5 – пирит-серicits-кварцевые (± хлорит) метасоматиты; 6 – рудные тела и их номера; 7 – разрывные нарушения

Наиболее крупными являются рудные тела 1 и 2, прослеженные по простиранию на 1 300 м, по падению на 210-330 м (до глубин 180-300 м) при средней мощности 2,4-5,6 м (при максимальных мощностях до 6,9 и 17 м). Содержания в этих рудных телах следующие: медь – 0,3-0,7 %, цинк – 1,16-4,38 %, свинец –

0,15-0,8 %, сера – около 6 %, золото – 0,2-1,06 г/т, серебро – 9-75 г/т. В составе этих рудных тел выделяются мелкие линзы сплошных руд, содержащих до 3,5 % меди, 26-38 % цинка, 3,4-6 % свинца, 3,2-4,6 г/т золота и 100-550 г/т серебра.

Остальные рудные тела являются более мелкими. Они прослежены по простиранию на 140-500 м, по падению на 70-280 м (до глубин 130-180 м) при средних мощностях от 0,6 до 3,8 м. Эти рудные тела содержат 0,06-2,78 % меди, 0,4-10,3 % цинка, 0,02-0,73 % свинца, 3,2-17,3 % серы, 0,2-6,4 г/т золота и 9-124,6 г/т серебра.

Минеральный состав руд, %: пирит – 9, халькопирит – 0,3-11, сфалерит – до 26,6, галенит – до 5. В рудах месторождения установлены типичные для колчеданно-полиметаллических объектов рассеянные элементы Cd, In, Ga, Ge, Tl, Te, Se.

Согласно выполненным О. М. Анохиным оценкам, на месторождении до глубины 350 м по сумме категорий C_2+P_1 подсчитано 9,1 млн. т руды, содержащей 55,8 тыс. т меди (0,64 %), 228,8 тыс. т цинка (2,5 %), 24,3 тыс. т свинца (0,26 %), 546,7 тыс. т серы (6,0 %), 7,9 т золота (0,86 г/т), 247,5 т серебра (27 г/т), 1 111,2 т кадмия (121,5 г/т), 16,6 т индия (1,8 г/т), 151,8 т галлия (16,6 г/т), 16,3 т таллия (1,78 г/т), 179,3 т теллура (19,6 г/т), 50,6 т селена (5,53 г/т), 32,9 т германия (3,6 г/т). Кроме того, на этом же объекте по категории P_1 оценено около 250 тыс. т сплошных серноколчеданных руд, содержащих 132,3 тыс. т серы.

Технологические исследования руд Тышорского месторождения показали возможность получения коллективного сульфидного концентрата, содержащего 5,3-8,8 % меди, 12-21 % цинка, 29-33 % серы с извлечением в концентрат меди 87 %, цинка – 45-50 %, серы – 26-51 % и выход концентрата на уровне 13-20 %.

Монтолорское проявление представлено сульфидно-магнетитовыми рудами, которые могут представлять собой фланговые части колчеданной системы. По сумме категорий P_1 и P_2 ресурсы этих руд оценены в 306,5 тыс. т с содержанием меди 0,6 %, цинка – 0,08 %, свинца – 0,17 %, золота – 4 г/т, серебра – 11 г/т; в этих рудах оценено 1 837,5 т меди, 1,226 т золота и 3,371 т серебра.

На *Верхне-Елецком рудопроявлении* выявлены три линзовидных тела густовкрапленных и массивных колчеданно-полиметаллических руд, прослеженных по простиранию на 30-175 и по падению – на 45-90, при мощности 2-8 м. Минеральный состав руд – пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, редко встречаются борнит и блеклые руды. Среднее содержание меди в рудных телах – 0,24-0,47 % (при максимальных до 1,34 %), цинка – 0,1-2,03 %, свинца – 0,1-1,04 %, золота – 0,3-0,8 г/т, серебра – 0,8-16 г/т. Зона окисления мощностью 3-10 м представлена бурыми железняками и охрами.

Другим ареалом позднедокембрийского колчеданно-полиметаллического оруденения Полярного Урала является Полярно-Уральская (Оченьрдско-Манитаньрдская) металлогеническая зона, образующая в современной структуре Малокарский антиклинорий. Эта зона образована позднедокембрийским рядом геосинклинальных (островодужных) и орогенных формаций, выступающих на поверхность из-под перекрывающих терригенных платформенных отложений раннего палеозоя.

Рудоносной здесь также является базальт-риолитовая формация, отвечающая бедамельской серии позднего рифея (или позднего рифея-венда). Она представлена чередующимися базальтами, андезитобазальтами, дацитами, риодацитами, которым подчинены пачки филлитовидных, кремнисто-глинистых, иногда углеродисто-кремнистых, сланцев, реже кварцитовидных песчаников. В составе пород

нижней части разреза преобладают базальты, андезитобазальты, андезиты, их кластолавы и лавобрекчии, дациты и их туфы, а также туфоконгломераты и туфогравелиты. Верхняя часть разреза представлена лавами кислого состава, а также их кластолавами и туфами. В составе вулканитов кислого состава встречаются ксенотуфы и ксенокластолавы, содержащие обломки андезитов и андезитобазальтов. Вулкани- ты кислого состава местами представлены альбит-кварц-серицитовыми сланцами.

В пределах Полярно-Уральской (Оченьрдско-Манитаньрдской) зоны рас- положены многочисленные недостаточно изученные проявления колчеданно-поли- металлических руд, такие как Брусничное, Елпэшорское, Восточное Межгорное, Очетинское, Очетывисское и др.

Брусничное рудопоявление является наиболее изученным (А. Я. Ильющен- ков, 1994). Оно представлено двумя кулисообразными минерализованными зонами, контролируемые крутопадающим разломом.

Первая минерализованная зона протяженностью 2,5 км и мощностью 80-100 м прослежена до глубины 300 м. В центральной части зоны расположены кварцевые и барит-кварцевые метасоматиты, которые обрамлены серицит-кварцевыми и сери- цит-хлорит-кварцевыми сланцами. В барит-кварцевых и кварцевых метасоматитах располагаются прожилково-вкрапленные и полосчато-вкрапленные руды мощно- стью 35 м. Падение рудной залежи ЮЗ под углами 70-80°. В лежащем боку рудной залежи находятся свинцово-цинковые руды, висячем – медно-цинковые. Такая зональность может свидетельствовать о перевернутом залегании рудной залежи. По падению и простираию оруденение не оконтурено. Свинцово-цинковые руды со- держат: медь – 0,05 %, цинк – 3,4 %, свинец – 0,96 %; медно-цинковые: медь – 0,28 %, цинк – 0,92 %, свинец – 0,15 %. Внутри рудной залежи обособляются интервалы мощностью 0,5-5 м, содержащие до 2 % меди, до 6 % цинка и до 1,5 % свинца. Руд- ная залежь оконтурена пиритовым ореолом с 0,1 % меди, 0,14 % цинка, 0,17 % свинца. Руды характеризуются повышенными содержаниями золота и серебра. В некоторых интервалах на мощность 2-3 м количество золота составляет 0,9- 13,4 г/т, в отдельных пробах до 33,6 г/т (в среднем 5,7 г/т); в свинцово-цинковых рудах количество серебра составляет 14,4-34,6 г/т (в среднем 29,4 г/т). По категории Р₁ прогнозные ресурсы первой зоны до глубины 300 м оценены: медь – 12 тыс. т, цинк – 54 тыс. т, свинец – 10 тыс. т, золото – 3 т, серебро – 26 т; по категории Р₂: медь – 50 тыс. т, цинк – 200 тыс. т, свинец – 50 тыс. т [Лычаков, Королева, 1991; Полярный Урал..., 1997].

Вторая зона прослежена на 3,5 км при мощности 100-150 м. Она слабо изу- чена с поверхности и не исследована на глубину. В делювиальных свалах обнару- жены полиметаллические руды с промышленным содержанием меди, свинца, цин- ка, а также с повышенным содержанием золота и серебра. В пределах этой рудной зоны установлены те же метасоматиты, что и в первой рудной зоне, которые сопро- вождаются геохимическими ореолами Ва, Pb, Zn.

Елпэшорское проявление изучено лишь с поверхности, и на нем в элювиаль- но-делювиальных развалах обнаружены хлорит-серицит-альбит-кварцевые сланцы (по кислым вулканитам?) бедемельской серии с вкрапленностью и прожилками сфалерита, галенита и пирита, содержащими 8,14 % цинка, 0,15 % свинца, 10 г/т се- ребра и 300 г/т кадмия.

Восточное рудопроявление локализовано в тех же образованиях, что и Брусничное. Оно представлено двумя зонами мощностью 8 и 20 м серицит-кварцевых метасоматитов, прослеженными единичными скважинами до 250 м. Вкрапленное оруденение представлено сфалеритом, галенитом, халькопиритом, пиритом. Содержание меди составляет 0,2 %, цинка – до 3,2 %, свинца – 0,3 %, серебра – 20 г/т. Рудопроявление не оконтурено.

Межгорное рудопроявление представлено зоной вкрапленного сфалерит-галенит-халькопирит-пиритового с пирротинном оруденения мощностью 2,9-10,5 м, прослеженной на 1 000 м по простиранию до глубины 110 м, и оно не оконтурено. Руды содержат до 0,5 % меди, 2-3 % цинка и 2-3 % свинца; в отдельных пробах установлено до 198 г/т серебра и до 0,15 г/т золота.

На *Очетывисском рудопроявлении* рудовмещающими, по данным В. Ф. Петрова (1979) и М. Я. Попова (1984), являются туфы кислого состава, содержащие прослойки туффитов и алевритистых сланцев бедамельской серии, по которым развиты гидротермально-метасоматические преобразования в виде баритизации, окварцевания, серицитизации, карбонатизации. Установленная протяженность зоны оруденения составляет 450 м, ширина – 100-150 м. Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды контролируются сланцеватостью вмещающих пород и согласными кварц-карбонатными прожилками мощностью до 20 см. Гидротермально-метасоматические изменения сопровождаются минерализацией сфалерита, галенита, халькопирита, пирита, борнита. По данным поверхностного опробования, руды содержат 0,1 % меди, 1,8 % цинка, 0,3 % свинца, 0,3 % бария, 33 г/т серебра, 700 г/т кадмия, 10 г/т галлия.

На *Очетинском рудопроявлении* пластообразная минерализованная зона прослежена в меридиональном направлении до 600 м с восточным падением под углом 60° при мощности 1,5-2,0 м. Состав рудовмещающих пород, характер гидротермально-метасоматических изменений и оруденения, близкий предыдущему объекту. Наряду с этим в рудовмещающих породах располагаются согласные барит-анкерит-кварцевые прожилки мощностью до 0,7 м, а также поперечные барит-кварцевые жилы. В. Ф. Петров приводит для этого объекта следующие содержания: медь – 0,06-0,15 %, цинк – 2,7-19,2 %, свинец – 0,5-5,16 %, серебро – до 40 г/т. По данным М. Я. Попова, на проявлении установлены содержания цинка 0,96 %, свинца – 0,37 % и 19,9 г/т серебра. Кроме того, имеются указания на то, что в делювии обнаружены обломки массивных борнит-ковеллин-халькозиновых руд, содержащих 64,4 % меди и 437 г/т серебра, что может свидетельствовать о развитии зоны вторичного сульфидного обогащения. Предпринятая количественная оценка проявления выразилась в 10,5 тыс. т цинка, 3,5 тыс. т свинца и 20 т серебра (т. е. количество рудной массы составляет около 1 млн т).

По своему составу колчеданное оруденение Полярного Урала приближается к рудноалтайскому (куроко) типу, что обусловлено наиболее вероятной вторично-геосинклинальной природой рудоносных образований.

Колчеданные объекты Уралтауского антиклинория. В этой структуре известны три мелких месторождения – Гумеровское, Северо- и Южно-Юлукское, приуроченные к верхней части метаофиолитового «разреза» максютковского комплекса [Медноколчеданные..., 1985; данные А. А. Захарова, 1993].

Наиболее изученным из них является *Южно-Юлукское месторождение*. Оно представлено двумя полого залегающими линзовидными залежами мощностью 0,5-4,5 м, согласными со слоистостью и сланцеватостью вмещающих пород. Рудные залежи прослежены по простиранию до 100 м, по падению – до 300-550 м. В лежащем боку рудных залежей располагаются графитисто-кварцевые, графит-слюдисто-кварцевые, слудисто-кварцевые сланцы, содержащие согласные тела серпентинитов, преобразованных в тальк-карбонатные породы. В висячем боку залегают амфиболитизированные габбро юлукского комплекса. Руды представлены сплошными и вкрапленными разностями, имеющими халькопирит-пирротин-пиритовый состав. При этом вкрапленные руды располагаются выше сплошных, что не исключает перевернутого их залегания, а также на выклинках сплошных руд.

Неутвержденные запасы руды оцениваются в 278,3 тыс. т, содержащей 3,4 % меди (около 9,5 тыс. т), 0,5 г/т золота (139,2 кг), 11 г/т серебра (около 3,6 т), до 0,2 % кобальта.

Геологическое строение, параметры и состав руд *Гумеровского месторождения* близки Южно-Юлукскому. Что касается *Северо-Юлукского месторождения*, то на нем вскрыты только бурые железняки зоны окисления.

В целом геологическая позиция и состав руд этих месторождений позволяют сопоставлять их с объектами кипрского типа.

2.1.5. Объекты меднопорфирового геолого-промышленного типа

Позднедокембрийские меднопорфировые объекты располагаются в пределах Полярно-Уральской (Оченырдыско-Манитанырдыской) металлогенической зоны.

Наиболее изученным является *Лекын-Тальбейское молибден-меднопорфировое месторождение*. Оно приурочено к порфировым интрузиям диоритов и кварцевых диоритов габбро-диорит-гранодиоритовой формации раннего венда (кызыгейский комплекс), которые залегают среди вулканитов рифей-вендской туфотурбидитной базальт-андезитобазальтовой формации (бедамельская серия). Вся эта вулcano-интрузивная ассоциация расположена стратиграфически выше колчеданосных комплексов с Брусничным колчеданно-полиметаллическим проявлением.

Рудная зона месторождения приурочена к экзо- и эндоконтактам интрузивного тела диоритов (Грабовой, Ивановский, Королева, 1978; Лычаков, Королева, 1991). Она представляет собой лентообразную залежь протяженностью 4,6 км при мощности 10-125 м (средняя 50 м), прослеженную до глубины 250-300 м от поверхности, не обнаруживая при этом тенденции к выклиниванию. В южной части месторождения мощность рудной зоны составляет 22-54 м, в центральной части – 50-125 м. В северной части месторождения рудная зона расщепляется на две ветви – западную и восточную. Протяженность западной ветви около 1,7 км, мощность 8-13 м; при минимальных бортовых содержаниях меди 0,1 % и молибдена – 0,01 %, максимальные их содержания составляют соответственно 1,98 % и 0,028 %. Восточная ветвь не оконтурирована, ее мощность составляет 10-62 м; при тех же бортовых содержаниях максимальные содержания меди в ней 1,2 %, молибдена – 0,042 %.

Вещественно рудная зона представлена гидротермально измененными породами с мелкозернистой пирит-борнит-молибденит-халькопиритовой минерализацией, естественных границ не имеет и выделяется по результатам опробования. Гидро-

термально измененные породы, несущие основной объем сульфидного оруденения, представлены хлорит-серицит-альбит-кварцевыми сланцами.

На месторождении выделены пиритовый, халькопирит-пиритовый и молибденит-борнит-халькопирит-пиритовый минеральные типы руд.

На месторождении выполнен (В.А.Грабовой, В.С.Ивановский, Т.Ф.Королева, 1978) подсчет запасов по категории С₂ по различным бортовым содержаниям меди (табл. 2).

Таблица 2

Результаты подсчета запасов по Лекын-Тальбейскому месторождению

Бортовое содержание меди, %	Запасы руды, тыс. т	Запасы (Cu – тыс. т, Mo, Au, Ag – т)			
		Среднее содержание (Cu, Mo – %, Au, Ag – г/т)			
		Cu	Mo	Au	Ag
0,1	186 805,1	<u>549,3</u> 0,3	<u>12 620,5</u> 0,0068	<u>14,6</u> 0,078	<u>120,37</u> 0,64
0,3	46 886,1	<u>251,7</u> 0,54	<u>4 175,5</u> 0,0089	<u>6,58</u> 0,14	<u>54,4</u> 1,16
0,5	14 566,8	<u>97,55</u> 0,67	<u>1 461,5</u> 0,01	<u>2,8</u> 0,19	<u>24,8</u> 1,7

Примечание. Выделены наиболее экономичные параметры.

Государственным балансом запасов месторождение не учтено.

Технологические исследования руд Лекын-Тальбейского месторождения показали возможность получения коллективного медно-молибденового концентрата, выход которого от исходной руды составляет 4,25 %. Концентрат содержит 25,54 % меди, 0,96 % молибдена, 3,6 г/т золота и 16 г/т серебра; в молибдените содержится 760 г/т рения. В концентрат извлекается 96,5 % меди и 78 % молибдена.

Следует подчеркнуть, что Лекын-Тальбейское месторождение является единственным в мире объектом, с оцененными реальными количественными параметрами [Контарь, 2009].

В рудном поле Лекын-Тальбейского месторождения расположены *руднопроявления Солнечное, Южное, Колибри*. Первое из них имеет следующие параметры: протяженность 300-350 м, мощность – 0,8-1 м, изучено до глубины 120 м, содержания меди составляют 0,39-0,77 %, молибдена – 0,001-0,02 %. Второе – прослежено по поверхности на 1 200 м при мощности 40-50 м и при содержаниях меди 0,1-1,98 % (в среднем 0,46 %) и молибдена до 0,01 %; оценено до глубины 300 м по категории Р₂ в 25 млн т руды, 115 тыс. т меди и 2 тыс. т молибдена. Третье – представляет собой зону прожилково-вкрапленной пирит-халькопиритовой минерализации, прослеженной по простиранию на 300 м шириной 80-100 м, содержащей 0,27-0,33 % меди. Эти объекты могут служить потенциальным резервом наращивания запасов Лекын-Тальбейского месторождения.

Западнее Лекын-Тальбейского рудного поля располагается еще один ареал недостаточно изученных меднопорфировых проявлений (Борзовское, Западно-Борзовское, Диоритовое, Кызыгейское, Сульфидное). Все они расположены вблизи контактов мелких тел диоритов кызыгейского комплекса (габбро-диорит-гранодиоритовая формация RF₃-V), прорывающих вулканы базальт-андезитобазальтовой формации RF₃-V (бедамельская серия).

Как и в Лекын-Тальбейском рудном поле, рудовмещающие образования расположены стратиграфически выше колчеданоносных пород с Очетинским рудопроявлением.

Борзовское рудопроявление расположено в вулканитах базальт-андезитобазальтовой формации вблизи контакта с риолитами. Оно представлено зоной прожилково-вкрапленных халькозин-борнит-халькопиритовых руд, прослеженных на 60 м по простиранию и до глубины 80 м при мощности до 10 м. Среднее содержание меди составляет 0,94 % (максимальные содержания достигают 3,5 %), молибдена – до 0,03 %. В отдельных пробах установлены содержания серебра (до 104 г/т), свинца (до 1,44 %), золота (до 0,7 г/т), мышьяка (до 0,5 %), что может быть связано с наложением на прожилково-вкрапленную меднопорфировую минерализацию полиметальной ассоциации, связанной с гранит-риолитовой формацией.

Диоритовое рудопроявление представлено прожилково-вкрапленной халькопирит-пиритовой с молибденитом минерализацией, содержащей до 2,25 % меди и 0,002 % молибдена.

На *Кызыгейском рудопроявлении* вкрапленная и прожилково-вкрапленная молибденит-халькопирит-пиритовая минерализация обнаружена в элювиально-делювиальном развале около эндоконтакта небольшого тела кварцевых диоритов среди порфировых андезитовидов. Пирит и халькопирит присутствуют в виде вкрапленности, молибденит – как в виде вкрапленности, так и в прожилках, в которых он иногда образует гнезда с размером чешуек до 1 мм. Рудовмещающей является рассланцованная брекчия с обломками кварцевого диорита. Аналитические данные отсутствуют.

Сульфидное рудопроявление представлено минерализованной зоной, приуроченной к метаморфизованным пироксен-плагиоклазовым порфиритам, порфиритоидам и серицито-кварцевым сланцам. Зона прослежена на 4,5 км по простиранию при мощности от 150 до 300 м. Сульфидная минерализация представлена вкрапленностью мелкокристаллического пирита с редкими линзами сплошного пирита. Из вторичных минералов меди отмечаются ковеллин, борнит, хризоколла, малахит.

2.1.6. Объекты жильного полиметального (медно-свинцово-цинкового) геолого-промышленного типа

В венде-раннем кембрии рифейская геосинклиналь Полярного Урала, как отмечалось выше, была вовлечена в орогенный этап развития. Вещественным выражением этого орогенеза является молассовая формация, образованная красноватими песчаниками, гравелитами, конгломератами и вулканическими породами преимущественно кислого состава (риолитовая формация), относимыми хойдышорской свите позднего кембрия-раннего ордовика (Госгеолкарта-1000/3, лист Q-41, 2005), хотя ранее эту ассоциацию О. А. Кондяин рассматривал в качестве вендераннекембрийской. Сопровождающие вулканиты интрузивные образования представлены гранит-риолитовой формацией (пайпудынский комплекс), представленной силло-, дайко- и штокообразными телами афировых, порфировых фельзитов, риолитов и гранит-порфиров.

Эти комплексы определяют образование проявлений (Предгорное, Изьяхойское, Изьяшорское) жильных полиметальных медно-свинцово-цинковых руд, со-

держающих также уран и редкие земли [Полярный Урал..., 1997; Лычаков, Королева, 1991].

Предгорное рудопроявление представляет собой линзообразное крутопадающее жилообразное тело, согласное с залеганием гравелитов и песчаников на контакте с телами риолитов. Оруденелые породы брекчированы и рассланцованы, они прослежены по простиранию на 110 м при средней мощности около 6 м до глубины 50 м, имея северо-западное простирание и падение на юго-запад под углами 45-70°. Минерализация имеет прожилково-вкрапленный, гнездово-вкрапленный характер, она сопровождается окварцеванием, баритизацией, серицитизацией. В составе руд установлены пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, теннантит, кобальтин, хлоантит, смальтин, настуран (или урановая чернь). Этот минеральный состав руд обеспечивает следующие содержания: медь – 1,37-1,82 % (до 3,18 %), цинк – 1,6-2,88 %, свинец – 1,89-4,72 % (до 7,65 %), никель – до 0,24 %, кобальт – 0,1-0,4 %, золото – до 0,3 г/т, серебро – 4-11 г/т, уран – до 0,01 %.

Изъяхойское рудопроявление представлено тремя рудными телами, приуроченными к зонам катаклаза в кислых вулканитах орогенной риолитовой формации E_3-O_1 (хойдышорская свита) и гранит-риолитовой формации (пайпудынский комплекс). Первое рудное тело протяженностью до 70 м и мощностью до 10 м представляет собой зону объемного дробления в риолитах, насыщенную галенистыми и баритовыми жилами и прожилками мощностью до 10 см. Среднее содержание (на мощность 10 м) свинца – 7,67 % (максимальное до 25,11 %), цинка – 0,16 %, серебра – 14,8 г/т. Второе рудное тело, аналогичное первому, имеет мощность 4,3 м. В нем установлены содержания свинца 2,52-7,26 %, цинка 0,003-0,016 %, серебра 5,8-14 г/т (на мощность 4,3 м). Третье рудное тело, приуроченное к дайке риолита (гранит-порфира), имеет мощность 1 м и протяженность 65 м, насыщено галенистыми прожилками мощностью до 8 см. Среднее содержание свинца – 3,57 %, цинка – 0,023 %, серебра – 5,3 г/т, ΣTR – до 0,12 %.

2.2. Месторождения меди, цинка, свинца в структурах Уральской палеозойской геосинклинальной системы

Характеризуемая система образована структурными элементами двух крупных групп.

Одна из них представлена палеозойскими геосинклинальными палеовулканическими поясами и зонами, другая – разделяющими их в различной степени гранитизированными срединными массивами, представляющими собой выступы допалеозойского фундамента.

Многообразным вопросам геологического строения и металлогении этих структур посвящена обширная литература, в том числе монографического характера. Поэтому автор считает возможным не излагать здесь эти материалы, а обращаться к ним в той мере, в какой они способствуют анализу условий размещения месторождений меди, цинка и свинца различных рудноформационных семейств и типов. По этим же причинам в этом анализе будут обсуждаться общерегиональные закономерности, имеющие значение для всей геосинклинальной системы Урала.

2.2.1. Месторождения меди, цинка, свинца в палеозойских геосинклинальных палеовулканических поясах и зонах

Палеозойские геосинклинальные палеовулканические пояса: Щучьинско-Тагильский, Сакмарский (Кракинско-Медногорский), Западно-, Восточно-Магнитогорский, Каменский, Катенинский, Октябрьско-Денисовский, Иргизский) и зоны (Большаковско-Рефтинская, Биргильдинско-Поляновская, Колпаковская, Еленовско-Кумакская, Бурыктальско-Кундыбаевская) сформированы в общем возрастном диапазоне от конца кембрия – начала ордовика до начала карбона.

Для каждой из этих структур характерен типовой латерально-вертикальный ряд вулканических (и сопряженных с ними осадочных и интрузивных) формаций, включающий:

– толеитовую натровую базальтовую, слагающую вместе с кремнистыми и углистыми сланцами и альпинотипными гипербазитами и габбро-офиолитовую ассоциацию, образованную в условиях растяжения;

– толеитовую натровую базальт-риолитовую (базальт-андезит-дацит-риолитовую), обладающую известково-щелочным трендом, отвечающую смене растяжения сжатием;

– известково-щелочную кали-натровую базальт-андезитобазальтовую, знаменующую условия сжатия.

Последовательная пространственно-временная смена этих вулканических формаций отражает эволюцию палеотектонических (геодинамических) режимов развития палеовулканических поясов и зон, при которой первая из названных формаций отвечает начальной геосинклинальной стадии, вторая – раннегеосинклинальной стадии, а третья – позднегеосинклинальной. С позиций концепции тектоники литосферных плит офиолитовая ассоциация рассматривается в качестве проявления океанической стадии, базальт-риолитовая формация относится к раннеостроводужной стадии, а базальт-андезитобазальтовая – к позднеостроводужной (переходной).

Отличительной особенностью развития палеозойских геосинклинальных поясов и зон является переход от позднегеосинклинальной (позднеостроводужной) стадии к платформенной (континентальной), минуя орогенез. Вещественным выражением платформенной (континентальной) стадии являются щелочные калиевые трахибазальт-трахитовая и габбро-сиенитовая формации.

Для палеозойской истории Урала характерна повторяемость этих формационных рядов, отражающих разновременное проявление геосинклинального вулканизма в различных структурах геосинклинальной системы, что, в конечном итоге, обеспечивает разновременное проявление однотипных металлогенических последствий.

Однородная базальтовая (толеит-базальтовая, спилит-диабазовая, кремнисто-спилит-диабазовая) формация начинает формационный ряд геосинклинальных вулканитов. В геологической истории эта формация проявлена неоднократно. В Щучьинско-Тагильском поясе она относится к среднему-позднему ордовика и слагает мариинскую, выйскую, сядайскую свиты. В Сакмарском (Кракинско-Медногорском) поясе она имеет близкий возраст (бетринская свита). В Западно-Магнитогорском поясе базальтовая формация проявлена дважды: первый раз – в среднем ордовике-раннем девоне, где она входит в состав сакмарской, поляков-

ской, балбуковской свит, второй раз – это ранний-средний девон (нижнекарамалыташская подсвита и мугоджарская свита Южного Урала и Мугоджар). В Восточно-Магнитогорском поясе однородная базальтовая формация имеет ранне-среднедевонский возраст, и она относится к сабановской толще или нижнекарамалыташской подсвите (северная часть пояса), киембаевской свите, нижним толщам ащебутакской и джусинской интрузивно-вулканических серий (средняя часть пояса), тайманскому комплексу (южная часть пояса в Мугоджарах). В Октябрьско-Денисовском и Катенинском поясах базальтовая формация имеет среднеордовикско-раннесилурийский возраст, в Каменском – ранне-среднедевонский.

Таким образом, на Урале отчетливо проявлено два возрастных уровня инициального базальтового вулканизма, отвечающих двум этапам геосинклинального рифтогенеза – средний ордовик-ранний силур и ранний-средний девон.

Базальт-риолитовая (базальт-андезит-дацит-риолитовая) формация наращивает формационный ряд геосинклинальных вулканитов. Обе формации сосуществуют в разных зонах, и они различаются степенью и характером дифференцированности, в связи с чем разными авторами они рассматриваются либо в качестве самостоятельных образований, либо в качестве типов разрезов или субформаций единой базальт-риолитовой формации. В обоих случаях эти формации образованы гомодромным рядом вулканитов. Сопровождающие осадочные породы представлены яшмоидами, вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, редко рифогенными известняками. Интрузивными аналогами базальт-риолитовой (базальт-андезит-дацит-риолитовой) формации является габбро-плагиогранитная (габбро-диорит-плагиогранитная) формация.

Эти вулканические формации на Урале размещены на нескольких возрастных уровнях. В Щучьинско-Тагильском поясе базальт-риолитовая (контрастная) формация развита на уровне позднего ордовика-раннего силура (шемурская, кабанская, Кировградская свиты). В Сакмарском (Кракинско-Медногорском) поясе базальт-риолитовая формация имеет тот же возраст, и она отвечает медногорской свите. Базальт-андезит-дацит-риолитовая (непрерывная) формация этого пояса имеет примерно тот же возраст (красноуральская свита). В Западно-Магнитогорском поясе обе формации развиты дважды – в позднем силуре-раннем девоне (баймак-бурибаевская свита и ее аналоги) и в среднем девоне (верхнекарамалыташская подсвита и ее аналоги). При этом на нижнем уровне контрастная серия представлена калатинским комплексом и зюзельской свитой (на Среднем Урале), а на верхнем – дегтярской свитой на Среднем Урале, верхнекарамалыташской подсвитой – на Южном, куркудукским комплексом в Мугоджарах. Непрерывно дифференцированная ассоциация вулканитов позднего силура-раннего девона также выделяется в составе баймак-бурибаевской свиты (баймакский комплекс), а к среднедевонскому уровню относятся гайский, подольский и другие комплексы карамалыташской свиты. В Восточно-Магнитогорском поясе обе формации представлены только на уровне среднего девона – это карамалыташская свита и верхнекиембаевская подсвита (контрастная), средние части ащебутакской и джусинской интрузивно-вулканических серий (непрерывная). Также среднему девону принадлежат эти формации в Каменском поясе и некоторых других восточных вулканических зонах. Лишь в Иргизском поясе, представляющем собой вторичную геосинклиналь на Мугоджарском срединном массиве, обе

формации развиты на уровне раннего карбона, причем здесь им присущи черты антидромности.

Характерными чертами базальтовой и базальт-риолитовой (базальт-андезит-дацит-риолитовой) формаций является преимущественно афировый или мелкопорфировый облик слагающих их вулканитов, низкий коэффициент эксплозивности, ведущая роль лавовых и лавокластических фаций для базитов, лавовых и экструживно-лавовых – для кислых и умеренно кислых пород.

Базальт-андезитобазальтовая формация завершает формационный ряд геосинклинальных вулканитов. Ее продуктам свойственны резко выраженный порфировый облик, а также существенная роль туфовых, в том числе грубообломочных, фаций. Сопровождающие вулканогенно-осадочные и осадочные отложения образованы туфо-турбидитными накоплениями и крупными массивами рифогенных известняков.

Базальт-андезитобазальтовая формация в одном палеовулканическом поясе или зоне появляется вслед за дифференцированными формациями либо сосуществует с ними в смежных структурах. В случае последовательного развития этих формаций между ними отмечаются постепенные переходы. Нередко в нижних частях разреза формации наряду с основными вулканитами значительное место занимают кислые и умеренно кислые породы кали-натровой щелочности. Такие соотношения могут свидетельствовать о некоторой синхронности вулканической деятельности, при которой в обстановке относительной стабилизации продолжали функционировать вулканические очаги более раннего дифференцированного вулканизма, и уже проявилась активность базальт-андезитобазальтового (порфиритового) вулканизма. Своеобразие таких обстановок приводит к тому, что некоторые исследователи такие переходные ассоциации выделяют в качестве самостоятельных андезит-дацитовых либо гибридных андезит-дацит-риолитовых формаций. В верхних частях разреза базальт-андезитобазальтовых формаций отмечается повышение как общей, так и калиевой щелочности, до появления трахибазальтов, трахиандезитобазальтов, а в ряде мест даже эпилейцитовых порфиров. Интрузивным эквивалентом базальт-андезитобазальтовой формации является габбро-диорит-гранодиоритовая формация, образующая с вулканитами вулкано-интрузивную ассоциацию.

В геосинклинальных палеовулканических поясах и зонах эта формация проявлена неоднократно. В Щучинско-Тагильском поясе она имеет возрастной диапазон от верхов лландовери до лудлова (павдинская и именовская свиты), омолаживаясь в северном направлении до лудлова-раннего девона (малоуральская, янганэпэйская свиты и их аналоги). На уровне венлока-раннего девона эта формация развита в Октябрьско-Денисовском и Катенинском поясах. В Западно-Магнитогорском поясе она относится к раннему-среднему девону (ирендыкская свита на Южном Урале, полевская, кунгуровская, шуралинская свиты – на Среднем) и франскому ярусу позднего девона (колтубанская свита). В разных частях Восточно-Магнитогорского пояса возраст формации варьирует в пределах раннего-позднего девона (гумбейская свита, аул-кумакская толща, верхние части ащebutакской и джусинской интрузивно-вулканических серий). В некоторых восточных вулканических зонах формация также соответствует колтубанскому уровню.

Трахибазальт-трахитовая формация обладает определенной двойственностью своего положения, которое геологически выражено следующим образом.

В ряде случаев она согласными постепенными переходами связана с расположенной стратиграфически ниже базальт-андезитобазальтовой формацией (например, горблагодатская толща на Среднем Урале), но часто она несогласно залегает на более ранних членах геосинклинального формационного ряда. Вулканиды формации обладают порфировым обликом, а их фациальный состав весьма разнообразен – это лавы, обильно представлена разнообразная пирокластика, в том числе спекшиеся туфы и игнимбриты. В разрезах и по латерали вулканические породы тесно ассоциируют с вулкано-терригенными отложениями и рифогенными известняками. Интрузивным аналогом трахибазальт-трахитовой формации являются гипабиссальные массивы габбро-сиенитовой формации, участвующие с вулканидами в сложении вулкано-интрузивной ассоциации.

В структурах геосинклинальной системы вулканиды трахибазальт-трахитовой формации (сопровожденные соответствующими интрузивными породами) проявлены в различное время, что отражает асинхронность стабилизации и континентализации палеовулканических поясов и зон. В Щучьинско-Тагильском поясе эта формация относится к пржидолию-лохкову и отвечает туринской (сосьвинской) свите и нязепетровскому комплексу; в Сакмарском (Кракинско-Медногорском) поясе – это чанчарская свита (и велиховский габбро-сиенитовый комплекс) раннего девона. Близкий возраст эта формация имеет в Западно-Магнитогорском поясе (мостостроевский комплекс) и некоторых восточных вулканических зонах (краснокаменная толща). В Восточно-Магнитогорском и Каменском палеовулканических поясах трахибазальт-трахитовая формация либо относится к фамену-раннему турне, входя в состав нижних частей зилаирской свиты, либо выражена в виде верхнеуральского, будамшинского и бороухинского комплексов.

Вулканические формации, характеризуемые ниже, по своей палеотектонической позиции, вещественному составу слагающих их пород, характеру проявления не связаны с предшествующим развитием, а вполне самостоятельны. Каждая из них образована в одном, только ей свойственном возрастном диапазоне и отражает определенную палеотектоническую обстановку. К числу этих формаций принадлежат трахибазальт-трахиандезитовая и трапповая базальт-трахириолитовая (и ее латеральный аналог – риолит-трахибазальт-толеитовая).

Трахибазальт-трахиандезитовая формация развита только в Щучьинско-Тагильском палеовулканическом поясе, в разных сегментах которого геосинклинальный вулканизм завершился в конце силура и начале девона, после чего он был стабилизирован, и (особенно ярко это проявлено на Среднем и Северном Урале) являлся ареной платформенной карбонатной и терригенно-карбонатной седиментации. Время накопления трахибазальт-трахиандезитовой формации совпадает с интенсивным ранне-среднедевонским геосинклинальным вулканизмом в смежных к востоку и югу палеовулканических поясах (Западно- и Восточно-Магнитогорский, Каменский). Поэтому эта формация овецивает отраженную тектономагматическую активизацию стабилизированного Щучьинско-Тагильского пояса.

Трахибазальт-трахиандезитовая формация в Щучьинско-Тагильском поясе относится к пражско-эмскому времени и отвечает краснотурьинской и лайской свитам, тамуньерскому комплексу на Среднем и Северном Урале. На Приполярном и Полярном Урале она представлена кевсоимской, дзоля-варчатинской свитами и их аналогами. Причем в этих частях Урала имеются признаки омоложения фор-

мации до верхов среднего и даже до позднего девона (нахорская, иоутыньинская свиты). В Сакмарском (Кракинско-Медногорском) поясе эта формация выражена ишмуратовской свитой живета.

Наиболее полно трахибазальт-трахиандезитовая формация выражена в северной половине Урала, где вместе с комагматичными интрузиями габбро-монцодиорит-лейкогранитной формации образует протягивающийся не менее чем на 1000 км дискретный вулкано-интрузивный пояс (от широты г. Нижний Тагил на Среднем Урале до широты г. Салехард – на Полярном) [Бочкарев, 1990; Язева, Бочкарев, 1984, 1988].

Вулканиды формации представлены гетеропорфировыми разностями; в их фациальном составе преобладают разнообломочные туфы, лавы относительно редки; удаленные фации образованы чередующимися с вулканидами туфо- и вулканомиктовыми конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами, а также рифогенными известняками.

Трапповая базальт-трахириолитовая формация залегает как на стабилизированном геосинклинальном основании, так и на срединных массивах. Она охватывает общий возрастной диапазон турне-визе и ассоциирует с отложениями угленосной формации и частично перекрывается отложениями карбонатной формаций. Наиболее значительным ареалом ее распространения является Центрально-Магнитогорская зона, представляющая собой погребенный срединный массив, который в раннем и среднем девоне разделял Западно- и Восточно-Магнитогорский палеовулканические пояса. Вулканиды этой формации входят в состав малокуйбасовской и магнитогорской серий, а также их аналогов в других районах Урала, которые от этих серий отличаются соотношениями основных и кислых вулканидов. Так, на Северном и Приполярном Урале латеральным аналогом базальт-трахириолитовой формации является базальт-долеритовая формация, выделяемая в объемах косьвинской, апсинской, медногорской свит, также ассоциирующие с угленосными отложениями. Причем здесь базальт-долеритовая трапповая формация начинается уже на уровне франского времени, где отвечает лозьвинской свите. Со стратифицированными образованиями тесно связана формация интрузивных траппов (габбродолеритовая), в составе которой преобладают дайки, силлы и штоки высокотитанистых долеритов и габбродолеритов (ивдельский, усть-маньинский, мусюрский комплексы на Приполярном и Северном Урале, смолинский – на Среднем, утыкташский и худолазовский – на Южном).

Интрузивным эквивалентом базальт-трахириолитовой формации является габбро-граносиенитовая формация, сосуществующая с вулканидами в виде вулкано-интрузивной ассоциации.

Важной особенностью строения Щучьинско-Тагильского пояса является размещение в его западной части уникальной для Урала системы линейно вытянутых массивов габбро-ультрамафитовых пород, принадлежащих дунит-клинопироксенит-габбровой (платиноносной) ассоциации. На Полярном, Приполярном, Северном и Среднем Урале система этих массивов, известная как Платиноносный пояс, практически непрерывна. Элементы этой ассоциации установлены и на Южном Урале, в пределах Сакмарского (Кракинско-Медногорского) пояса, где они вместе с альпинотипными ультрамафитами участвуют в сложении Хабарнинского и Кемпирсайского массивов.

Данные, касающиеся возраста и геодинамических обстановок формирования и нахождения массивов Платиноносного пояса, изложены в разд. 3.1.

Особенности размещения вулканических формаций в структурах палеовулканических поясов и зон, а также элементы их внутреннего строения и характер их сочленения неоднократно освещались. Здесь же представляется целесообразным подчеркнуть вывод о том, что Западно-Магнитогорский палеовулканический пояс прослеживается на Средний Урал, где, несмотря на интенсивную деформированность, в нем сохраняются те же структурно-формационная зональность и особенности строения, что и на Южном Урале. Еще в 1913 г. Н. В. Стайнс в отчете о ходе поисковых работ показал непосредственное продолжение рудоносных зон Карабашских колчеданных месторождений на север к району Дегтярского месторождения. Несколько позднее, в 1916 г., А. Н. Заварицкий проследил эти зоны севернее, вплоть до Белореченского и Калатинских месторождений. Эти выводы были полностью подтверждены материалами тематических и геологосъемочных работ, выполненных в последние 15 лет XX столетия Р. А. Сюткиной, Г. В. Петровым, В. М. Седовым, автором, И. И. Зенковым, В. В. Парфеновым, Н. Ф. Коровиным.

Западно-Магнитогорский пояс, непосредственно прослеживаясь с Южного Урала, на широте Гумешевского месторождения расщепляется на две ветви – западную и восточную. Западная ветвь протягивается через весь Дегтярско-Полевской район, включает в себя Калатинско-Шуралинскую структуру и упирается в Салдинский срединный массив. Восточная ветвь в виде узкого вулканогенного трога развивается между Верх-Исетским, Сысертско-Ильменогорским и Мурзинско-Адуйским срединными массивами, продолжается в Медведевской зоне, а также на северном обрамлении Верх-Исетского массива. Подробно этот вопрос рассмотрен ранее [Контарь, Либарова, 1997 и др.]. Такое строение северной части Западно-Магнитогорского пояса напоминает структуру типа «тройных точек» современных океанических рифтов. Так, Красноморский рифт в районе южного окончания Синайского полуострова расщепляется на две ветви, из которых западная представлена Суэцким заливом, а восточная – заливом Акаба с продолжением на континенте в виде впадины Мертвого моря, долин рек Иордан, Эль-Джейб, Тивериадского озера и затуханием при сочленении с зоной Южного Тавра.

Месторождения меди, цинка, свинца в палеозойских палеовулканических поясах и зонах представлены всеми известными в мире геолого-промышленными (рудноформационными) семействами и типами.

2.2.1.1. Объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства

Руды этих месторождений составляют основу минерально-сырьевой базы медной промышленности Урала. Помимо меди в них содержатся значительные количества цинка, нередко преобладающего над медью, а также свинец, золото, серебро, никель, кобальт, редкие и рассеянные элементы – селен, теллур, кадмий, индий, германий, галлий и другие, иногда платиноиды.

Доля колчеданных руд в общем балансе медных руд Урала составляет около 85 %, для территории бывшего Советского Союза эта величина приближается к 20 %, а для мира – не превышает 6 %. По оценкам автора, на Урале сосредоточено

более 20 % от общего количества колчеданных руд, накопленных за всю геологическую историю Земли [Контарь, 1997, 2002].

На Урале известны около полутора тысяч разномасштабных проявлений колчеданных руд, из которых почти 120 являются месторождениями. Из общего числа месторождений доля крупных составляет около 10 %, средних – 14-15 %, остальные объекты являются мелкими. В крупных месторождениях заключено не менее 70 % запасов колчеданных руд, и они обеспечивают примерно такой же объем их добычи.

Современные представления о геологии, генезисе, закономерностях размещения колчеданных месторождений, в том числе и Урала, базируются на основополагающих исследованиях А. Н. Заварицкого, В. И. Смирнова, М. Б. Бородаевской, С. Н. Иванова, В. А. Прокина, П. Ф. Сопко, Г. А. Твалчрелидзе, Д. И. Горжевского, А. И. Кривцова, Г. Ф. Яковлева, развитых в работах их многочисленных учеников и последователей, реализовавших многие научные положения в практической деятельности, которая привела к открытиям крупных и уникальных месторождений.

Колчеданные руды Урала являются производными субмаринных осадочно-вулканогенных базальтоидных формаций ранних стадий эвгеосинклинального развития; это одни из наиболее ранних рудных образований в тектоно-магматическом процессе одного цикла. Раньше колчеданов формировались лишь сингенетичные концентрации хромитов в альпинотипных дунит-гарцбургитовых ассоциациях.

Вулканические формации, генерирующие основные объемы колчеданных руд, занимают определенное место в развитии палеовулканических поясов и зон, а также в общем ряду вулканических формаций. Их возникновение обусловлено сменой условий растяжения сжатием, сменой толеитовых серий вулканитов известково-щелочными; они принадлежат к базальт-риолитовым (базальт-андезит-дацит-риолитовым) формациям, которые обусловили образование наиболее значительных промышленных скоплений. Гораздо менее продуктивными являются вулканогенные комплексы офиолитовой ассоциации.

По особенностям внутреннего строения, развития, характеру фундамента геосинклинальные структуры обладают значительными различиями. Г. А. Твалчрелидзе для целей металлогенического анализа выделил офиолитовые, первичные, вторичные и терригенные (сланцевые) геосинклинали. Соответственно выделяются колчеданные месторождения кипрского, уральского, рудноалтайского (куроко) и филизчайского типов. Объекты первых двух типов относятся к группе медноколчеданных и медно-цинковоколчеданных, формирующихся в структурах, образованных на коре океанического типа и при решающей роли ювенильного материала; месторождения рудноалтайского (куроко) и филизчайского типов являются колчеданно-полиметаллическими, и их образование связывается со значительным участием континентальной коры, существовавшей в период рудообразования. Такая типизация колчеданных месторождений независимо от их возраста и географического положения разделяется большинством исследователей.

Специфическая позиция колчеданных месторождений в тектоно-магматическом цикле может быть использована для реконструкции палеотектонического (геодинамического) режима, а также типов геосинклинальных областей. Видимо поэтому некоторые исследователи (Р. Хатчинсон, Ф. Саукинс и другие), полагают, что ареалам распространения медноколчеданных и колчеданно-полиме-

таллических месторождений отвечают соответственно области с океанической и континентальной корой, существовавшей во время рудообразования.

Среди колчеданосных структур Урала выделяются палеовулканические пояса, отдельные их блоки и зоны, которые по особенностям строения в той или иной мере сопоставимы с выделяемыми Г. А. Твалчрелидзе геотектоническими типами геосинклиналей. Это дало основание для выделения на Урале [Контарь, Либарова, 1997; Медноколчеданные месторождения..., 1985, 1988, 1992; Серавкин, 1986 и др.] соответствующих типов колчеданосных районов и месторождений, различающихся химическим и минеральным составом руд, а также их ролью в запасах и прогнозных ресурсах (табл. 3-5).

Таблица 3

Распределение колчеданных месторождений Урала по рудноформационным типам и возрастам

Возраст (уровень)	Тип			
	Кипрский (серно-медно- колчеданная кобальтоносная рудная формация)	Уральский (медно-цинково- колчеданная рудная формация)	Рудноалтайский (куроко) (медно- цинково-колчеданная свинцоводержащая рудная формация)	Филизчайский (свинцово- цинковокол- чеданная руд- ная формация)
C ₁			Каракум, Кналыкколь, Килемжайган I, Баксайс и др.	
D ₂ (карамлы- ташский)		Сафьяновское, Касар- гинское, Дегтярское, Карабашская, Верхне- уральская группы, Учалинское, Ново- Учалинское, Сибай- ское, Подольское, Гай- ское, Лиманное, Ве- сенне-Аралчинское, Летнее, Осеннее и др.	Александринское, Джусинское, Барсу- чий Лог, Ащебутак- ское, Иссиргужин- ское, Бабарькинское, Сабановское и др.	Амурское
S ₂ -D ₁ (баймак- бурибаев- ский)		Юбилейное, Буриба- евское, Зюзельское, Калатинская группа	Баймакская, Красно- борско-Горельская группы, Мелентьев- ское	
O ₃ -S ₁ (шемурско- медногор- ский)		Шемурское, Ново- Шемурское, Гарньер- ское, Красноуральская, Левихинско-Карпуши- хинская группы, им. III Интернациона- ла, Блявинское, Комсомольское, Яман-Касы и др.	Валенторское, Галкинское, Северо-Калугинское, Павдинская группа	
O ₁₋₂	Ишкининское, Ивановское, Дергамышское, Пышминско- Ключевское, Ара- милское, Медно- горское, Колю- щинское и др.			Нижне- Талотинское

Типы колчеданосных районов Урала

Типы районов	Кипрский	Уральский	Рудноалтайский (куроко)	Филизчайский
Палеотектоническая позиция	Внутри- и окраинно-континентальные рифтовые зоны	Первичногеосинклинальные палеовулканические пояса и зоны	Вторичногеосинклинальные палеовулканические пояса и зоны	Флишевые прогибы во фронтальных и фланговых частях палеовулканических поясов (глубоководные окраинно-континентальные прогибы)
Продуктивные формации вулканогенных (вулканогенно-осадочных) пород	Базальтовая	Базальт-риолитовая, базальт-андезит-дацит-риолитовая	Базальт-риолитовая, базальт-андезит-дацит-риолитовая	Терригенно-флишеидная (терригенно-вулканомиктовая)
Преобладающий состав промышленных руд	Медные, серно-медные	Медные, медно-цинковые, цинковые	Медно-свинцово-цинковые, золото-барит-полиметаллические	Цинковые, свинцово-цинковые с баритом
Средние содержания меди, цинка, свинца (%), золота, серебра (г/т)	Cu – 1,06; Zn – 0,25; Pb – 0; Co – 0,04; Ni – 0,1-0,4; Au – 0,58 (до 1); Ag – 4,53 (до 5); присутствует Pt до 1-2 г/т	Cu – 1,36; Zn – 1,45; Pb – 0,08; Au – 1,05; Ag – 16,3	Cu – 2,63; Zn – 3,54; Pb – 0,75; Au – 2,78; Ag – 31,4	Cu – 0,09; Zn – 3,25; Pb – 0,4; Au – 0,2; Ag – 12,4
Соотношения содержаний меди, цинка, свинца, золота и серебра	Zn:Cu = 0,24 Pb:Cu = 0 Ag:Au = 7,8	Zn:Cu = 1,1 Pb:Cu = 0,06 Ag:Au = 15,5	Zn:Cu = 1,35 Pb:Cu = 0,3 Ag:Au = 11,3	Zn:Cu = 36,1 Pb:Cu = 4,4 Ag:Au = 62
Соотношение (%) в запасах: руды/ Cu+Zn+Pb	$\frac{1,8}{0,8}$	$\frac{94,9}{93,6}$	$\frac{1,4}{3,2}$	$\frac{1,9}{2,4}$
Соотношение (%) в прогнозных ресурсах Cu+Zn+Pb	1,4	86,5	6,1	6,0
Примеры рудных районов, месторождений и рудопроявлений	Ишкининское, Ивановское, Дергамышское, Медногорское, Колюшинское, Арамилское, Пышминско-Ключевское и др.	Гайский, Подольский, Гарньерско-Шемурский, Красноуральский, Дегтярский, Карабашский, Учалинский, Верхнеуральский, Сафьяновский, Среднеорско-Домбаровский, Блявинское, Комсомольское и др.	Валенторское, Галкинское, Баймакский, Павдинский, Джусинский, Ащевутакский, Александринский, Колпаковское, Северо- и Южно-Кузнечинское, Мелентьевское и др.	Амурское, Нижне-Талотинское, Правобережное, Центральное, Водораздельное, Халатальбей, Ново-Оренбургское и др.

Минеральный состав руд колчеданных месторождений Урала

Минералы	Типы			
	Кипрский	Уральский	Рудноалтайский (куроко)	Филизчайский
Главные	Пирротин, пирит	Пирит, халькопирит, сфалерит	Пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, барит	Сфалерит, галенит, пирит, барит
Широко распространённые	Магнетит, халькопирит	Борнит (иногда главный)	Блеклые руды, самородное золото	
Второстепенные	Пентландит, кобальтин	Магнетит, гематит, пирротин, галенит	Пирротин, магнетит, борнит, энаргит, халькозин	Халькопирит
Редко встречающиеся	Кубанит, валлериит, никелин, бравоит, миллерит	Блеклые руды, ковеллин, халькозин, арсенопирит, марказит, самородное золото	Арсенопирит, магнетит, пирротин, халькозин	Пирротин, магнетит, блеклые руды, марказит
Очень редко встречающиеся	Арсенопирит, платиноиды	Энаргит, валлериит, ильменит, теллурувисмутит, маккиनावит, ильваит, рутил, линнеит, пираргирит, брейтгауптит, айкинит, пентландит, кубанит, халькозин	Ковеллин, самородное серебро, валлериит, рутил, арсенопирит, маккиनावит, аргентит, молибденит, теллурувисмутит	

Как показано выше, вулканические формации, генерирующие колчеданные руды, неоднократно возникали в палеозойской истории Урала. Соответственно этому в регионе проявлено несколько возрастных уровней колчеданообразования.

Наиболее раннее рудообразование относится к раннему-среднему ордовику, и оно принадлежит к Западно-Магнитогорскому палеовулканическому поясу (Присакмарская зона) и его среднеуральским ветвям (Медведевско-Свердловская зона), а также к полярноуральской части Щучинско-Тагильского палеовулканического пояса (Орангская зона). В первых из этих структур колчеданные месторождения приурочены к раннепалеозойским офиолитам, и они относятся к кипрскому типу. К числу этих месторождений относятся Ишкининское, Ивановские, Дергамышское, Медногорское, Колюшинское, Пышминско-Ключевское и др. Для некоторых из этих месторождений предполагается их регенерация и тектоническая передислокация в занимающие более высокое стратиграфическое положение породы базальт-андезитобазальтовой формации. Такая модель, в частности, допускается для Медногорского и Колюшинского месторождений в Миасском районе, а также для Пышминско-Ключевского месторождения. Все месторождения этого типа являются мелкими, редко средними. В Орангской зоне на Полярном Урале расположено мелкое Нижне-Талотинское колчеданно-полиметаллическое месторождение, а также ряд рудопроявлений (Хала-Тальбей, Усваты, Правобережный участки и др.), отно-

сящиеся к флизчайскому типу. Руды согласно залегают в терригенно-флишоидной толще, сложенной углерод- и гематитсодержащими сланцами, песчаниками, алевролитами с линзообразными потоками толеитовых базальтов.

Количество колчеданных руд этого возрастного уровня приведено в табл. 6.

Таблица 6

Запасы колчеданных руд ранне-среднеордовикского уровня

Основные показатели	Кипрский тип	Флизчайский тип	Всего	Доля, % в общеуральских запасах
Руда, млн т	40,0	4,4	44,4	2,0
Медь, тыс. т/%	424,2/1,06	19,0/0,43	443,2/1,0	1,5
Цинк, тыс. т/%	101,6/0,25	244,2/5,55	345,8/0,78	1,0
Свинец, тыс. т/%	–	63,3/1,44	63,3/0,14	3,1
Золото, т/г/т	23,1/0,58	2,1/0,48	25,2/0,57	1,1
Серебро, т/г/т	181,1/4,53	121,0/27,5	302,2/6,81	0,8

В объектах трех последующих уровней сосредоточены все промышленные скопления колчеданных руд Урала.

Позднеордовикско-раннесилурийское колчеданообразование (шемурско-медногорский уровень) относится к Щучинско-Тагильскому и Кракинско-Медногорскому (Сакмарскому) палеовулканическим поясам. В первом из них располагаются месторождения Тарньерско-Шемурского, Тагило-Красноуральского, Левихинско-Карпушихинского, Кабанского рудных районов; во втором – месторождения Медногорского рудного района. Подавляющее большинство месторождений этого уровня принадлежат уральскому типу, лишь отдельные объекты Щучинско-Тагильского пояса (Валенторское, Галкинское, вероятно Северо-Калугинское и Калугинское, а также рудопроявления Павдинского района) – к рудноалтайскому (куроко). По запасам месторождения этого возрастного уровня не превышают средних размеров.

Количество колчеданных руд шемурско-медногорского уровня приведено в табл. 7.

Таблица 7

Запасы колчеданных руд шемурско-медногорского уровня

Основные показатели	Уральский тип	Рудноалтайский (куроко) тип	Всего	Доля, % в общеуральских запасах
Руда, млн т	259,5	38,9	298,4	13,3
Медь, тыс. т/%	4 072,5/1,57	146,4/0,38	4 218,9/1,41	14,1
Цинк, тыс. т/%	4 925,4/1,9	525,6/1,47	5 451,0/1,83	16,4
Свинец, тыс. т/%	224,1/0,09	79,4/0,20	303,5/0,10	14,8
Золото, т/г/т	281,2/1,09	23,4/0,6	304,6/1,02	13,1
Серебро, т/г/т	4 308,8/16,6	925,9/23,8	5 234,7/17,5	14,4

Позднесилурийско-раннедевонский (баймак-бурибаевский) уровень проявлен лишь в Западно-Магнитогорском палеовулканическом поясе. Месторождения этого уровня, относящиеся к уральскому типу (Бурибаевское, Юбилейное, Зюзельское, Калатинская группа), резко преобладают по общему объему руды над объектами рудноалтайского (куроко) типа (Баймакская, Красноборско-Горельская группы). Все объекты являются, как правило, мелкими; исключением является крупное

Юбилейное месторождение. Доля месторождений этого возрастного уровня в общеуральских запасах колчеданных руд представлена в табл. 8.

Таблица 8

Запасы колчеданных руд баймак-бурибаевского уровня

Основные показатели	Уральский тип	Рудноалтайский (куроко) тип	Всего	Доля, % в общеуральских запасах
Руда, млн т	133,4	4,0	137,4	6,0
Медь, тыс. т/%	1 983,4/1,49	100,0/2,5	2 083,4/1,52	7,0
Цинк, тыс. т/%	1 172,0/0,88	172,0/4,3	1 344,0/0,98	4,0
Свинец, тыс. т/%	5,2/0,004	50,6/1,27	55,8/0,04	2,7
Золото, т/г/т	221,5/1,66	45,4/11,35	266,9/1,94	11,5
Серебро, т/г/т	1 687,0/12,65	295,7/73,93	1 982,7/14,43	5,5

Наиболее существенной эпохой колчеданообразования на Урале является среднедевонская (карамалыташский уровень), в течение которой сформировано около 80 % запасов колчеданных руд (табл. 9) и образованы почти все крупные объекты. Месторождения карамалыташского уровня известны в Западно-Магнитогорском (Гайское, Подольское, Сибайское, Узельгинское, Учалинское, Карабашская группа, Дегтярское и др.), в Восточно-Магнитогорском (Александринское, Джусинское, им. 50-летия Октября, Приорское, Весенне-Аралчинское, Амурское и др.), в Каменском (Сафьяновское, Касаргинское, Султановское) поясах, а единичные месторождения и проявления известны также и в некоторых более восточных вулканических зонах (Светлинское месторождение в Буруктадьско-Кундыбаевской зоне, Айдырлинское месторождение в одноименной зоне). Преобладают на этом уровне месторождения уральского типа, однако известны объекты и рудноалтайского (Александринское, Джусинское, Барсучий Лог, Иссиргужинское и др. – в Восточно-Магнитогорском поясе), а также филизчайского (Амурское в Восточно-Магнитогорском поясе) типов.

Таблица 9

Запасы колчеданных руд карамалыташского уровня

Основные показатели	Уральский тип	Рудноалтайский (куроко) тип	Филизчайский тип	Всего	Доля, % в общеуральских запасах
Руда, млн т	1 696,8	22,7	36,6	1 756,1	78,5
Медь, тыс. т/%	22 467,4/1,32	606,9/2,67	18,2/0,05	23 092,5/1,31	77,4
Цинк, тыс. т/%	24 282,1/1,46	815,7/3,59	1 090,0/3,0	26 187,8/0,92	78,6
Свинец, тыс. т/%	1 355,1/0,08	166,6/0,73	100,0/0,27	1 621,7/0,09	79,3
Золото, т/г/т	1 696,5/1,0	30,6/1,35	5,8/0,16	1 732,9/1,0	74,4
Серебро, т/г/т	27 915,7/16,45	544,3/24,0	387,0/10,6	28 847,0/16,43	79,3

Наконец, наиболее высокий стратиграфический уровень колчеданообразования относится к раннему карбону. Он проявлен лишь в Иргизском поясе, который, как отмечалось, представляет собою вторичную геосинклиналь на Мугоджарском срединном массиве. В этом поясе размещены мелкие недостаточно изученные месторождения и рудопроявления (Кналыколь, Каракум, Килемжайган I, Баксайс и др.) колчеданно-полиметаллических руд, содержащих до 1,5 % меди, до 9 % цинка и до 1,4 % свинца и не имеющих в настоящее время промышленного значения.

Распределение колчеданных месторождений Урала по рудноформационным типам и возрастам приведено в табл. 3, а их запасов – в табл. 10.

Таблица 10

**Распределение запасов (с учетом отработанных)
колчеданных месторождений Урала
по рудноформационным типам**

Основные показатели	Кипрский тип	Уральский тип	Рудноалтайский (куроко) тип	Филизчайский тип	Всего
Руда, млн т	40,0	2 089,7	65,6	41,0	2 236,3
Медь, тыс. т	424,2	28 523,3	853,3	37,2	29 838,0
Цинк, тыс. т	101,6	30 379,5	1 513,3	1 334,2	33 328,6
Свинец, тыс. т	–	1 584,4	296,6	163,3	2 044,3
Золото, т	23,1	2 199,2	99,4	7,9	2 329,6
Серебро, т	181,1	33 911,5	1 765,9	508,0	36 366,5
Доля, % в запасах: руда	<u>1,8</u>	<u>93,5</u>	<u>2,9</u>	<u>1,8</u>	<u>100,0</u>
Cu+Zn+Pb	0,8	92,8	4,1	2,3	100,0
Средневзвешенные содержания (Cu, Zn, Pb – %, Au, Ag – г/т) и их соотношения					
Медь	1,06	1,36	1,30	0,09	1,33
Цинк	0,25	1,45	2,31	3,25	1,49
Свинец	–	0,08	0,45	0,40	0,09
Золото	0,58	1,05	1,52	0,2	1,04
Серебро	4,53	16,23	26,92	12,40	16,26
Zn:Cu	0,24	1,07	1,78	36,1	1,12
Pb:Cu	–	0,06	0,35	4,44	0,07
Ag:Au	7,8	15,5	17,7	62,0	15,6

В структурах Урала уровни колчеданообразования распределены неравномерно. В Западно-Магнитогорском поясе проявлены три уровня – ранне-среднеордовикский, баймак-бурибаевский и карамалыташский; в Щучьинско-Тагильском поясе – два уровня (ранне-среднеордовикский и шемурско-медногорский); Восточно-Магнитогорском, Каменском поясах и некоторых восточных зонах – только один, карамалыташский, уровень; в Иргизском поясе – только раннекаменноугольный.

Рассмотренные уровни различаются не только общими объемами накопленных сульфидных руд (см. табл. 6-9), но и модальными параметрами месторождений. Проведенный автором статистический анализ распределения колчеданных месторождений Урала двух наиболее важных в промышленном отношении уровней – шемурско-медногорского и карамалыташского – по запасам руды и сумме содержания меди, цинка и свинца показал следующее (рис. 10, 11).

Модальное месторождение уральского типа уровня O₃-S₁ (из 56 объектов) содержит 3,4 млн т руды. Если свести эти 56 объектов к 25 (за счет объединения мелких месторождений Среднего Урала – все Левихинское рудное поле, все Красноуральское рудное поле, все Ломовское рудное поле и т. д.), то в этом случае параметры модального месторождения составят 5,5 млн т. руды. В обоих случаях модальное содержание суммы металлов составляет 2,8 %. Модальный среднедевонский объект содержит 17 млн т. руды с 3,8 %, среднедевонский объект уральского типа – 25 млн т. руды с 3,2 %, а такой же объект Западно-Магнитогорского пояса – 34 млн т. руды с 4,2 % суммы металлов.

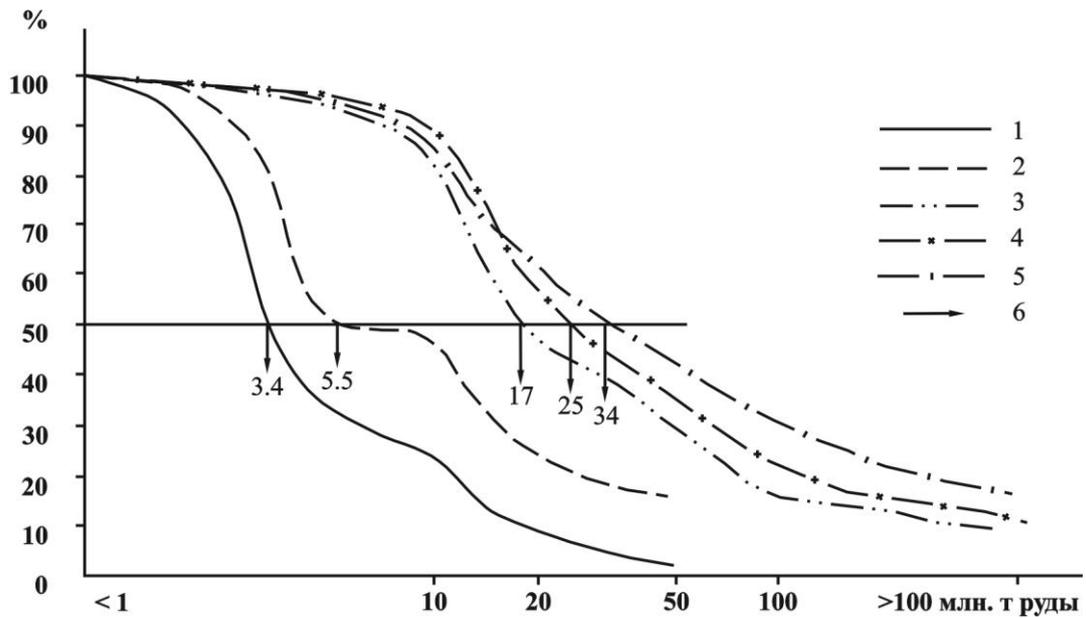


Рис. 10. Распределение колчеданных месторождений Урала по запасам руды:

1 – ордовик-раннесилурийские месторождения уральского типа (56 месторождений); 2 – ордовик-раннесилурийские месторождения уральского типа (сведенные к 25 объектам); 3 – среднедевонские месторождения (49 месторождений); 4 – среднедевонские месторождения уральского типа (39 месторождений); 5 – среднедевонские месторождения уральского типа Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса (25 месторождений); 6 – модальное значение

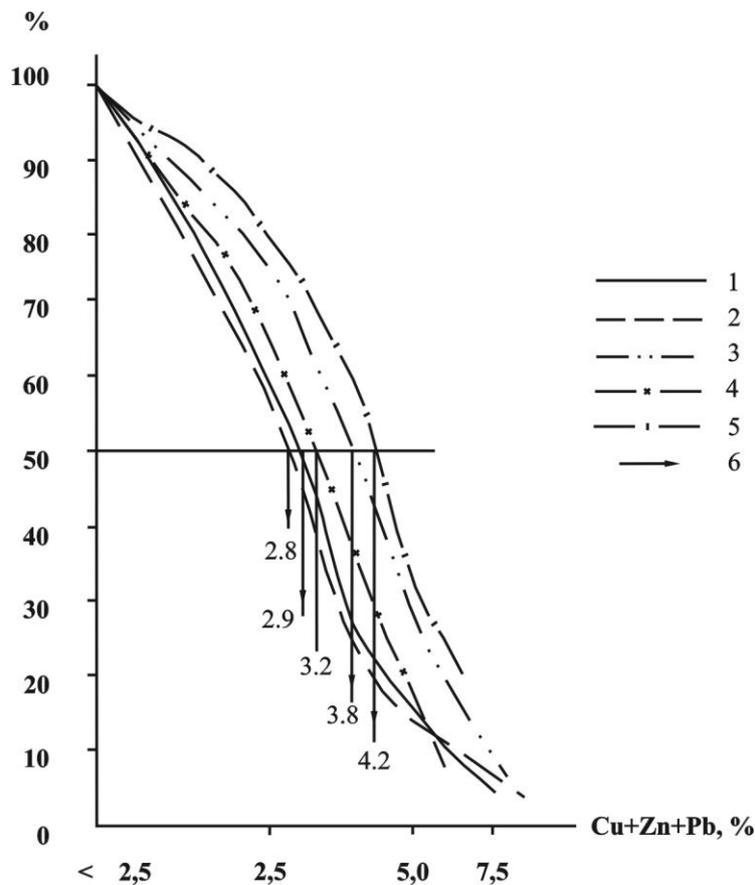


Рис. 11. Распределение колчеданных месторождений Урала по сумме содержаний меди, цинка и свинца. Условные обозначения см. на рис. 10

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости достоверного определения возраста колчеданосных формаций на стадии региональных геологосъемочных работ, они также должны учитываться при оценке прогнозных ресурсов колчеданных руд различных возрастных уровней.

Следует подчеркнуть, что в уральских уровнях размещения колчеданных месторождений отражаются общемировые тенденции [Контарь, 1997, 2002]. Подавляющее большинство позднекаледонских (ордовик-раннедевонских) колчеданных месторождений по запасам являются мелкими и средними. К ним принадлежат, главным образом, объекты Скандинавско-Британских каледонид, Аппалачей и Ньюфаундленда. Все они по возрасту близки уральским месторождениям ранне-среднеордовикского, шемурско-медногорского и, частично, баймак-бурибаевского уровней. В Скандинавии соотношение объектов уральского и куроко типов примерно одинаково; колчеданные месторождения Британии относятся к типу куроко; на Ньюфаундленде и в Аппалачах преобладают объекты кипрского типа, хотя известны и месторождения типа куроко. В мировом балансе колчеданных месторождений на долю позднекаледонского уровня приходится 23 % объектов, в которых сосредоточены 11,6 % запасов руды, 11,2 % – меди, 11,5 % – цинка, 7,7 % – свинца и 10,6 % – суммы металлов. Из этого количества на уральский тип приходится 44% объектов; в них заключено 43,8 % запасов руды, 61,2 % – меди, 19,5 % – цинка, 2,7 % – свинца и 25,2 % – суммы металлов, причем не менее 75% от этих количеств относятся непосредственно к Уралу.

Колчеданообразование среднедевонского времени охватило обширные территории Евразии. Кроме Урала, они известны в Центральной Европе (типы филизчайский и куроко), на Северном Кавказе (уральский тип), на Рудном Алтае. Преобладающее число месторождений этого уровня являются крупными. Мировая продуктивность среднего девона определяется размещением на этом уровне 27 % объектов, 26,4 % запасов руды, 26,4 % – меди, 18 % – цинка, 10,4 % – свинца, 17,9 % – суммы металлов. Из них к уральскому типу относятся 44 % объектов, содержащих 66,2 % запасов руды, 78,4 % – меди, 39,5 % – цинка, 9 % – свинца и 46,7 % – суммы металлов; около 85 % этих количеств размещены на Урале.

Раннекаменноугольный уровень колчеданообразования на Урале выпадает из глобальных закономерностей. Здесь известны лишь мелкие колчеданно-полиметаллические объекты. В то же время, при общем снижении продуктивности рудообразования по сравнению со средним девоном, в раннем карбоне сформированы крупные колчеданно-полиметаллические месторождения типа куроко Иберийского пиритного пояса, Северной Африки, Средней Азии. Может быть, в этом заключается один из возможных резервов выявления новых колчеданосных районов раннекаменноугольного уровня на Урале, но они будут относиться только к Иргизскому палеовулканическому поясу.

Общий вклад Урала в мировой баланс колчеданных руд показан в табл. 11

В разрезах дифференцированных формаций колчеданные залежи располагаются на разных уровнях. Рудоносные уровни обычно приурочены к прикровельным, приподошвенным и средним частям толщ кислых и умеренно кислых вулканитов, и часто они маркируются горизонтами вулканогенно-осадочных пород, являющихся латеральными фациями рудных тел. Такие соотношения свидетельствуют о том, что рудоотложение происходило в периоды затухания вулканической де-

тельности. При многоэтажном расположении рудных залежей обычно четко обособляются три уровня, из которых два являются основными, а один – промежуточный. Причем в основных уровнях сосредоточена большая часть запасов месторождений. Так, в месторождениях Тарньерско-Шемурского рудного района на среднем и верхнем уровнях расположены 81,8 % запасов руды, 83,3 % запасов меди, 98,4 % – цинка; в Левихинском рудном поле на нижнем и верхнем уровнях локализованы 87 % запасов руды, 86 % – меди и 89 % – цинка; в Тагило-Красноуральском районе наиболее значимыми являются средний и верхний уровни (96 % запасов руды, 98 % – меди и почти все запасы цинка и свинца); в месторождениях Верхнеуральского района наиболее выражены нижний и верхний уровни (78,6 % запасов руды, по 76,8 % – меди и свинца, 73,5 % – цинка) и т. д.

Таблица 11

Доля (%) Урала в мировом балансе колчеданных руд

Основные показатели	В объектах кипрского типа	В объектах уральского типа	В объектах рудноалтайского (куроко) типа	В объектах филизчайского типа	В целом
Руда	15,9	57,9	1,6	1,5	20,9
Медь	6,1	48,8	2,1	0,3	24,6
Цинк	3,6	51,4	1,2	0,8	9,2
Свинец	–	67,3	0,6	0,2	1,4

При этом отмечается общая тенденция качественного и количественного обогащения руд верхних уровней относительно нижних. Это обусловлено как эволюцией рудоносных растворов, так и экстракцией ими части меди, цинка, свинца, золота и серебра из руд нижних уровней и переотложением их на верхних.

Размещение рудоносных уровней в разных частях разреза продуктивных формаций предопределяет необходимость изучения их на всю мощность, выявление и локализацию этих уровней и дальнейшее ведение поисков в их пределах.

Колчеданные месторождения, как отмечалось, являются одними из наиболее ранних в тектоно-магматическом процессе. В ходе дальнейшего геологического развития они вовлекались в более поздние преобразования. По степени их воздействия на Урале выделены две группы колчеданоносных районов – с изометричными слабдеформированными и с линейными интенсивно деформированными рудоконтролирующими синвулканическими структурами.

Слабдеформированные колчеданоносные районы расположены в изначально расширенных частях палеовулканических поясов и зон, где вулканизм происходил на больших пространствах. Районы этой группы приурочены к центральной части Щучинско-Тагильского палеовулканического пояса (Саум-Яхтельинский, Тарньерско-Шемурский, Валенторский), южной части Кракинско-Медногорского палеовулканического пояса (Медногорский), средней и южной частям Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса (Сибайский, Подольский, Гайский, Юбилейный, Верхнеуральский), а также к ряду блоков Восточно-Магнитогорского пояса (Александринский, Домбаровский, Ащебутакский, частично Среднеорский). Пострудные деформации в этих районах не привели к существенным искажениям первичных вулканических форм, оказавших непосредственное влияние на размещение рудных залежей. Рудовмещающими в этих районах являются вулкано-тектонические депрессии, образованные в период продук-

тивного вулканизма, заложенные на базальтовом основании, мелкие телескопированные депрессии высоких порядков, образованные на склонах и вершинах экстрезивных куполов и в межкупольных понижениях.

Для месторождений этой группы характерны пологие или субгоризонтальные залежи, в большинстве случаев единичные или состоящие из небольшого количества рудных тел при ведущем значении небольшого количества главных, в которых сосредоточены основные запасы. Так, на Гайском месторождении 98 % запасов сосредоточены в восьми рудных телах из выявленных 49; 94 % запасов Узельгинского месторождения связаны с тремя рудными телами из 65; 98 % запасов Подольского месторождения заключены в основном рудном теле из пяти разведанных; 94 % запасов Сибайского месторождения заключены в Новосибирской залежи; почти все запасы Александринского месторождения находятся в одном рудном теле из 23 известных; 95 % балансовых запасов Сафьяновского месторождения представлены в основном рудном теле из 10 выявленных; из единичных, в принципе, залежей состоят Шемурское, Ново-Шемурское, Западно-Озерное, Озерное и другие месторождения. Гипогенная зональность рудных тел ориентирована по нормали к их мощности; хорошо проявлены рудоподводящие каналы, маркированные кварц-серицитовыми метасоматитами с зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, ориентированными, как правило, субперпендикулярно рудным телам.

Колчеданосные районы с линейными интенсивно деформированными рудовмещающими формами расположены в изначально наиболее узких частях палеовулканических поясов (зон), находящихся между сближенными кратонизированными выступами допалеозойского субстрата. Последующие деформации еще больше усилили и подчеркнули их линейность. Рудные районы этого типа расположены в средней и южной частях Щучьинско-Тагильского (Левихинско-Карпушихинский, Тагило-Красноуральский), северной части Западно-Магнитогорского пояса (Дегтярский, Карабашский, Учалинский) и в отдельных структурах Восточно-Магнито-горского (Джусинский) и Каменского (Султановское, Касаргинское) поясов.

Рудоносные синвулканические формы представлены здесь как узкими троговидными структурами, вмещающими одиночные протяженные лентовидные залежи (Дегтярское месторождение), иногда осложненными мощными раздувами (Учалинское), так и мелкими линейно-цепочечно расположенными палеодепрессиями, образованными в результате мелкоареального вулканизма, что обусловило накопление большого количества мелких рудных тел. Так, в месторождениях Левихинско-Карпушихинской группы известны около 800 рудных тел; многие их десятки образуют месторождения Красноуральского рудного поля, им. III Интернационала, Карабашской группы и др.

В районах этого типа рудовмещающие породы и руды имеют крутое (до вертикального) или даже запрокинутое залегание (месторождения Тагило-Красноуральского района, Дегтярское, Лиманное и др.). В современных структурах непосредственно рудовмещающими являются расланцованные кварц-серицитовые породы и сланцы, обычно располагающиеся согласно с напластованием вмещающих пород.

Рудоподводящие каналы в месторождениях деформированных районов затушеваны наложенным пострудным метаморфизмом; в случаях их возможной реконструкции они также представлены серицитолитовыми метасоматитами, ориентированными по нормали к круто наклоненным рудным телам и, следовательно, имеющими в современном виде пологое залегание (месторождение Левиха).

Различия структурно-морфологических особенностей рудоконтролирующих структур должны предопределять специфические методические подходы к поисковым работам, в частности, выбор сети поисков, в районах разных типов.

В ряде случаев месторождения вовлечены в надвиговые дислокации, где они перекрыты пластинами гипербазитов (Сафьяновское, Султановское месторождения – Каменский пояс; вероятно, Светлинское месторождение – Буруктаьско-Кундыбаевская зона), а также подвержены контактово-термальным воздействиям более поздних гранитоидов (Тарньерское месторождение – Северный Урал, Щучьинско-Тагильский пояс; месторождения Весенне-Аралчинское, им. 50-летия Октября, Авангард – Южный Урал и Мугоджары, Восточно-Магнитогорский пояс). В последнем случае происходит перекристаллизация руд, а околорудные кварц-серицитовые метасоматиты преобразованы в антофиллит-биотит-кордиеритовые роговиковоподобные породы.

Перспективы обнаружения новых колчеданных месторождений на Урале продолжают оставаться высокими. Об этом свидетельствуют относительно недавние открытия новых (в том числе средних) месторождений, как залегающих близ поверхности (Сафьяновское, Западно-Озерное), так и находящихся на глубинах 200-600 м (Зимнее, Ново-Учалинское). Значительные перспективы связываются со слабоизученными территориями Северного, Приполярного Урала и Мугоджар, а также с некоторыми восточными зонами Среднего Урала, в частности к югу от рудного поля Сафьяновского месторождения. Имеются благоприятные предпосылки для выявления новых месторождений и в ряде районов Южного Урала.

Соотношение прогнозных ресурсов всех категорий к общим запасам колчеданной меди в целом по Уралу близко к 1:1.

Объекты кипрского типа (серно-медноколчеданная кобальтоносная рудная формация)

К этому типу отнесена небольшая группа месторождений и рудопроявлений, залегающих в раннепалеозойских офиолитах, расположенных преимущественно в Присакмарской металлогенической зоне Западно-Магнитогорского пояса (Маукское, Ишкинское, Ивановское, Дергамышское), а также в Медведевско-Свердловской зоне, являющейся, с точки зрения автора, среднеуральской ветвью этого пояса (Пышминско-Ключевское, Арамилское). По своей палеотектонической позиции эти зоны могут быть сопоставлены с окраинно- и внутриконтинентальными рифтовыми зонами с корой океанического типа.

Отличительными особенностями этих объектов является их формирование только на ранне-среднеордовикском уровне и без участия кислых вулканитов. Месторождения залегают, как правило, в области контакта альпинотипных ультрамафитов и вмещающих их базальтоидов однородной базальтовой формации и углесто-кремнистых сланцев. Рудные тела располагаются согласно с вмещающими по-

родами и контактами, отходя от них на небольшие расстояния в те и другие вмещающие породы.

Данный формационный тип характеризуется следующим средневзвешенным составом руд, %: медь – 1,06, цинк – 0,28, кобальт – 0,04, никель – 0,1-0,4; золото содержится в количествах, не превышающих 1,0 г/т, серебро – до 5 г/т, в отдельных объектах присутствует платина, содержание которой достигает 1 г/т. Руды сложены преимущественно пирротинном – 75-80 %, пиритом или марказитом – 5-54 %, халькопиритом – 1-10 %, сфалеритом – до 3,0 %; среди рудных минералов присутствуют также хромит, пентландит, никелин, кобальтин, арсенопирит, магнетит.

Уральские месторождения кипрского типа, как и во всем мире, как правило, мелкие по размерам (редко средние), их суммарные запасы не превышают: руды – 2 %, меди – 1,4 % общеуральских.

Кратко охарактеризуем ряд объектов этой рудной формации.

Маукское месторождение [Горелов, 1958] локализовано в породах раннепалеозойской офиолитовой ассоциации, образованной сложным чередованием афировых и тонко-мелкопорфировых базальтов, преобразованных в альбит-эпидот-цоизит-актинолитовые, альбит-кварц-биотит-хлоритовые, альбит-карбонат-актинолит-хлоритовые и т. п. сланцы, углистых сланцев, углисто-кремнистых алевролитов, прослоев мелкозернистых песчаников, линзовидных тел серпентинизированных ультрамафитов (рис. 12). Рудные тела залегают согласно с вмещающими породами. На месторождении известно 9 параллельно расположенных рудных тел, из которых наиболее крупным является Центральное (протяженность по простиранию 1,5 км, по падению 550 м, мощность тела 1-1,5 м, до 12 м – в раздувах). Выделяются магнетит-пирротин-халькопирит-пиритовые и сфалерит-халькопирит-пирит-пирротинные руды. Средневзвешенный химический состав руд, %: медь – 1,59, цинк – 1,57, сера – 28,27, никель – 0,09, кобальт – 0,03; золото составляет 0,43 г/т, серебро – 10,8 г/т. Запасы месторождения составляют: руда – 4,4 млн т, медь – 70,4 тыс. т, цинк – 69,6 тыс. т. От других объектов этой группы Маукское отличается повышенными содержаниями цинка. Согласно залегание рудных тел с вмещающими породами, их пластообразная форма, точно повторяющая конфигурацию плоскостей слоистости, их параллельное расположение позволили Г. В. Петрову (1987) высказать предположение о вулканогенно-осадочном генезисе первичных руд, существенно преобразованных в условиях амфиболитовой фации метаморфизма.

Ивановское месторождение изучалось Э. С. Бучковским [1960], А. А. Захаровым, А. А. Захаровой (1975), И. Ю. Мелекесцевой [2007]. Оно расположено в северо-западной части Байгускаровского массива ультрамафитов, в Присакмарской зоне. Массив образует субсогласные залежи в базальтах однородной формации и на его контактах проявляются оталькование, карбонатизация, хлоритизация, окремнение. Оруденение расположено на контакте серпентинизированных (до серпентинитов) ультрамафитов с базальтоидами (рис. 13) и непосредственно контролируется послонными разрывами, выраженными зонами брекчирования, смятия и дробления. Руды локализуются в базальтоидах и в рассланцованных серпентинитах на некотором удалении от контакта с вулканитами. По минеральному составу выделяются два типа руд – халькопирит-пирротинные и пирротинные; по текстуре – руды преимущественно сплошные, реже прожилково-вкрапленные. Рудные тела линзовидной и жиллообразной форм круто падают на восток под углами 50-55°, они про-

слежены по простиранию на 300-700 м, по падению – до 400-500 м, при мощности до 15-20 м. Оцененные Н. И. Татарко параметры месторождения следующие: руда – 24 млн т, медь – 210 тыс. т (0,88 %), никель – 27 тыс. т (0,11 %), кобальт – 9 тыс. т (0,04 %), золото – 10 т (0,4 г/т), серебро – 32 т (1,3 г/т).

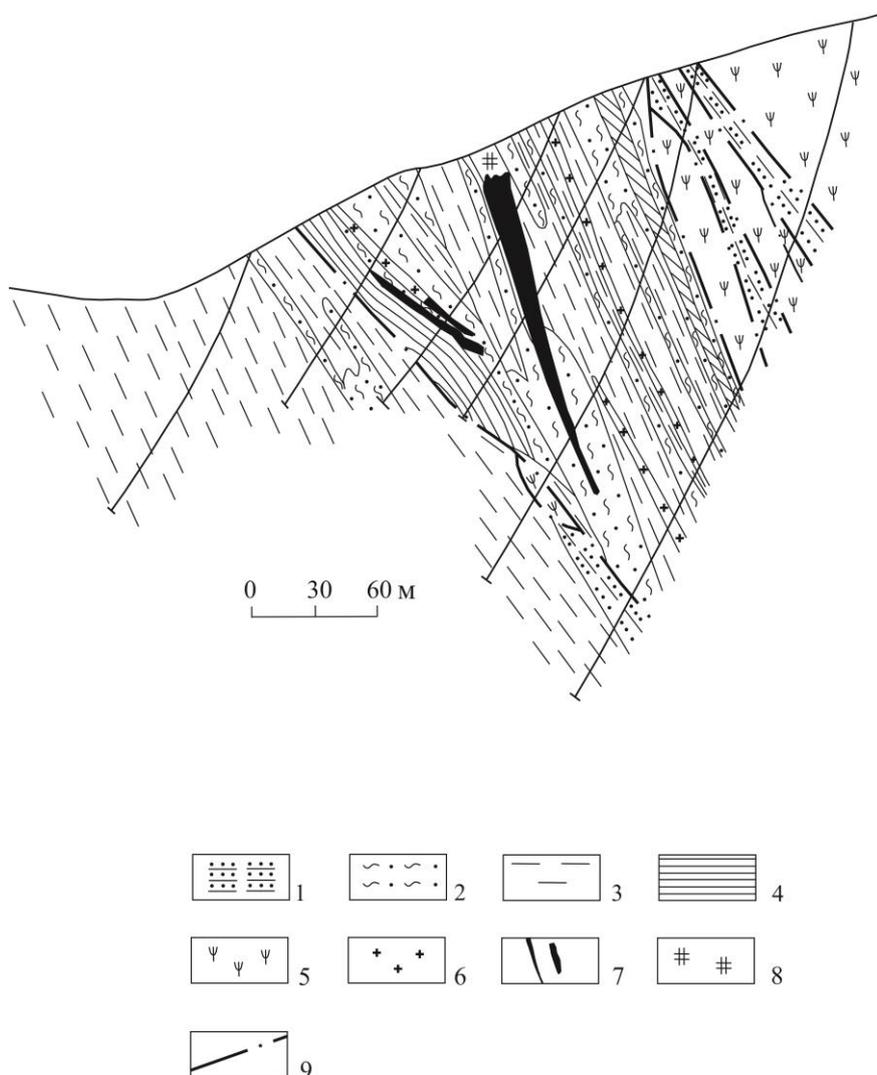


Рис. 12. Маукское месторождение (по Н. А. Горелову):

1 – филлиты, кварциты; 2 – амфибол-хлоритовые сланцы; 3– амфиболиты; 4– слюдисто-хлорит-кварцевые породы; 5 – ультрамафиты; 6 – плагиогранит-порфиры; 7 – рудные тела; 8 – бурые железняки; 9 – тектонические нарушения

Ишкининское месторождение (Субботин, 1943; Бучковский, 1960; Сеница, Полуэктов, Усольцев, 1963; Полуэктов, Гудков, 1965; Контарь, Либарова, 1966, 1969; Мелекесцева, Зайков, 2003) приурочено к зоне разломов северо-северо-западного простирания и залегает в области контакта раннепалеозойских серпентинизированных ультрамафитов и афировых базальтов, кремнистых сланцев, в зонах дробления и гидротермально измененных пород (рис. 14). Состав последних определяется исходными породами: преобразования базальтов выражены в хлоритизации, окварцевании; ультрамафитов – в отальковании и карбонатизации.

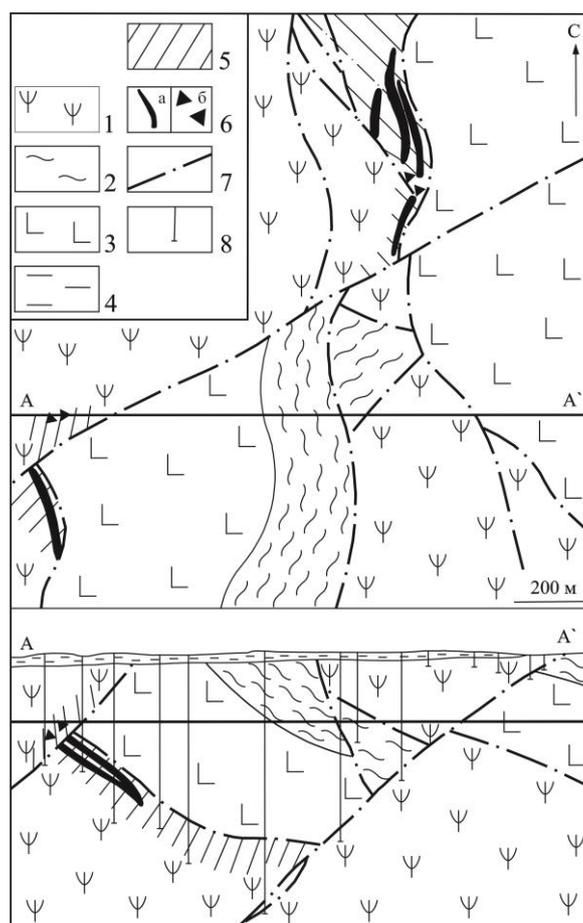


Рис. 13. Ивановское месторождение
(по А. А. Захарову, А. А. Захаровой, схематизировано):

1 – серпентиниты; 2 – углеродистые кремнистые сланцы, силициты; 3 – базальты, спилиты, в том числе брекчированные; 4 – четвертичные отложения; 5 – метасоматиты: тальковые и тальк-карбонатные по серпентинитам, хлоритовые, кварц-хлоритовые, карбонат-кварц-хлоритовые по базальтам и габбро; 6 – рудная минерализация (а – рудные тела, б – рудные брекчии); 7 – тектонические нарушения; 8 – разведочные скважины. AA' – линия разреза

На месторождении выделены пирит-пирротиновые и кобальтин-халькопирит-пирротиновые руды. Первые из них формируют четыре рудные зоны, залегающие в тальково-карбонатных и тальково-хлоритовых породах на контакте базальтов с ультрамафитами. Размеры зон по простиранию 80-1000 м, по падению 100-150 м, мощность до 50 м; они состоят из нескольких десятков рудных линз. 80 % запасов заключено в 16 телах сплошных и 7 телах вкрапленных руд. Средняя протяженность рудных линз 47 м (27-163 м), длина по падению 30 м (13-60 м), мощность 2 м (0,4-5,5 м). Минеральный состав, %: пирротин – 50, пирит – 40, халькопирит – 3-5, магнетит – 2-3, арсенопирит – 1-2. Химический состав руд, %: медь – 0,7 (до 5,4), никель – 0,2-0,3, кобальт – 0,015 (0,005-0,15), мышьяк – 0,06-1.

Кобальтин-халькопирит-пирротиновые руды представлены семью телами сплошных сульфидов в «конгломератовидных» серпентинитах. Их протяженность 15-20 м, длина по падению – 20-25 м, мощность – 0,3-15 м. Минеральный состав, %:

пирротин – 50, халькопирит – 15-20, пирит – 15-20, магнетит – 5, кобальтин – 0,5-1 (в зальбандах рудных тел количество кобальтина достигает 60 %), арсенопирит – 0,5-1. Химический состав руд, %: медь – 0,5-15 (среднее 6,4), никель – 0,1-0,4, кобальт – 0,01-10 (среднее 0,1-0,67), цинк – 0,4, мышьяк – 0,1-0,3, сера – 16-27; содержание платины – 1 г/т, золота – 1,4 г/т, серебра – 4-6 г/т. В этих рудах сосредоточено около 20 % запасов месторождения. Запасы месторождения составляют 138 тыс. т руды, содержащей 2 тыс. т меди.

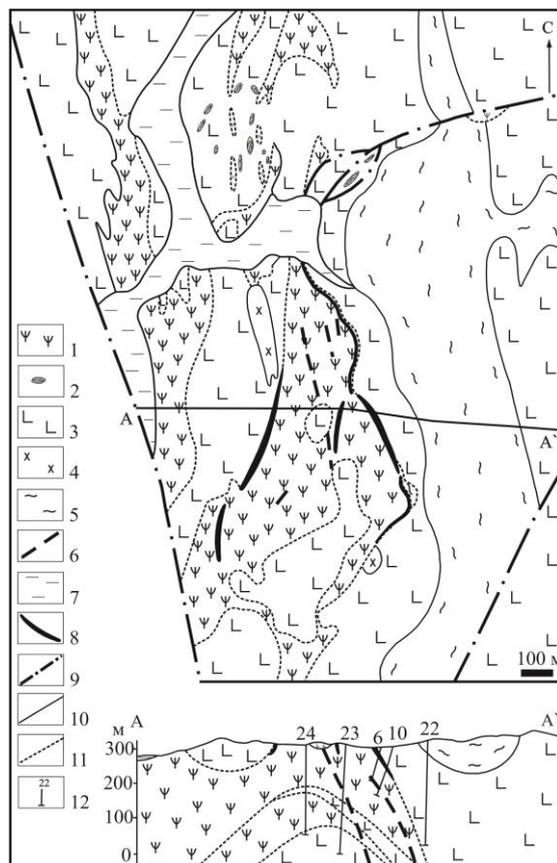


Рис. 14. Ишкининское месторождение

(по И. Ю. Мелекесцевой, В. В. Зайкову, схематизировано):

1 – серпентиниты; 2 – линзы известняков; 3 – базальты; 4 – габбро, габбро-диорты, диориты; 5 – силициты; 6 – габбро-пегматиты; 7 – четвертичные отложения; 8 – колчеданные руды; 9 – тектонические нарушения; 10 – геологические границы; 11 – границы серпентинитовых пластин; 12 – разведочные скважины

Пышминско-Ключевское месторождение изучали в разное время А. Е. Малахов, С. А. Вахромеев, П. И. Кутюхин, А. П. Наседкин, С. А. Игумнов, И. А. Щербак и другие авторы, которые рассматривали его как типичное жильное, или сопоставляли с медно-никелевыми месторождениями норильского типа или даже относили к особому типу колчеданных объектов.

Месторождение залегает в толще порфириров базальт-андезитобазальтовой формации, которая подстилается углисто-кремнистыми сланцами, кремнистыми и глинисто-кремнистыми алевролитами, туфопесчаниками, базальтами, принадлежащими однородной базальтовой формации раннего палеозоя. В западной части

рудного поля месторождения располагается габбровый массив, на востоке – тело ультрамафитов.

Месторождение состоит из 52 рудных зон, имеющих западное падение под углами 40-80° и представляющих собой трещины сжатия, вдоль которых развиваются хлоритовые, карбонатно-хлоритовые породы и сланцы, листвениты. Основные объемы оруденения расположены в узких параллельных зонах хлоритовых сланцев. Рудные тела на месторождении оконтуриваются в виде неправильной формы разобщенных треугольников, обращенных основанием кверху.

Размеры рудных тел на месторождении варьируют по простиранию от 10 до 470 м, по падению – от 20 до 840 м, по мощности от 0,2 до 8,6 м. Содержание меди составляет 0,03-17,59 % (при среднем 1,6 %), кобальта – 0,01-0,34 (среднее – 0,028), средние содержания золота – 1,14 г/т, серебра – 10,84 г/т. А. Г. Белов (1963) отмечал наличие в рудах месторождения платиноидов (до 2,86 г/т). В пирротине, с которым тесно ассоциирует пентландит, установлено 8,2 г/т платины.

На месторождении выделяются следующие минеральные типы руд: пиритовые кобальтоносные, халькопиритовые, халькопирит-пиритовые и пирротиновые (медно-никель-кобальтовые), содержащие, кроме пирротина, пирит, халькопирит и пентландит.

И. А. Щербаком установлены следующие особенности строения месторождения: 1) залегание в порфиритах базальт-андезитобазальтовой формации; 2) положение в зоне разлома, фиксируемого ультрамафитами; 3) рудные зоны представляют трещины сжатия; 4) рудные зоны имеют резкие контакты с вмещающими породами и несогласно залегают не только по отношению к слоистости порфиритов, но и к их сланцеватости; 5) возникновение основных рудовмещающих структур связывается с механическим воздействием ультрамафитов на порфириты; 6) трещинный характер рудовмещающих структур; 7) треугольная форма рудных тел; 8) будинаж, кливаж и смятие руд (плойчатые и сланцеватые текстуры руд); 9) медно-кобальтовый состав руд. Все это позволяет высказать следующие соображения о генезисе месторождения. Первоначально оно было сформировано в узкой троговой структуре, расположенной между Верх-Исетским и Мурзинско-Адуйским срединными массивами, которая в раннем палеозое заполнялась комплексами офиолитовой ассоциации (базальты однородной формации и сопровождающие ее осадочные породы, альпинотипные ультрамафиты). В процессе накопления вулканитов базальт-андезитобазальтовой формации, происходящего в обстановке сжатия, месторождение было передислоцировано и регенерировано. Одновременно происходила также и передислокация ультрамафитов, в связи с чем отмечается тесная пространственная близость с ними рудных зон, а также локализация оруденения в трещинах сжатия и деформации месторождения.

А. И. Гераков и В. Б. Шишаков (1979) считали, что зональность месторождения отлична от типичных колчеданных месторождений Среднего и Южного Урала. Эти авторы полагают, что возникновение месторождения обусловлено регенерацией колчеданных залежей, претерпевших син- и постдислокационные преобразования. О возможной регенерации руд месторождения может свидетельствовать обогащение медью его верхних частей. Так, за почти 120-летний период эксплуатации при увеличении глубины отработки месторождения среднее содержание меди снизилось более чем в 10 раз: в 1856–1875 гг. отработывались руды со средним со-

держанием меди около 8 %, а в 1974 г. – 0,61 %. В настоящее время месторождение отработано; его первоначальные запасы не превышали 9 млн т руды, содержащей около 110 тыс. т меди.

Из других колчеданных объектов кипрского типа следует отметить *Нырдовоменшорскую группу рудопроявлений* (Скальное, Левобережное, Правобережное и др.), приуроченную к раннепалеозойскому офиолитовому меланжу в северо-восточном обрамлении ультрамафитового массива Рай-Из на Полярном Урале. По данным Н. Я. Гульбиса и В. Я. Юдина (1998), здесь развиты повторяющимися пластины рудовмещающих базальтоидов. Оруденение, сопровождаемое серицит-кварцевыми метасоматитами, представлено преимущественно зонами сульфидной вкрапленности мощностью до 10 м, в которых присутствуют линзовидные обособления густовкрапленных до сплошных сульфидно-магнетитовых руд. Минеральный состав руд: пирит – 20-60 %, пирротин – до 80 % (при повышении количества пирротина соответственно снижается количество пирита), магнетит – 5-20 %, халькопирит – 1-65 %, сфалерит – от единичных зерен до 10 %; из других рудных минералов присутствуют арсенопирит, гематит, ковеллин, халькозин. Химический состав руд: медь – 0,11-14,05 %, цинк – 0,011-2,09 %, кобальт – 0,018-0,146 %, золото – до 0,4 г/т, серебро – 8,7-36,85 г/т, германий – 0,6-1,16 г/т.

Объекты уральского типа (медно-цинковоколчеданная рудная формация)

К данному рудноформационному типу относится подавляющее большинство колчеданных месторождений Урала, определивших его как одну из крупнейших колчеданосных провинций мира (см. табл. 11). Эти месторождения располагаются на трех возрастных уровнях (табл. 12), и они известны во всех палеовулканических поясах: Щучьинско-Тагильском и Кракинско-Медногорском (только шемурско-медногорский уровень), Западно-Магнитогорском (баймак-бурибаевский и карамалыташский уровни), Восточно-Магнитогорском и Каменском (только карамалыташский уровень).

Таблица 12

Параметры месторождений уральского типа

Основные показатели	Шемурско-медногорский уровень	Баймак-бурибаевский уровень	Карамалыташский уровень	Всего
Запасы (с учетом отработанных)				
Руда, млн т	259,5	133,4	1696,8	2089,7
Медь, тыс. т	4072,5	1983,4	22467,4	28523,3
Цинк, тыс. т	4925,4	1172,0	24282,1	30379,5
Свинец, тыс. т	224,1	5,2	1355,1	1584,4
Золото, т	281,2	221,5	1696,5	2199,2
Серебро, т	4308,8	1687,0	27915,7	33911,5
Доля, %, в общеуральских запасах				
Руда	11,8	6,1	77,1	95,0
Медь	13,7	6,7	75,5	95,9
Цинк	15,0	3,6	73,9	92,5
Свинец	11,4	0,3	68,7	80,4
Золото	12,2	9,6	73,3	95,1

Серебро	12,1	4,7	78,5	95,3
---------	------	-----	------	------

Окончание таблицы 12

Основные показатели	Шемурско-медногорский уровень	Баймак-бурибаевский уровень	Карамалыташский уровень	Всего
Средневзвешенные содержания и их соотношения				
Медь, %	1,57	1,49	1,32	1,36
Цинк, %	1,90	0,88	1,43	1,45
Свинец, %	0,09	0,004	0,08	0,08
Золото, г/т	1,08	1,66	1,0	1,05
Серебро, г/т	16,6	12,6	16,4	16,2
Zn:Cu	1,21	0,6	1,08	1,07
Pb:Cu	0,06	0,03	0,06	0,06
Ag:Cu	15,4	7,6	16,4	15,4

Ниже приведена краткая характеристика некоторых объектов данного рудноформационного типа.

Тарньерско-Шемурский рудный район – самый северный на Урале колчеданосный район с промышленными месторождениями (*Тарньерское, Шемурское, Ново-Шемурское*), расположенный в западном борту Щучьинско-Тагильского палеовулканического пояса (Западно-Тагильская структурно-формационная зона). Суммарные запасы руды составляют 48 852 тыс. т, меди – 624,1 тыс. т (1,28 %), цинка – 975,3 тыс. т (1,99 %), серы – 20 209,6 тыс. т (41,36 %), золота – 21,1 т (0,43 г/т), серебра – 484,2 т (9,9 г/т). Тарньерское месторождение обрабатывается, остальные объекты подготавливаются к освоению.

Район образован двумя сопряженными вулcano-тектоническими депрессиями (Шемурско-Шегультанской и Тарньерской), образованными вулканитами базальт-риолитовой формации O_3-S_1 , выделяемыми в объеме шемурской свиты. В центральной части Тарньерской вулcano-тектонической депрессии расположен массив гранодиоритов, внедрение которых привело к контактовому метаморфизму руд и околорудных метасоматитов месторождения.

В разрезе базальт-риолитовой формации В. В. Парфеновым и Ю. Ф. Юриным выделены четыре толщи (снизу вверх): базальтовая, дацитовая, базальтовая, риодацитовая.

Шемурское месторождение расположено в области контакта нижней базальтовой и дацитовой толщ, а также в низах последней. Оно сложено пиритовыми, магнетит-пиритовыми и халькопирит-пиритовыми рудами; количество серноколчеданных (пиритовых руд) составляет 33,5 % от общего количества рудной массы. На месторождении разведано два полого наклоненных на запад рудных тела, прослеженных по простиранию на 560-600 м, по падению – от 20-235 до 150-300 м, мощность – 7 и 120 м.

Ново-Шемурское месторождение (рис. 15) расположено в верхней части дацитовой толщи. Наряду с перечисленными минеральными типами руд, здесь представлены также сфалерит-халькопирит-пиритовые руды; количество серного колчедана составляет 27,7 %. Месторождение состоит из 18 полого- и крутопадающих линзовидных рудных тел, из которых в Главном рудном теле заключено 91,2 % запасов месторождения. Параметры рудных тел: по простиранию – 40-450 м, по падению – 40-350 м, мощность – 7-80 м.

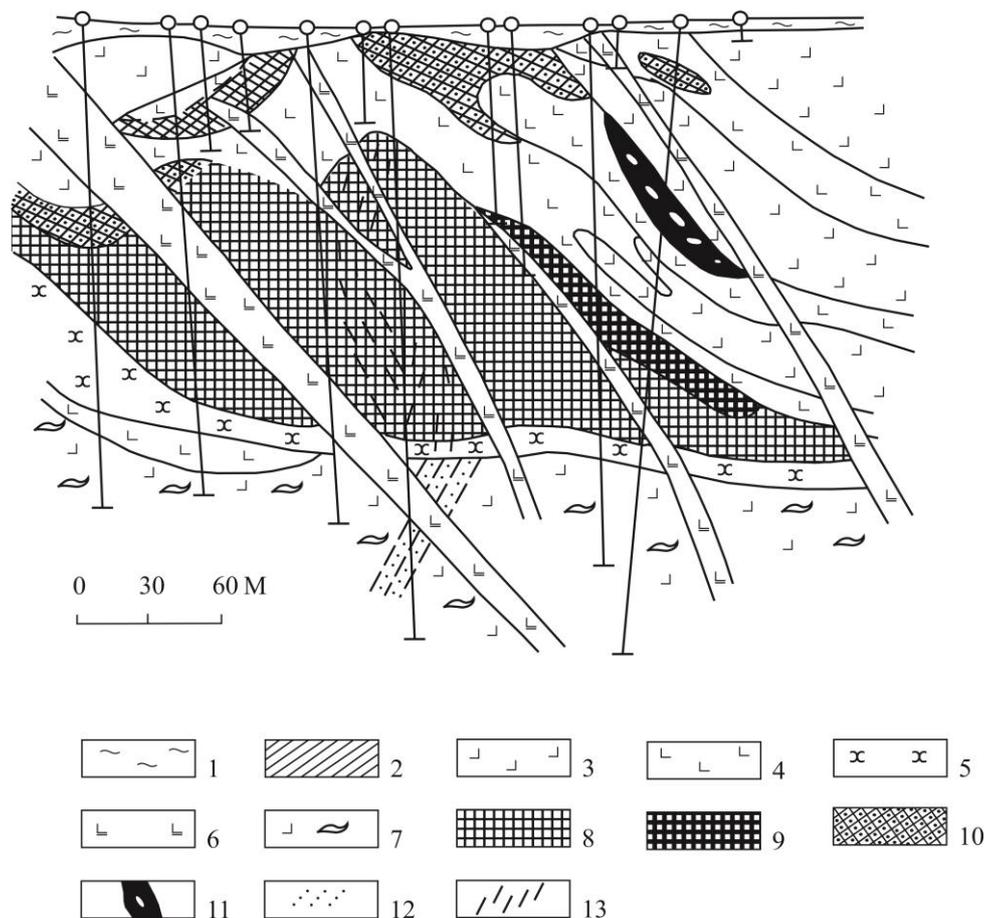


Рис. 15. Ново-Шемурское месторождение
(по Е. С. Контарю, Л. Е. Либаровой с использованием материалов Северной ГРЭ,
А. Г. Злотник-Хоткевича, Ю. Ф. Юрина):

1 – рыхлые отложения; 2 – железная шляпа; 3 – дациты массивные; 4 – базальты; 5 – хлоритолиты; 6 – диабазы; 7 – дациты флюидално-обломочные; 8 – массивные пиритовые руды; 9 – массивные халькопирит-пиритовые руды; 10 – массивные сфалерит-халькопирит-пиритовые руды; 11 – магнетит-пиритовые руды с обломками халькопирит-пиритовых и сфалерит-пиритовых руд; 12 – прожилково-вкрапленная пиритовая минерализация; 13 – сфалерит-халькопиритовые прожилки

Тарньерское месторождение залегает в риодацитовой толще, оно образовано сфалерит-халькопиритовыми и сфалеритовыми рудами; количество серного колчедана не превышает 2 %. Месторождение представлено пятью крутопадающими линзовидными рудными телами, три из которых выходят на поверхность. Они прослежены по простиранию на 100-820 м, по падению – на 180-420 м, мощность – 3-16 м. Особенность Тарньерского месторождения, отличающая его от Шемурского и Ново-Шемурского месторождений, заключается в том, что оно претерпело контактовый метаморфизм под воздействием более поздних гранитоидов. При этом произошла перекристаллизация и укрупнение зернистости руд, что улучшило их технологические свойства, а околорудные кварц-серицитовые метасоматиты преобразованы в антофиллит-кордиерит-биотитовые роговиковоподобные породы. Одновременно произошла экстракция части меди с переотложением ее в зонах скарнообразования при формировании скарново-медно-магнетитового месторождения III

Северное. На последнем, наряду с магнетитовыми рудами, обособляются тела халькопирит-пиритовых руд, запасы которых составляют 15 639 тыс. т, содержащих 83,1 тыс. т меди со средним ее содержанием 0,53 %.

Обобщенная количественная характеристика объектов Тарньерско-Шемурского колчеданосного района приведена в табл. 13.

Таблица 13

Количественная характеристика объектов Тарньерско-Шемурского колчеданосного района

Основные показатели	Шемурское месторождение (нижний уровень)	Ново-Шемурское месторождение (средний уровень)	Тарньерское месторождение (верхний уровень)
Количество запасов, %			
Руда	18,2	62,8	19,0
Медь	16,7	59,9	23,4
Цинк	1,6	50,9	47,5
Серный колчедан	33,5	27,7	не более 2
Золото	3,1	48,4	48,5
Серебро	1,9	65,4	32,7
Средние содержания и их соотношения			
Медь, %	1,17	1,22	1,58
Цинк, %	0,18	1,62	4,98
Свинец, %	0,016	0,027	0,038
Золото, г/т	0,07	0,33	1,1
Серебро, г/т	1,03	10,3	17,0
Zn:Cu	0,15	1,33	3,16
Pb:Cu	0,01	0,02	0,02
Ag:Cu	14,7	31,2	15,5

Тагило-Красноуральский колчеданосный район (месторождения Красногвардейское, Новолевинское, им. III Интернационала, Заводское и др., всего около 25 объектов) – один из старейших на Урале. Месторождения этого района интенсивно обрабатывались с первого десятилетия вплоть до 80-х гг. XX века. Его изучением в разные годы занимались В. А. Заварицкий, В. И. Шемелин, Т. Н. Шадлун, В. П. Логинов, В. П. Первов, П. Я. Ярош, А. К. Рогожников, Г. А. Курицына, С. И. Бирючев, В. И. Иванов, А. И. Кривцов, О. В. Минина, А. Н. Глушков и др.

Современные представления о строении и размещении колчеданных руд в этом районе сводятся к следующему.

Район располагается в восточном борту Щучьинского-Тагильского палеовулканического пояса (Восточно-Тагильская структурно-формационная зона) на Среднем Урале. Колчеданосной является базальт-андезит-дацит-риолитовая формация O_3-S_1 (красноуральская свита).

Продуктивный разрез имеет трехчленное строение: в нижней части преобладают базальты, чередующиеся с андезитодацитами и дацитами, в средней части развиты преимущественно андезитодациты, в верхней – дациты, андезитодациты, чередующиеся с базальтами и андезитобазальтами. При общем крутом моноклиналном падении на восток разрез наращивается на запад, что свидетельствует о запрокинутом залегания. Реконструкция первичных обстановок рудообразования и их трансформация показаны на рис. 16.

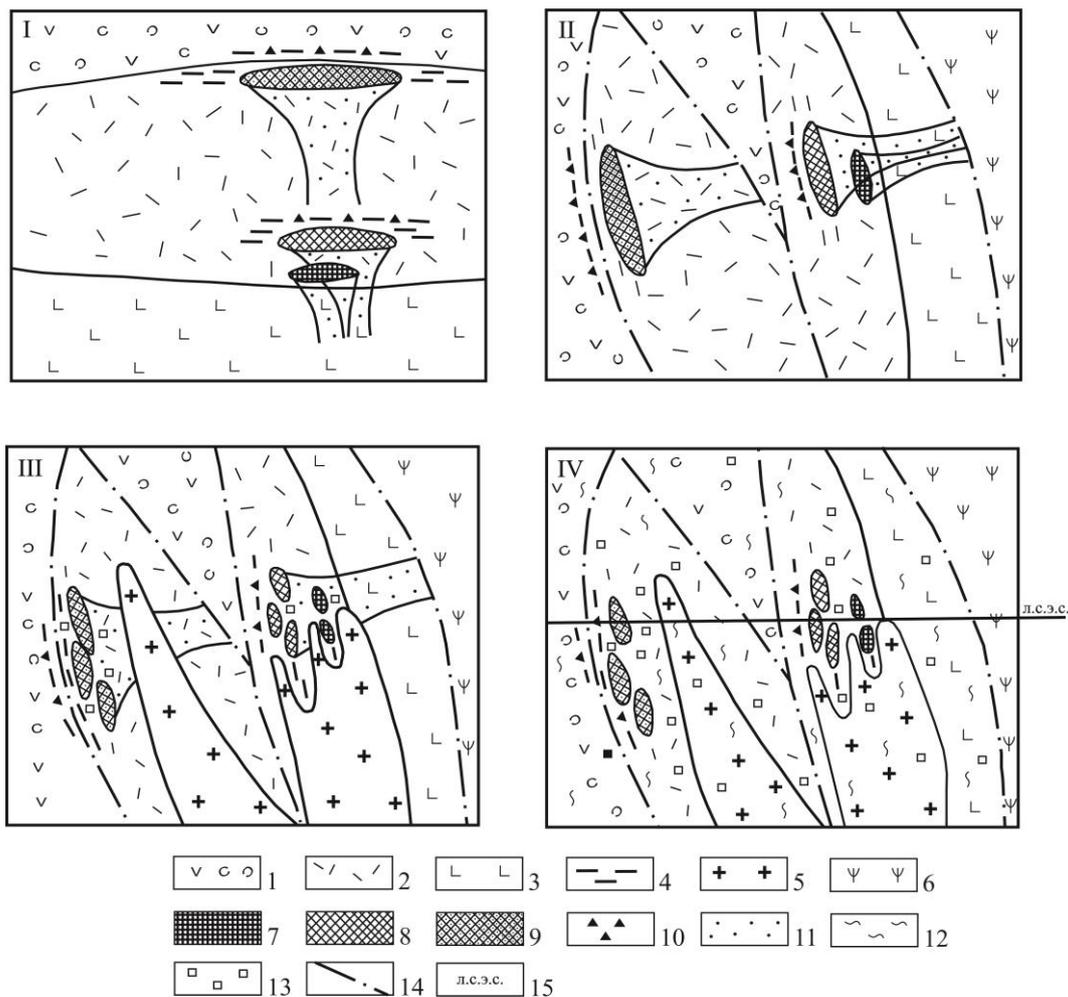


Рис. 16. Преобразования рудоконтролирующих структур Тагило-Красноуральского колчеданоносного района (по Е. С. Контарю, Л. Е. Либаровой):

1 – базальт-андезитобазальтовая формация – преимущественно туфы пироксен-плагиофировых базальтов и андезитобазальтов; 2-3 – базальт-андезит-дацит-риолитовая формация: 2 – андезиодациты, дациты, риодациты; 3 – базальты, андезитобазальты; 4 – вулканомиктовые, вулканосадочные породы; 5 – плагиограниты; 6 – серпентинизированные ультрамафиты; 7 – серноколчеданные руды нижнего уровня; 8 – медноколчеданные руды среднего уровня; 9 – медно-цинковоколчеданные свинецсодержащие руды верхнего уровня; 10 – рудокласты; 11 – минерализованные гидротермально измененные породы; 12 – рассланцевание; 13 – регенерированное оруденение; 14 – тектонические нарушения; 15 – линия современного эрозионного среза.

I-IV – стадии образования и преобразования рудоконтролирующих структур

Колчеданные руды размещены на трех литолого-стратиграфических уровнях (см. рис. 16, табл. 14).

Нижнему уровню отвечает граница базальтовой и андезиодацитово-риолитовой толщ (восточная рудовмещающая зона, по В. П. Первову), где находятся Восточное, Северо-Знаменское, группа Айвинских, Старолевинское, Заводское месторождения, образованные преимущественно вкрапленными серноколчеданными рудами с небольшими объемами медноколчеданных. На среднем уровне, приуроченном к средней части андезиодацитово-риолитовой толщ (западная рудовмещающая толща, по В. П. Первову), расположены месторождения с медноколчеданными и небольшим количе-

ством медно-цинковых руд. К ним относятся Северное, Знаменское, Чернушинское, Новолевинское, Красногвардейское, Кушайское, Восточно-Кушайское, Андреевское (серноколчеданное), Новоандреевское месторождения. Верхнему уровню принадлежат месторождения им. III Интернационала, Ольховской, Чадарской групп, залегающие в верхней части андезитоацитовой толщи под перекрывающими вулканитами базальт-андезитобазальтовой формации. Здесь преобладают свинцово-медно-цинковые руды с высокими содержаниями золота и серебра (см. табл. 14).

Таблица 14

**Характеристика рудоносных уровней месторождений
Тагило-Красноуральского колчеданосного района**

Основные показатели	Нижний уровень	Средний уровень	Верхний уровень
Количество запасов, %			
Руда	~ 4	54,0	42,0
Медь	~ 2	54,0	44,0
Цинк	0,2	16,8	83,0
Свинец	~ 1	2,0	97,0
Золото	~ 0,4	27,6	72,0
Серебро	~ 0,5	19,1	80,4
Средние содержания и их соотношения			
Медь, %	~ 0,9	2,25	2,34
Цинк, %	0,15	0,96	6,11
Свинец, %	~ 0,04	~ 0,008	0,46
Золото, г/т	0,2	0,97	3,24
Серебро, г/т	3,4	9,2	49,8
Zn:Cu	0,17	0,4	2,6
Pb:Cu	0,04	0,004	0,2
Ag:Au	17,0	9,5	24,6

Общие запасы месторождений Тагило-Красноуральского колчеданосного района составляли: руда – 63,0 млн т, медь – 1 260,9 тыс. т, цинк – 1 704,2 тыс. т, свинец – 119,1 тыс. т, золото – 98,6 т, серебро – 1641,1 т; при этом 61,5 % запасов руды, 65,0 % меди, 83,0 % цинка, 74,1 % свинца, 73,6 % золота и 80,6 % серебра приходится на два месторождения – Красногвардейское и им. III Интернационала.

Левихинская группа месторождений (рис. 17) расположена в западном борту Щучьинско-Тагильского палеовулканического пояса (Западно-Тагильская структурно-формационная зона) на Среднем Урале. Рудоносными, как и на Северном Урале, являются вулканиты базальт-риолитовой формации O_3-S_1 (кировградская свита). Рудовмещающие образования были сформированы в ходе мелкоареального вулканизма, что определило небольшие размеры вулканических построек, их пестрый литолого-фациальный состав, а также множественность мелких рудных тел (до 800). Месторождения приурочены к небольшим вулканическим постройкам, которые реконструируются, как это следует из работ Л. И. Сипливых, И. И. Зенкова, Ю. М. Столярова, Г. А. Столовой, В. С. Шарфмана и других исследователей, по локальным увеличениям мощностей кислых вулканитов, а также по участкам преимущественного развития лаво-, пирокластических и экструзивных фаций. Ру-

довмещающие породы подвержены общему рассланцеванию, которое в современной структуре согласно с напластованием, имеющем крутое восточное падение.

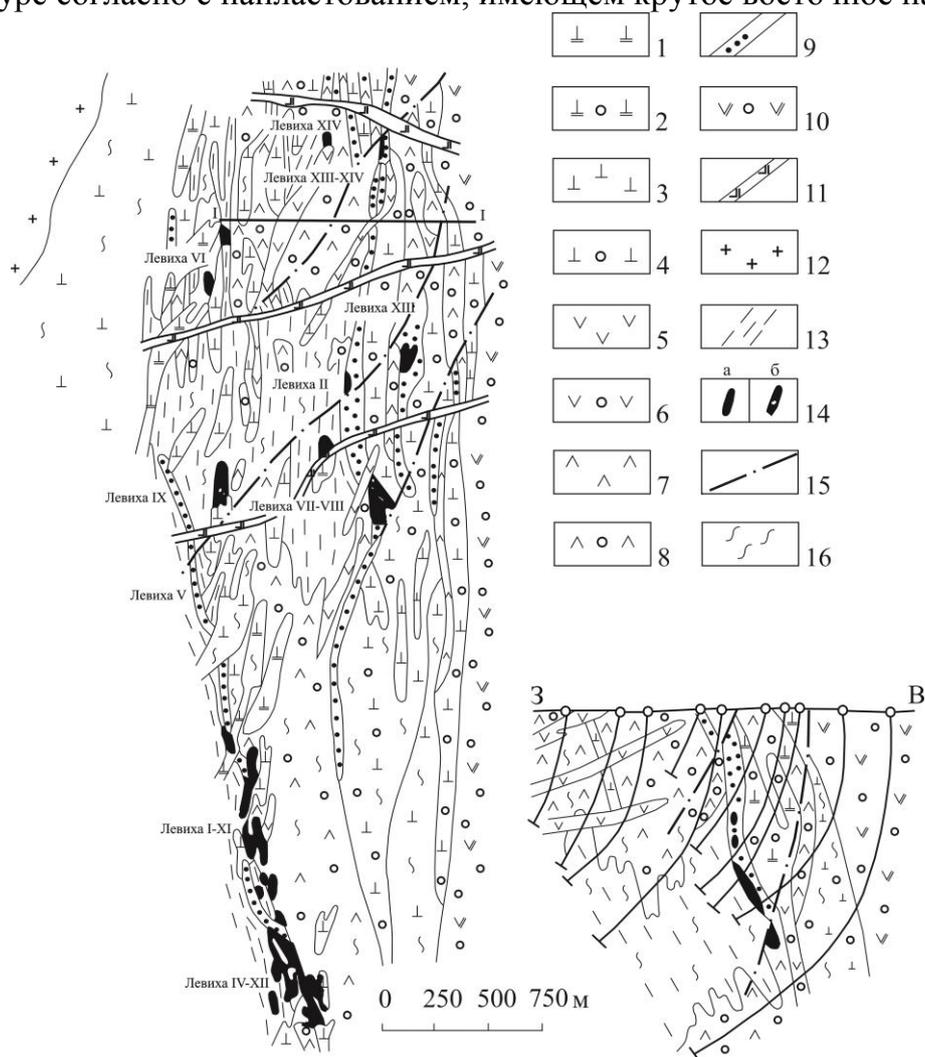


Рис. 17. Левихинское рудное поле

(по Ю. М. Столярову и Г. А. Столовой; схематическая геологическая карта и разрез):

1–9 – базальт-риолитовая формация: 1 – риолиты, риодациты; 2 – их лаво- и пирокластические фации; 3 – дациты; 4 – их лаво- и пирокластические фации; 5 – андезитодациты; 6 – их лаво- и пирокластические фации; 7 – базальты, андезитобазальты; 8 – их лаво- и пирокластические фации; 9 – вулканогенно-осадочные породы (вулканомиктовые конгломераты, песчаники, туффы), в том числе с рудокластами; 10–11 – базальт-андезитобазальтовая формация: 10 – туфы и лавы порфировых базальтов и андезитобазальтов; 11 – авгитофировые базальты, андезитобазальты; 12 – порфировидные плагиограниты; 13 – кварц-серицитовые метасоматиты; 14 – сплошные (а) и вкрапленные (б) руды; 15 – тектонические нарушения; 16 – рассланцевание

Условия локализации рудных тел в месторождениях Левихинской группы принципиально однотипны. Обычно линзовидные залежи сплошных и вкрапленных руд и сопровождающие их метасоматиты расположены на участках наибольшей фациальной изменчивости пород. Метасоматиты также подвержены рассланцеванию и превращены в кварц-серицитовые и серицит-кварцевые сланцы, хорошо известные в меднорудных районах Среднего Урала. При этом сами метасоматиты об-

разуют неправильной формы трубообразные тела, оси которых ориентированы суб-нормально как к напластованию, так и к положению рудных тел (см. рис. 17).

Непременным элементом строения рудовмещающей толщи являются мало-мощные горизонты слоистых вулкано-осадочных и осадочных пород, маркирующих крутонаклонное залегание. Ю. М. Столяров и Г. А. Столова (1977) отводят этим образованиям важную роль в локализации рудных тел. Эти авторы показали, что из четырех выделенных ими горизонтов вулканогенно-осадочных и осадочных пород (вулканомиктовые конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, алевропелиты, туффиты, углисто-кремнистые и углистые сланцы), с тремя тесно сопряжено большинство залежей Левихинских месторождений. Западный горизонт вулкано-осадочных и осадочных пород расположен на контакте западной лавовой и западной пирокластической толщ, и к нему приурочены залежи месторождений Левиха IV-XII, I-XI, V, IX. Первый восточный горизонт (300–600 м восточнее западного) маркирует границу западной пирокластической и центральной лавовой толщ, а также пространственное положение залежей месторождений Левиха VII-VIII (центральная зона), II, XIII-XIV и XIV. Второй восточный горизонт (в 150-200 м восточнее предыдущего) приурочен к контакту центральной лавовой и восточной пирокластической толщ и определяет положение залежей месторождений Левиха XIII, а также Левиха VII-VIII (восточная зона). Эти горизонты фиксируют перерывы вулканической деятельности, к которым, следовательно, приурочено рудоотложение. Рудные тела расположены либо на уровнях этих горизонтов, либо несколько ниже их. Каждый стратиграфически более высокий горизонт вулкано-осадочных пород содержит обломки нижележащих пород, в том числе рудокласты нижних рудных уровней.

Все это свидетельствует об изначальной многоэтажности Левихинских месторождений, их тесной связи с процессом формирования рудовмещающих пород и последующей деформированностью.

Характеристика рудоносных уровней Левихинской группы месторождений приведена в табл. 15.

Таблица 15

Характеристика рудоносных уровней Левихинской группы месторождений

Основные показатели	Нижний уровень (Левиха IV-XII, I-XI, V, IX)	Средний уровень (Левиха VII-VIII (центральная зона), II, XIII-XIV и XIV)	Верхний уровень (Левиха XIII, Левиха VII-VIII (восточная зона))
Количество запасов, %			
Руда	55,0	13,0	32,0
Медь	36,0	14,0	50,0
Цинк	44,0	11,0	45,0
Серный колчедан	До 50	8 (Левиха II)	2,5 (Левиха XIII, западная зона)
Золото	32,9	21,7	45,4
Серебро	43,8	17,8	38,4
Средние содержания и их соотношения			
Медь, %	1,5	3,07	3,57
Цинк, %	1,65	2,52	2,90
Золото, г/т	0,4	1,12	0,95
Серебро, г/т	10,3	18,6	14,5
Zn:Cu	1,1	0,82	0,81

Ag: Au	25,8	16,6	15,3
--------	------	------	------

Близкие геологические условия размещения характерны также для Шайтанской, Карпушихинской и Ломовской групп месторождений, расположенных южнее Левихинской группы.

Юбилейное месторождение (рис. 18) расположено на Южном Урале в Акъяр-Бурибайской структурно-формационной зоне Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса. Как показали А. И. Кривцов и О. В. Минина (1977, 1979), Ю. А. Болотин [Медноколчеданные..., 1988], оно приурочено к базальтовой депрессии, перекомпенсированной кислыми вулканитами, формирующими биклиналичную структуру. В разрезе базальт-риолитовой формации (баймак-бурибаевская свита S₂-D₁ или D₁) выделены следующие толщи: нижняя базальтовая, нижняя риодацитовая, сменяющаяся по простиранию андезитодацитовая, средняя базальтовая, верхняя риодацитовая и верхняя базальтовая. Само месторождение состоит из шести залежей пиритовых, халькопиритовых и сфалерит-халькопирит-пиритовых руд, залегающих на разных уровнях продуктивного разреза. Нижний уровень принадлежит поверхности нижней базальтовой толщи, где расположены Вторая, Третья, Четвертая и Шестая залежи. На границе андезитодацитовой и нижней риодацитовой толщ расположена Первая залежь, а в верхней кислой толще – Пятая. На нижнем уровне размещено не менее 80 % запасов месторождения, значительная часть которых относится к Шестой залежи.

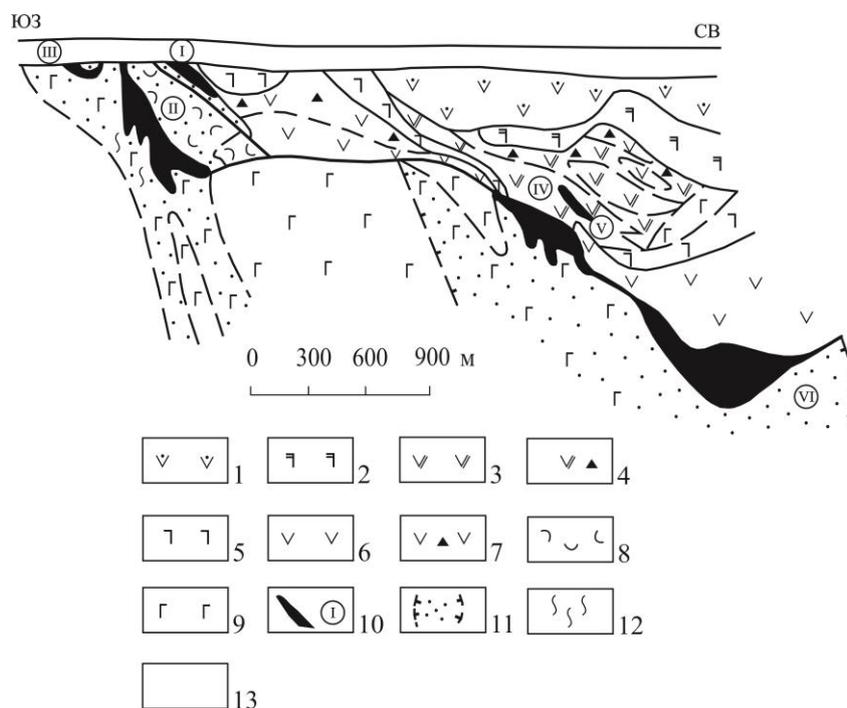


Рис. 18. Юбилейное месторождение. Схематизированный сводный геологический разрез (по А. И. Кривцову, О. В. Минину, Ю. А. Болотину):

1 – базальт-андезитобазальтовая формация (ирендыкская свита): пироксен-плагиофировые базальты, андезитобазальты, их туфы, вулканомиктовые породы; 2–9 – базальт-риолитовая формация (баймак-бурибаевская свита): 2 – верхняя базальтовая толща; 3–4 – верхняя риодацитовая толща (3 – лавы, 4 – туфы); 5 – средняя базальтовая толща; 6–7 – нижняя риодацитовая толща (6 – лавы, 7 – туфы); 8 – андезитодацитовая толща; 9 – нижняя базальтовая толща; 10 – рудные

залежи и их номера; 11 – серицитовые метасоматиты с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией; 12 – рассланцевание; 13 – мезозойско-кайнозойские отложения и кора выветривания

Дегтярское месторождение расположено в среднеуральской части Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса, который представлен узкой троговидной структурой, ограниченной с востока Верх-Исетским и Сысертско-Ильменогорским срединными массивами, а с запада – Ревдинским мафит-ультрамафитовым массивом Платиноносного пояса, имеющим, с точки зрения автора, допалеозойский возраст. Месторождение относится к карамалыташскому уровню.

Особенности строения месторождения и его генезис со времени открытия месторождения в 1906 г. и до завершения отработки в середине 80-х годов XX столетия были предметом неоднократного изучения. Среди его исследователей следует отметить А. Н. Заварицкого, С. Н. Иванова, М. И. Меркулова, В. П. Первова, П. А. Шехтмана, П. Я. Яроша, Л. И. Яковлева, П. И. Егорова, Т. Г. Тресвятскую, П. И. Прокуронову, В. В. Потапова, И. И. Зенкова, А. А. Крицкую, С. Г. Байдерина, Э. И. Кутырева, Г. В. Петрова, К. П. Плюсина и многих других.

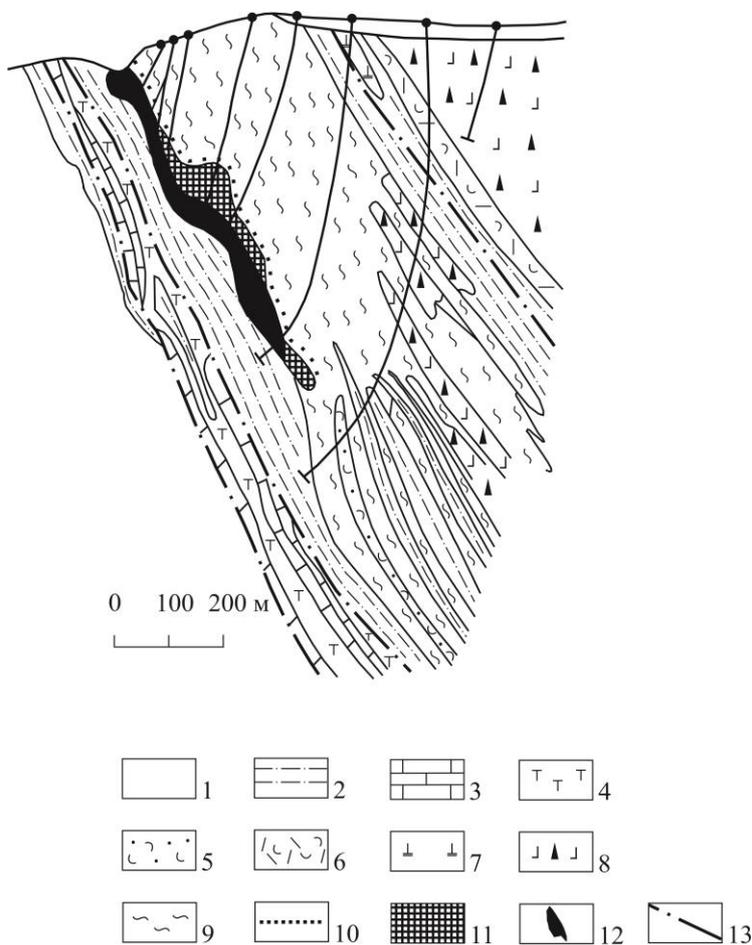


Рис. 19. Дегтярское месторождение

(по П. И. Прокуроновой, В. В. Потапову, А. А. Крицкой, И. И. Зенкову, С. Г. Байдерину):

1 – рыхлые отложения; 2 – туфопесчаники и туфоалевролиты кислого состава, ритмично переслаивающиеся; 3 – известняки; 4 – ультрамафиты; 5 – туфопесчаники кислого состава, часто ритмично-слоистые; 6 – псаммитовые туфы смешанного состава, слоистые; 7 – дациты, риодациты; 8 – туфы дацитов, часто слоистые; 9 – кварц-хлорит-серицитовые сланцы; 10 – вкрапленные

руды; 11 – серноколчеданные руды; 12 – медные и медно-цинковые руды; 13 – тектонические нарушения

В отличие от остальных среднеуральских объектов, характеризующихся наличием большого количества мелких рудных тел, Дегтярское месторождение представлено одним рудным телом, протяженностью около 5 км, которое залегает согласно со слоистостью и расщеплением вмещающих вулканогенно-осадочных пород под углами 65-80°.

Современный разрез месторождения приведен на рис. 19, при этом отметим, что так называемые «альбитофиры лежачего бока» Т. Г. Тресвятская (1969) называет «отчетливо слоистыми породами сосюрит-хлорит-кварц-плагиоклазового состава», а И. И. Зенков (1983) – ритмично-слоистыми туфопесчаниками кислого состава.

Рудное тело месторождения обладает обратной зональностью, выраженной расположением метасоматитов, вкрапленных и серноколчеданных руд в современном висячем боку, а медных и медно-цинковых – в современном лежачем боку. Это обстоятельство в сочетании с обратной геохимической зональностью, интенсивной раздробленностью и смятостью рудного тела в складки («лондонская петля» и другие более мелкие) позволили ряду исследователей высказать предположение о том, что месторождение после его формирования было деформировано и запрокинуто на запад. Модель реконструкции условий образования Дегтярского месторождения, предложенная автором, приведена на рис. 20. Близкие схемы реконструкции даны в монографии «Медноколчеданные месторождения Урала» [1992].

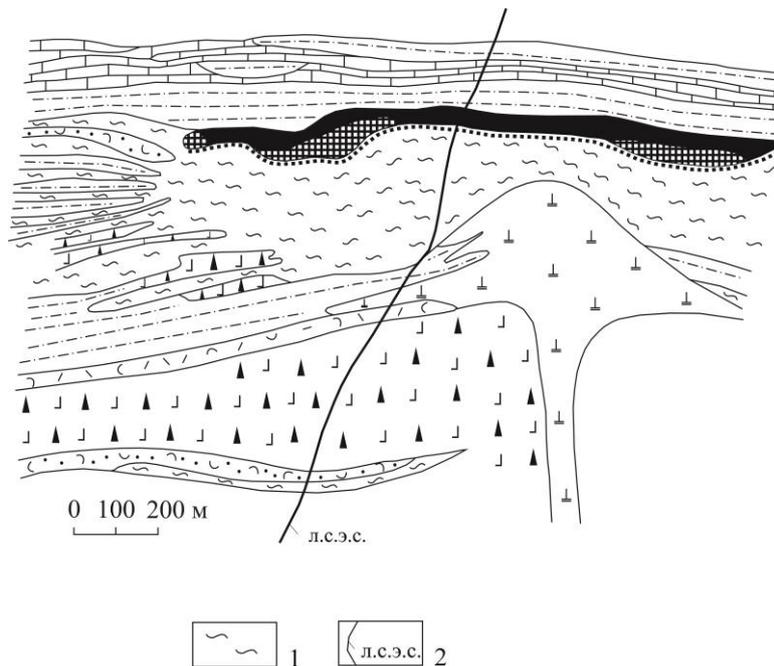


Рис. 20. Реконструкция первичной обстановки рудоотложения на Дегтярском месторождении (по Е. С. Контарю с использованием материалов Дегтярского рудника и Дегтярской ГРП):
1 – илесто-глинистые, глинисто-пелитовые породы; 2 – линия современного эрозионного среза. (Прочие условные обозначения см. на рис. 19)

Карабашская группа месторождений характеризуется обстановками, близкими Дегтярскому месторождению. Среди изучавших ее геологов следует отметить А. В. Стикнея, Е. А. Кузнецова, Д. К. Сулова, М. И. Меркулова, П. Я. Яроша, Т. И. Фролову, А. Д. Ракчеева, С. Н. Иванова, П. И. Егорова, В. Д. Яковенко, В. П. Первova, В. В. Маслова, П. А. Шехтмана, З. И. Путилину, Г. В. Петрова, В. В. Парфенова и др.

Эта группа месторождений расположена в породах базальт-риолитовой формации среднего девона (карамалыташская свита) и находится на продолжении структур Дегтярского месторождения. Месторождения и вмещающие их породы также круто наклонены на восток и расланцованы. На единство этих структур указывал еще в 1913 г. Н. В. Стайнс в докладе о ходе поисковых работ, а затем этот вопрос рассматривался автором (1983, 1986), Г. В. Петровым (1987) и В. В. Парфеновым (1989). Как и в районе Дегтярского месторождения, Западно-Магнитогорский палеовулканический пояс представляет собой узкую троговидную структуру, западным ограничением которой является Уфалейский выступ фундамента Восточно-Европейской платформы, а восточным – Сысертско-Ильменогорский срединный массив.

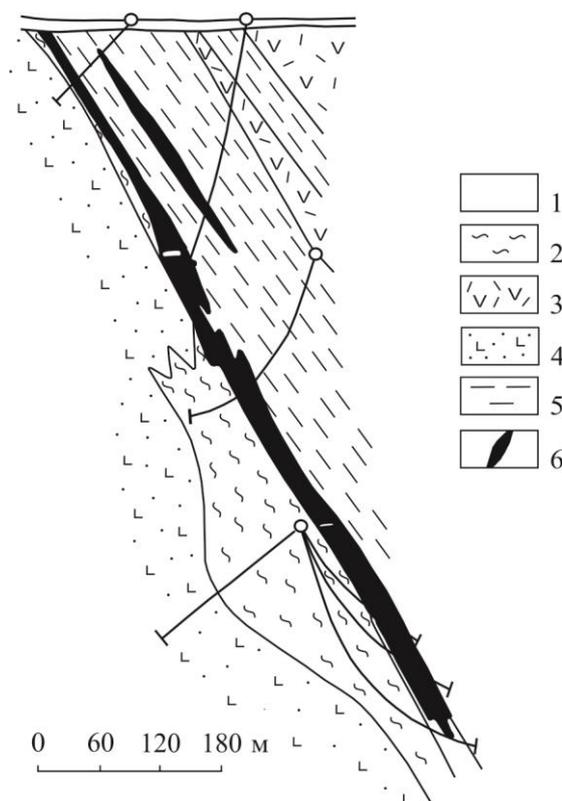


Рис. 21. Южное месторождение

(по С. Н. Иванову, П. И. Егорову, В. Д. Яковенко, А. Д. Ракчееву, В. П. Первову):

1 – современные отложения; 2 – кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые, кварц-хлоритовые сланцы; 3 – андезитодациты; 4 – миндалекаменные базальты с прослоями туфопесчаников; 5 – филлитовидные, кварцитовидные углисто-кремнистые сланцы; 6 – рудные тела

В. Д. Яковенко, А. Д. Ракчеев, В. П. Первов, В. В. Маслов разделяют рудовмещающий разрез Карабашских месторождений (снизу вверх) на базальтовую и дацит-андезитодацитовую толщи, между которыми расположен горизонт вулкано-

генно-осадочных пород. Все колчеданные месторождения – Южное, Дзержинское, Рудник № 1, Первомайское, Северо-Первомайское, Пионерское – занимают четко стратифицированное положение, располагаясь на уровне этого горизонта (рис. 21). Рудные тела имеют жило- (на некоторых объектах они именуется «жилами» – Западная, Восточная, Параллельная жилы Южного месторождения, Основная жила Рудника № 1 и др.) и пластообразную формы. Размеры их по простиранию обычно в пределах 200-300 м при распространенности до глубин 600-800 и колебаниях мощностей от 0,5-1,5 до 10-15 м. Главные минеральные типы руд – пиритовые, халькопирит-пиритовые и сфалерит-халькопирит-пиритовые; борнит-теннантитовые руды рассматриваются как результат регенерации халькопиритовых при региональном метаморфизме. Как правило, нижние рудные тела являются более крупными, чем верхние (см. рис. 21).

Месторождения Верхнеуральского колчеданосного района (Узельгинское, им. XIX партсъезда, Чебачье, Талганское, Озерное, Западно-Озерное, Новое, Молодежное) – уникальное скопление колчеданных руд на площади около 100 кв. км. Эти объекты достаточно хорошо изучены и неоднократно освещены в литературе М. Б. Бородаевской, Н. К. Курбановым, А. Т. Гаевым, Г. В. Петровым, П. Я. Лобановым, П. И. Отто, Е. П. Шираем, П. И. Пирожком, В. А. Прокиным, В. М. Седовым, А. Д. Штейнбергом, Т. Н. Суриным и др. Однако, несмотря на это обстоятельство, отсутствует единое мнение относительно структурного положения этого района. По этому поводу существует две группы представлений. Согласно одной из них, этот район относится к Восточно-Магнитогорскому палеовулканическому поясу (Учалинско-Александринская структурно-формационная зона); согласно представлениям другой группы исследователей, Верхнеуральский колчеданосный район расположен в Западно-Магнитогорском палеовулканическом поясе (Истамгулово-Сибайская структурно-формационная зона).

Продуктивной является базальт-риолитовая (базальт-андезит-дацит-риолитовая) формация среднего девона (карамалыташская свита).

По данным названных исследователей, показано, рудные залежи расположены в пологих, субгоризонтальных депрессионных структурах, где они четко стратифицированы и расположены этажно (рис. 22). В районе выделено три рудоносных уровня. Нижний уровень относится к подошве толщи кислых вулканитов, залегающих на базальтовом основании (первое, второе, третье, четвертое, седьмое, восьмое рудные тела Узельгинского месторождения); средний уровень – в средней части этой толщи (Чебачье и Молодежное месторождения); верхний уровень принадлежит верхней части разреза толщи, располагающейся под толщей известняков. Этот уровень является самым распространенным (пятое, шестое, девятое рудные тела Узельгинского месторождения, а также месторождения им. XIX партсъезда, Талган, Новое, Западно-Озерное, Чебачье).

Характеристика этих рудоносных уровней приведена в табл. 16.

Таблица 16

Характеристика рудоносных уровней Верхнеуральского колчеданосного района

Основные показатели	Нижний уровень	Средний уровень	Верхний уровень
Количество запасов, %			
Руда	31,5	21,4	47,1
Медь	24,6	23,2	52,2

Цинк	36,7	26,5	36,8
Свинец	25,5	23,2	51,3
Золото	30,2	22,3	47,5

Окончание таблицы 16

Основные показатели	Нижний уровень	Средний уровень	Верхний уровень
Серебро	32,0	26,6	41,4
Средние содержания и их соотношения			
Медь, %	1,37	1,91	1,95
Цинк, %	2,74	2,93	1,84
Свинец, %	0,14	0,18	0,23
Золото, г/т	1,32	1,44	1,39
Серебро, г/т	31,76	38,85	27,55
Zn:Cu	2,0	1,53	0,94
Pb:Cu	0,10	0,09	0,12
Ag:Au	24,1	27,0	19,8

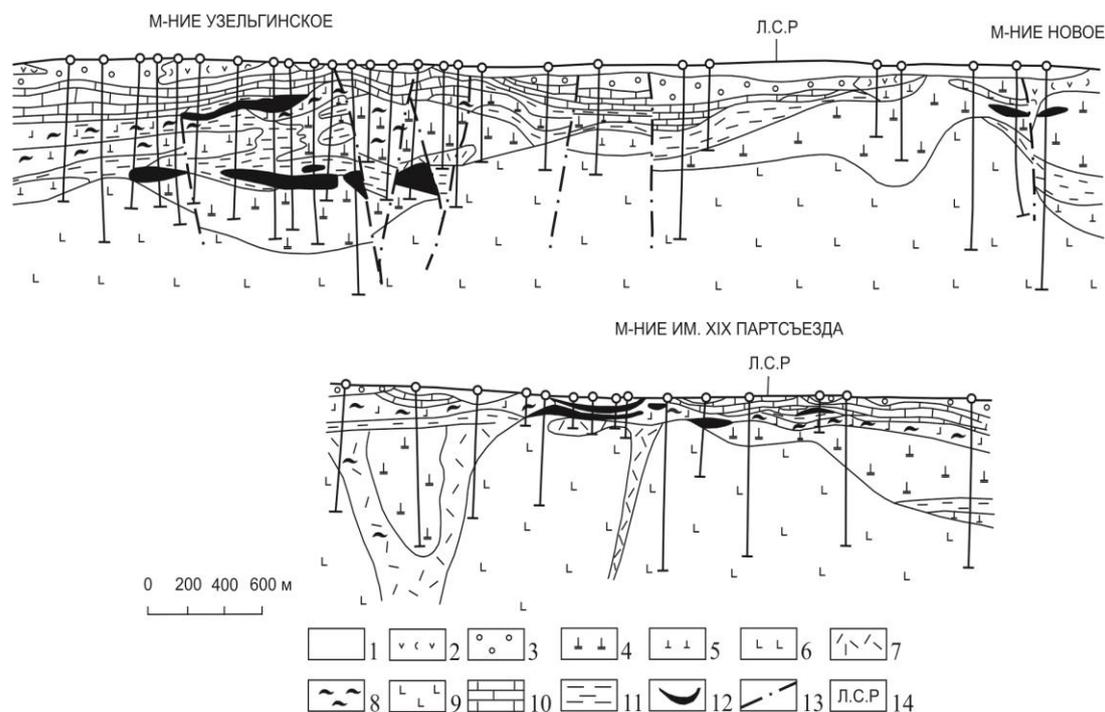


Рис. 22. Верхнеуральский рудный район. Продольные геологические разрезы (по А. Д. Штейнбергу; схематизировано):

1 – покровные отложения; 2–3 – базальт-андезитобазальтовая формация: 2 – пироксен-плагиофировые базальты, андезитобазальты, андезиты, 3 – вулканосадочные породы (конгломераты, песчаники, кремнистые сланцы); 4–11 – базальт-андезит-дацит-риолитовая формация и сопряженные с ней вулканосадочные и осадочные породы: 4 – риолиты, 5 – риодациты, 6 – дациты, 7 – андезиодациты, 8 – флюидалные, флюидално-расслоенные и флюидално-обломочные разности, 9 – афировые базальты, 10 – известняки и их обломочные разности, 11 – конгломераты, песчаники, гравелиты, алевролиты, в том числе с рудокластами; 12 – рудные тела; 13 – тектонические нарушения; 14 – линия совмещения разрезов

Сафьяновское месторождение расположено в Каменском металлогеническом поясе. Месторождение изучалось А. В. Коровко (1987, 1988, 1991), Р. Г. Язевой, В. П. Молошагом, В. В. Бочкаревым (1992), В. С. Шарфманом (1989). Чрезвы-

чайная сложность геологического строения месторождения, обусловленная проявлением на нем надвиговых дислокаций, вызвала неоднозначность толкования разными исследователями особенностей его внутреннего устройства. Однако при этом все исследователи принципиально единодушны в том, что месторождение состоит из системы тектонических пластин (рис. 23), в том числе с обратной стратиграфической последовательностью.

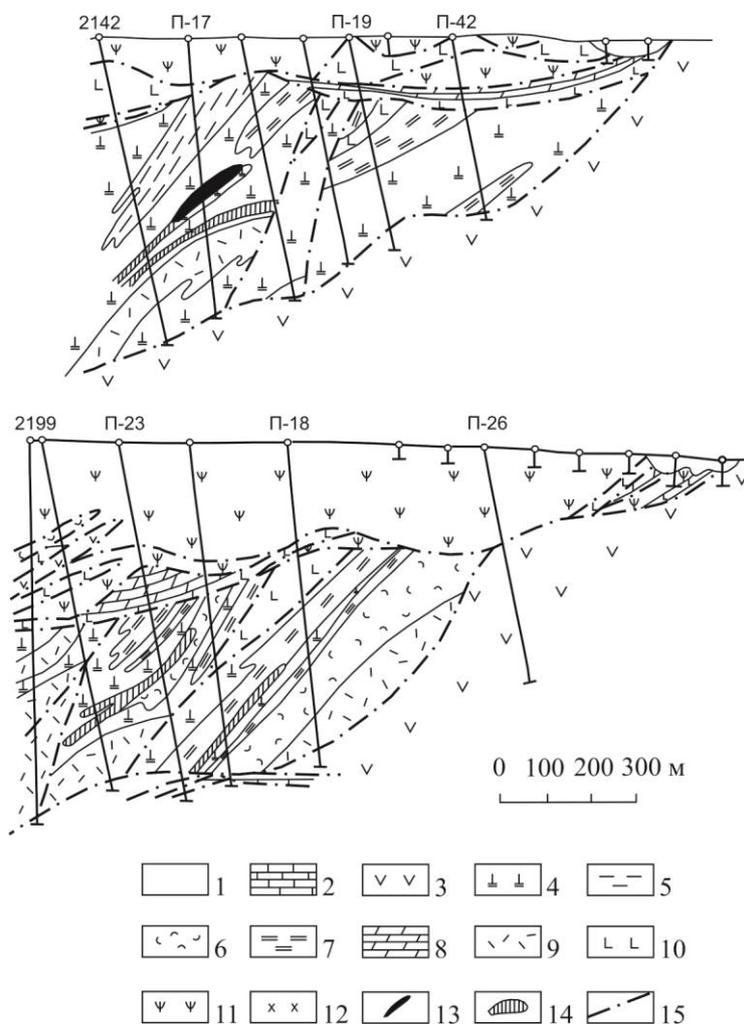


Рис. 23. Сафьяновское месторождение

(по А. В. Коровко, с использованием материалов Р. Г. Язевой и Е. С. Контаря; схематизировано):

1 – рыхлые отложения и кора выветривания; 2 – визейские известняки; 3 – туфы порфировых базальтов и андезитобазальтов (базальт-андезитобазальтовая формация франского яруса); 4-10 – рудовмещающий комплекс (базальт-риолитовая формация среднего девона): 4 – риолиты субвулканические, 5 – кремни, туффиты, туфопесчаники кислого состава, 6 – туфы, кластолавы риолитов, 7 – песчаники, алевролиты, конгломераты кислого состава, 8 – известняки, 9 – кластолавы и туфы дацитов, 10 – спилиты, базальты; 11 – серпентинизированные ультрамафиты, серпентиниты; 12 – диориты; 13 – сплошные медные и медно-цинковые руды; 14 – вкрапленные руды; 15 – тектонические нарушения

Верхнюю тектоническую пластину образуют альпинотипные ультрамафиты Режевского массива.

Ниже расположена тектоническая пластина, сложенная рудовмещающим комплексом, который отнесен к базальт-риолитовой формации среднего девона. Непосредственно рудовмещающими на месторождении являются полифациальные кремнекислые (дациты, риолиты) образования. Они сложены флюидално-расслоенными, брекчиевидными кластолавами экструзивного облика, туфоподобными породами, слоистыми вулканогенно-осадочными породами кислого состава, содержащими также прослой кремней, субвулканическими телами. Как показало петрологическое изучение рудовмещающих кислых вулканитов, выполненное под руководством В. С. Шарфмана и Р. Г. Язевой, они достаточно дифференцированы и в значительной мере сходны с рудовмещающими образованиями Верхнеуральского района.

Весь рудовмещающий комплекс залегает на толще порфировых базальтов и андезитобазальтов, их туфов с прослоями вулканогенно-осадочных пород, относящейся к базальт-андезитобазальтовой формации позднего девона, ниже которой залегают визейские известняки.

Месторождение состоит из сплошных и прожилково-вкрапленных руд. Последние сложены медными и медно-цинковыми разностями. Среди сплошных руд выделены медные богатые, медные рядовые, медно-цинковые и серноколчеданные. Средние содержания металлов в руде составляют, %: медь – 2,52, цинк – 0,77, свинец – 0,09; золото содержится в количестве 0,62 г/т, серебро – 27,63 г/т.

Объекты рудноалтайского (куроко) типа (медно-цинковоколчеданная свинецсодержащая рудная формация)

К данному рудноформационному типу относится небольшое число мелких и средних по запасам месторождений (см. табл. 4, 10). Эти месторождения располагаются на четырех возрастных уровнях. Они известны во всех палеовулканических поясах: Щучинско-Тагильском (шемурско-медногорский уровень), Западно-Магнитогорском (баймак-бурибаевский и карамалыташский уровни), Восточно-Магнитогорском (только карамалыташский уровень).

Кроме того, они известны также в Иргизском палеовулканическом поясе, который, как отмечалось выше, представляет собой вторичную геосинклиналь на Мугоджарском срединном массиве, где эти объекты относятся к раннему карбону. Количественные данные по этим месторождениям не оценивались. Поэтому параметры месторождений данного рудноформационного типа приводятся только по трем уровням (табл. 17).

Таблица 17

Параметры месторождений рудноалтайского (куроко) типа

Основные показатели	Шемурско-медногорский уровень	Баймак-бурибаевский уровень	Карамалыташский уровень	Всего
Запасы (с учетом отработанных)				
Руда, млн т	3,2	4,0	22,7	29,9
Медь, тыс. т	78,2	100,0	606,9	785,1
Цинк, тыс. т	70,1	172,0	815,7	1057,8
Свинец, тыс. т	8,0	50,6	166,6	225,2
Золото, т	7,0	45,4	30,6	83,0
Серебро, т	99,5	295,7	544,3	939,5

Доля, %, в общеуральских запасах				
Руда	0,14	0,18	1,03	1,35
Медь	0,26	0,34	2,04	2,64

Окончание таблицы 17

Основные показатели	Шемурско-медногорский уровень	Баймак-бурибаевский уровень	Карамалыташский уровень	Всего
Цинк	0,21	0,52	2,48	3,21
Свинец	0,40	2,56	8,44	11,40
Золото	0,30	1,96	1,32	3,58
Серебро	0,28	0,83	1,53	2,64
Средневзвешенные содержания и их соотношения				
Медь, %	2,44	2,50	2,67	2,63
Цинк, %	2,19	4,30	3,59	3,54
Свинец, %	0,25	1,27	0,73	0,75
Золото, г/т	2,19	11,35	1,35	2,78
Серебро, г/т	31,1	73,93	24,0	31,42
Zn:Cu	0,9	1,72	1,34	1,35
Pb:Cu	0,1	0,51	0,27	0,29
Ag:Au	14,2	8,9	17,8	11,3

Валенторское месторождение (рис. 24) расположено в пределах одноименной вулкано-депресссионной структуры, сложенной вулканитами базальт-риолитовой формации O_3-S_1 (шемурская свита). Оно изучалось В. Я. Новицким, В. П. Логиновым, Ю. С. Каретиным, Н. К. Семеновым, В. Г. Ершовой, А. В. Пуркиным, В. Н. Бобровым, А. Н. Барышевым, А. Г. Злотник-Хоткевичем и др.

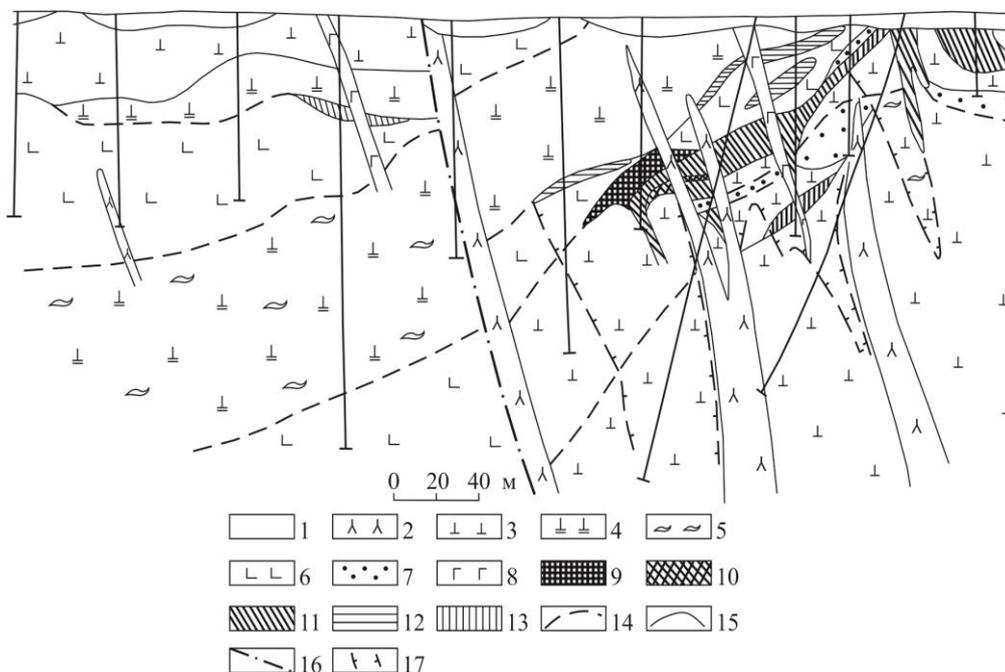


Рис. 24. Валенторское месторождение

(по А. Н. Барышеву, А. Г. Злотник-Хоткевичу, схематизировано):

1 – покровные отложения; 2 – базальт-андезитобазальтовая формация (субвулканические пироксен-плагифиоровые андезитобазальты); 3–8 – базальт-риолитовая формация: 3 – риолиты, риодациты, 4 – дациты, андезиодациты, 5 – их флюидално-расслоенные разности, 6 – базальты, спилиты, гиалокластиты, 7 – вулканосадочные породы (туфопесчаники, туфогравелиты, туфоконгломераты), 8 – субвулканические диабазы; 9–13 – колчеданные руды: 9 – массивные серноколчеданные, 10 – массивные медные, 11 – вкрапленные медно-цинковые, 12 – вкрапленные цин-

ковые, 13 – вкрапленные серноколчеданные; 14 – литологические и фациальные границы; 15 – граница верхней и нижней толщ; 16 – тектонические нарушения; 17 – обобщенный контур прожилково-вкрапленной минерализации и гидротермально-метасоматических изменений

На месторождении известно около 40 мелких линзо- и пластообразных рудных тел, по 15 из них подсчитаны запасы. Преобладают вкрапленные руды, в том числе медные (23 %), медно-цинковые (50 %) и цинковые (15 %). На долю сплошных медных руд приходится 7 %. Средние содержания металлов по месторождению, %: медь – 2,42, цинк – 3,21, свинец – 0,24 (в отдельных рудных телах до 0,4); золото содержится в количествах 1,72 г/т, серебро – 26 г/т. Обращает на себя внимание достаточно высокое содержание в рудах молибдена (0,01 в целом по месторождению).

Выполненное А. Н. Барышевым, А. Г. Злотник-Хоткевичем сравнительное изучение микропримесного состава пиритов Валенторского и Шемурских месторождений показало следующее. Пириты Валенторского месторождения относительно пиритов Шемурских месторождений обогащены свинцом (до 1,3 раза), золотом (до 10 раз), серебром (в 2–4 раза), молибденом (до 10 раз), сурьмой (до 20 раз), но в сотни раз обеднены кобальтом и в 3–10 раз титаном. Вариации изотопного состава серы пиритов Валенторского месторождения близки по значениям месторождениям Кафан и Алаверды на Малом Кавказе, для которых М. Б. Бородаевской и Н. М. Заири предполагается промежуточный генерирующий очаг, расположенный в пределах континентальной коры. В районе Валенторского месторождения в качестве фрагмента континентальной коры может рассматриваться блок гнейсо-амфиболитовых пород протерозойского возраста, установленный в процессе составления Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 листа О-40-VI (Г. А. Петров, Г. А. Ильясова и др., 2009).

Северо- и Южно-Кузнечихинское месторождения по условиям размещения принципиально сходны с Карабашскими, однако отличаются от них, как это видно из табл. 18, средними содержаниями цинка, свинца, золота, серебра и барита. Строго говоря, они могут быть названы барит-колчеданно-полиметаллическими.

Таблица 18

Составы колчеданных руд Кузнечихинских и Карабашских месторождений

Месторождения	Средние содержания компонентов					
	%				г/т	
	Cu	Zn	Pb	BaSO ₄	Au	Ag
Карабашская группа	1,44	1,35	00,1	2,4–3,88	1,45	14,9
Северо-Кузнечихинское	11,93	116,46	00,67	Около 80	7,36	144,37
Южно-Кузнечихинское	11,25	33,73	00,26	13,6	2,38	41,80

Красноборско-Горельская группа рудопроявлений (Северо-Таволжанское, Таволжанское, Южно-Таволжанское, Таволжанский бугор, Красный Бор Северный, Южный и Центральный) изучалась А. Г. Беловым (1970), Л. И. Сипливых (1974), Д. А. Двоглазовым (1968, 1979). Они находятся в Пышминско-Кунгурковской зоне, где рудовмещающие комплексы, относящиеся к баймак-бурибаевскому уровню, имеют в основании докембрийские образования Салдинского выступа. Оруденение располагается в гидротермально измененных породах (серицито-кварцевых, вторичных кварцитах и т. д.), развитых по дацитам, риодацитам и находящихся в

крутопадающих зонах рассланцевания. Оно прослежено по простиранию до 6,5 км, по падению до 700 м и представляет собой крутопадающие узкие лентовидные тела сплошных и вкрапленных руд переменной мощности (от десятков см до 15 м). Эти объекты характеризуются ярко выраженным полиметаллическим профилем с локальным обособлением медно-свинцово-серебряных руд с высоким (до 8,2 г/т) содержанием золота. В частности, содержания основных компонентов в полиметаллических рудах следующие: медь – 0,58-2,3 %, цинк – 11,7-31 %, свинец – 2,55-10 %, серебро – до 481,3 г/т, в свинцово-серебряных рудах содержание серебра достигает 1,5 кг/т (Южно-Таволжанское рудопроявление).

Баймакская группа месторождений располагается в Акъяр-Бурибайской структурно-формационной зоне Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса согласно работам П. Ф. Сопко с соавторами (1973), И. Б. Серавкина [1986] расположена по всему разрезу базальт-андезит-дацит-риолитовой формации (баймак-бурибаевская свита), проникая в низы базальт-андезитобазальтовой (ирендыкская свита). Они приурочены, как правило, к субвулканическим и экструзивно-субвулканическим фациям, располагаясь в их околосредоточных или апикальных частях, иногда проникая в сопряженные стратифицированные вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы.

Преобладают вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды; сплошные руды занимают подчиненное положение. Протяженность рудных тел по падению и простиранию не превышает 300 м. Мощность 4–12 м.

На месторождениях района выделяются следующие минеральные типы руд: пиритовый, сфалерит-халькопирит-пиритовый (первая и вторая залежи Бакр-Тау, Южное, Таш-Тау); пиритовый золотосодержащий (Куль-Юрт-Тау, Семеновское); сфалеритовый и халькопирит-сфалеритовый (Восточное-Семеновское, Балта-Тау); галенит-сфалеритовый и халькопирит-галенит-сфалеритовый золотосодержащие (третья залежь Бакр-Тау, Майское, линза “Западная” Восточно-Кузнечного месторождения); борнитсодержащий полиминеральный (некоторые рудные тела Бакр-Тау и Майского); золото-баритовый (Горная Байкара, Среднее, Северное, Туба-Каин).

В целом руды характеризуются высокими содержаниями основных компонентов при широких диапазонах колебаний: медь – 0,5-3 %, цинк – 4-25 %, свинец – 0,3-1,5 %, золото – 4-20 г/т, серебро – 40-50 г/т, достигая на ряде объектов величины 200-300 г/т.

Объекты филизчайского типа (свинцово-цинковоколчеданная рудная формация)

К этому типу относятся колчеданно-полиметаллические объекты, залегающие в терригенно-флишоидных отложениях, слагающих зоны, расположенные во фланговых и фронтальных частях палеовулканических поясов.

Объекты этой группы малочисленны и в настоящее время не играют существенной роли в минерально-сырьевой базе меди, цинка и свинца на Урале (табл. 19). На современном уровне изученности они известны только на двух возрастных уровнях – ранне-среднеордовикском и карамалыташском (см. табл. 3). На первом из этих уровней локализовано Нижне-Талотинское месторождение, находящееся в Орангской зоне в торцевой части Щучьинско-Тагильского палеовулканического

пояса, на втором – Амурское месторождение в одноименной зоне восточного фланга Восточно-Магнитогорского пояса, вблизи его контакта с Челябинско-Суундукским срединным массивом. Эти месторождения являются наиболее изученными.

Таблица 19

Параметры колчеданных месторождений флизчайского типа

Основные показатели	Ранне-среднеордовикский уровень	Карамалыташский уровень	Всего
Руда, млн т	4,4	36,6	41,0
Медь, тыс. т	19,0	18,2	37,2
Цинк, тыс. т	244,2	1 090,0	1 334,2
Свинец, тыс. т	63,3	100,0	163,3
Золото, т	2,1	5,8	7,9
Серебро, т	121,0	387,0	508,0
Доля, %, в общеуральских запасах			
Руда	0,2	1,7	1,9
Медь	0,06	0,06	0,12
Цинк	0,7	3,3	4,0
Свинец	3,2	5,1	8,3
Золото	0,1	0,2	0,3
Серебро	0,3	1,1	1,4
Средние содержания и их соотношения			
Медь, %	0,43	0,05	0,09
Цинк, %	5,63	2,98	3,25
Свинец, %	1,44	0,27	0,4
Золото, г/т	0,48	0,16	0,20
Серебро, г/т	27,5	10,6	12,4
Zn:Cu	13,1	59,6	36,1
Pb:Cu	3,35	5,4	4,4
Ag:Au	57,3	66,3	62,0

Нижне-Талотинское месторождение залегает в терригенно-флишоидной толще (орангская свита O_{1-2}), сложенной углеродистыми и гематитсодержащими сланцами, аргиллитами, конгломератами и песчаниками, содержащими линзовидные потоки афировых базальтов. Рудная зона месторождения, согласная с залеганием вмещающих пород, прослежена по простиранию на 1,1 км. Барит-сфалерит-галенитовые (с халькопиритом и пиритом) пласто- и линзовидные рудные тела месторождения, имеющие протяженность 60-300 м, мощностью от 1-4 до 60 м, прослежены до глубины 140-190 м. Они приурочены преимущественно к углеродисто-алевролит-аргиллитовой части разреза.

Согласно данным Т. Ф. Королевой (Лычаков, Королева, 1991), в результате поисково-оценочных работ на месторождении по сумме категорий C_2+P_1 до глубины 300 м оценено: руды – 4,4 млн т, свинца – 63,3 тыс. т (1,63 %), цинка – 244,2 тыс. т (5,6 %), барита – 1 646,8 тыс. т (37,4 %), а также 19 тыс. т меди (0,43 %), серебра – 121 т (27,5 г/т), золота – 2,1 т (0,47 г/т).

Южнее Нижне-Талотинского месторождения известны проявления этого же типа.

Рудопроявление Правобережное (участок Правобережный) представлено линзовидно-прожилковой сфалерит-галенит-пиритовой минерализацией в алевропесчаниках, прослеженной по делювиальным высыпкам на 250 м при ширине 10 м.

Установленные содержания составляют: цинк – 0,46-1 %, медь – 0,04 %, свинец – 0,14 %, серебро – 1 г/т.

Рудопроявление Центральное (участок Центральный) представлено прожилками, гнездами и вкрапленностью сфалерита, галенита, халькопирита, пирита в кварц-карбонатных прожилках и кварцитовидных породах среди алевропесчаников. Содержание цинка – 0,02-2,37 %, свинца – 0,04 %, меди – 0,02-0,19 %; кроме того, установлено 1-5 г/т серебра, 20-500 г/т кадмия.

Рудопроявление Водораздельное (участок Водораздельный) сложено полого залегающими (10-15°) алевросланцами, пронизанными согласными кварцевыми и кварц-карбонатными жилками, вмещающими вкрапленность и прожилки сфалерита, халькопирита, галенита. Содержание цинка – до 4,55 %, свинца – 0,05-1 %, меди – 0,05-1 %, серебра – 1-5 г/т, до 200 г/т кадмия.

Амурское месторождение (рис. 25), согласно данным А. Д. Штейнберга (1978), залегает в среднедевонской толще, сложенной ритмично переслаивающимися алевролитами, глинистыми, углеродисто-глинистыми, кремнисто-глинистыми, углеродисто-известково-глинистыми сланцами и известняками. Она подстилается ороговикованными аркозовыми песчаниками ордовика и перекрыта мелкообломочными туфами и туффитами основного состава, имеющими позднедевонско-раннекаменноугольный возраст.

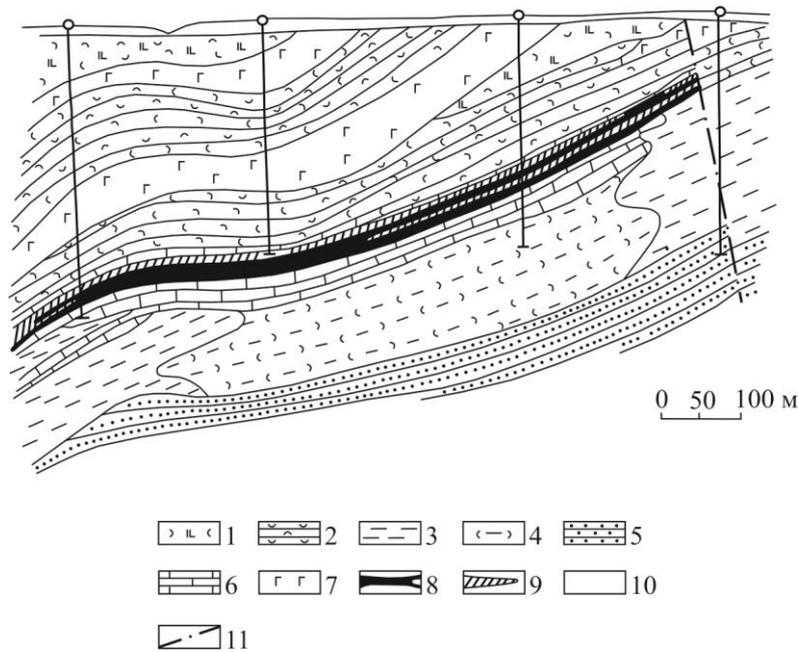


Рис. 25. Амурское месторождение (по А. Д. Штейнбергу):

1 – туфы базальтов с обломками кислых вулканитов, сланцев, известняков; 2 – переслаивание туфов базальтов, андезитобазальтов и мелкообломочных туффитов смешанного состава; 3 – углеродисто-глинистые, углеродисто-известковистые, глинистые и кремнисто-глинистые сланцы; 4 – кварц-серицитовые, серицитовые сланцы; 5 – кварц-полевошпатовые алевролиты, песчаники иногда с вулканогенным материалом; 6 – доломитизированные известняки; 7 – габбродолериты, долериты; 8 – массивные руды; 9 – вкрапленные руды; 10 – современные отложения; 11 – тектоническое нарушение

Рудное тело падает на запад под углами 25-30°, оно прослежено по простиранию на 600 м, по падению – почти на 1 500 м. Рудный пласт, обладающий полной конформностью со слоистостью вмещающих пород, имеет трехчленное строение. Для нижней части рудного пласта характерны тонкослоистые руды, в которых слойки серного колчедана (от 2-3 мм до 0,5-1 см) чередуются с линзообразными раздувами и тонкими слойками сфалерита (до 1-2 мм). Средняя часть рудного пласта сложена плотными массивными серноколчеданными рудами с вкрапленностью сфалерита; верхняя его часть представлена брекчиевидными прожилково-вкрапленными серноколчеданными рудами с вкрапленностью сфалерита. Руда массивная и вкрапленная, по составу – преимущественно сфалерит-пиритовая, содержащая в небольших количествах галенит, пирротин, магнетит, халькопирит, блеклую руду.

Со стороны лежачего бока рудное тело сопровождается окварцеванием и серицитизацией, в висячем боку подобные изменения крайне редки.

Средние содержания основных рудных компонентов в Амурском месторождении составляют: медь – 0,05 %, цинк – 3,7 %, свинец – 0,3 %, золото – 0,12 г/т, серебро – 16 г/т, присутствует барит в количестве до 4,4 %.

Рудовмещающая толща вместе с рудным телом подвергнута метаморфическим преобразованиям с перекристаллизацией руд, а также продуктами ее вещественного преобразования. В частности, А. Д. Штейнберг отмечал замещение сфалерита карбонатом и тальком, что приводит к разубоживанию руды.

По особенностям геологической позиции и составу руд Нижне-Талотинское и Амурское месторождения отвечают филизчайскому типу. Из других прототипов, помимо Филизчая, могут быть названы колчеданно-полиметаллические месторождения Раммельсберг и Мегген (ФРГ) в углеродисто-глинисто-карбонатных толщах среднедевонского возраста. Эти объекты обладают крупными запасами и высокими содержаниями основных компонентов. В частности, руды месторождения Мегген содержат около 10 % цинка, 1,3 % свинца и 0,2 % меди, а Раммельсберга – 6-8 % свинца, 15-20 % цинка и 1-3 % меди; кроме того, эти руды характеризуются высокими (до 100-200 г/т) содержаниями серебра, но относительно низкой (0,1-1,0 г/т) золотоносностью.

Широкое развитие на Урале (особенно в ордовикских и девонских геосинклинальных комплексах) терригенно-флишоидных толщ выдвигает их в качестве объектов для поисков стратиформных колчеданно-полиметаллических залежей.

2.2.1.2. Объекты медно-скарнового геолого-промышленного (рудноформационного) типа

Медно-скарновые месторождения известны на Урале с XVIII века. Они значительно уступают колчеданным месторождениям как по общим запасам меди, так и по количеству и параметрам месторождений. В объектах этого типа заключено не более 2 % промышленных запасов меди Урала.

Медно-скарновые месторождения расположены на Северном Урале, где представлены месторождениями Краснотурьинской группы (Щучьинско-Тагильский палеовулканический пояс), и на Среднем Урале – Гумешевское, Шуралинское, Алексе-

евское и Ново-Алексеевское месторождения (Западно-Магнитогорский палеовулканический пояс).

В общем случае рудные залежи приурочены к скарновым зонам, развитым в области контактов гранитоидных интрузий с терригенно-карбонатно-вулканогенными толщами.

По особенностям состава продуктивных ассоциаций и их палеотектонической позиции на Урале выделены две группы медно-скарновых месторождений.

К одной из них относятся месторождения Краснотурьинской группы (Турьинские медные рудники), включающие Вадимо-Александровское, Фроловское, Богословское, Башмаковское (рис. 26) и другие месторождения. Изучением этого района и его месторождений в разное время занимались И. С. Палласс, Е. С. Федоров, В. В. Никитин, А. Н. Заварицкий, Д. С. Коржинский, В. С. Домарев, В. М. Сергиевский, Л. Н. Овчинников, Я. П. Баклаев, А. И. Усенко, Н. С. Лисов, Н. Ф. Уфимцев, Г. Л. Гомберг, В. П. Карнауков и другие исследователи. Однако наиболее полно они охарактеризованы в работах Я. П. Баклаева [1959] и Л. Н. Овчинникова [1960]. Эти месторождения приурочены к околоконтактной зоне Ауэрбаховского полифациального гранитоидного массива габбро-монцодиорит-лейкогранитной формации среднего девона. Вмещающие породы – терригенно-карбонатно-вулканогенные отложения краснотурьинской свиты раннего девона. Вулканиды этой свиты относятся к трахибазальт-трахиандезитовой формации и вместе с Ауэрбаховским массивом образуют вулcano-интрузивную ассоциацию. Последняя по времени формирования синхронна раннегеосинклинальным колчеданоносным вулканитам Западно-, Восточно-Магнитогорского и Каменского палеовулканических поясов, маркируя, таким образом, отраженную тектоно-магматическую активизацию стабилизированного Щучьинско-Тагильского палеовулканического пояса.

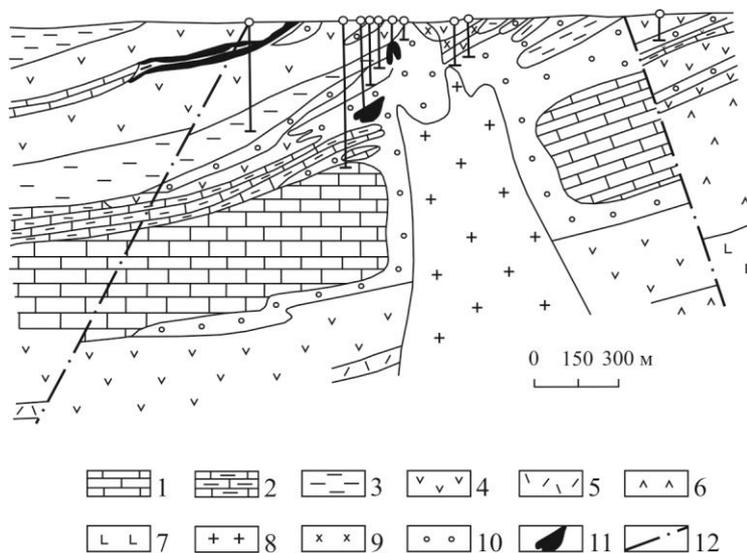


Рис. 26. Богословское и Башмаковское медно-скарновые месторождения (по Я. П. Баклаеву, схематизировано):

1 – массивные известняки; 2 – слоистые известняки; 3 – туфопесчаники и туфосланцы; 4 – роговообманковые андезиты, андезитобазальты, их туфы; 5 – кварц-роговообманковые андезитодациты; 6 – авгитовые базальты и их туфы; 7 – спилиты, базальты, кремнистые сланцы (ком-

плексы стабилизированного геосинклинального основания); 8 – кварцевые диориты; 9 – габбро-диориты; 10 – скарны и эпидозиты; 11 – рудные тела; 12 – тектонические нарушения

Рудные залежи месторождений Краснотурьинской группы представлены тремя морфологическими типами: 1) крутопадающие столбообразные на контактах известняков с интрузивными породами, прослеженные по падению и простиранию до 100 м, мощностью 0,2-8 м; 2) согласные пластообразные пологозалегающие (по простиранию и падению 10-700 м, мощность 0,2-20 м); 3) жило- и линзообразные в разломах (по простиранию 300-700 м, по падению 30-500 м, мощность 0,5-30 м). Установленная Я. П. Баклаевым зональность руд относительно массива выражена следующим образом. Наиболее близкие к массиву, преимущественно халькопирит-магнетитовые руды по мере удаления от него сменяются халькопирит-пирротитовыми, халькопирит-пиритовыми и сфалерит-пиритовыми, что может быть обусловлено снижением в этом же направлении кислородного потенциала и возрастанием потенциала серы.

Пологие пластообразные согласные рудные залежи расположены на трех литолого-стратиграфических уровнях разреза краснотурьинской свиты. Нижний уровень – это контакт сложночередующихся туфогенных и осадочных пород (слоистые известняки, туффиты, туфы, туфобрекчии) и массивных известняков (месторождения Никитинское, Фроловское, Вадимо-Александровское и др.). Средний уровень принадлежит области сопряжения переслаивающихся туфопесчаников, туфосланцев, слоистых известняков с массивными лавами и туфами (месторождения Башмаковское, Васильевское и др.). Верхний уровень – это так называемый «богословский слоистый горизонт», к кровле и подошве которого приурочены Главная и Параллельная залежи Богословского месторождения. Ниже и выше этого слоистого горизонта расположены пачки массивных роговообманковых андезитовидов, их туфов и туфобрекчий. Такое положение пластовых залежей может свидетельствовать об их приуроченности к определенным фаціальным барьерам, отвечающим смене нестабильных обстановок осадконакопления более устойчивыми, что характерно для условий сингенетического гидротермально-осадочного рудоотложения. Роль таких фаціальных барьеров играют либо пачки вулканитов, либо горизонты массивных рифогенных известняков. Внедрение синвулканических интрузий привело к образованию скарнов, перемещению в них части сингенетического сульфидного и сульфидно-железоокисного вещества, формированию рудных столбов в контактовых и разломных зонах и в целом современного облика этих месторождений.

Пологие пластовые рудные залежи расположены на определенных литолого-стратиграфических уровнях, отвечающих зонам сопряжения сложночередующихся туфогенно-осадочных пород с массивными известняками или вулканитами. Это свидетельствует об их приуроченности к определенным литолого-фаціальным барьерам, отвечающим смене нестабильных обстановок накопления пород более устойчивыми, что характерно для условий формирования сингенетических гидротермально-осадочных руд. Внедрение синвулканических интрузий привело к образованию скарнов, перемещению в них части сингенетического сульфидного и сульфидно-железоокисного вещества, формированию рудных столбов.

Другая группа медно-скарновых объектов представлена Гумешевским, Шуралинским, Алексеевским и Ново-Алексеевским месторождениями, изучавшимися

А. Н. Заварицким, С. Н. Ивановым, П. Я. Ярошем, Ф. М. Поткиным, В. А. Мадьяровым, Л. И. Сипливых и другими исследователями.

Месторождения залегают в терригенно-карбонатно-вулканогенных образованиях раннего девона на контактах с дайко- и штокообразными телами диоритов и кварцевых диоритов. Вулканогенная составляющая стратифицированных толщ представлена разнообломочными туфами порфировых базальтов и андезитобазальтов, относящимися к базальт-андезитобазальтовой формации. Интрузивные породы, комагматичные и совозрастные вулканитам, преобразуют известняки в мраморы.

На примере *Гумешевского месторождения* можно видеть, что оруденение приурочено к контактам дайки кварцевых диоритов с мраморами, и вдоль этих контактов развиты гранатовые, пироксен-, амфибол-, эпидот-гранатовые скарны и эпидозиты. Рудные тела Гумешевского месторождения имеют форму пластообразных, чаще линзообразных крутопадающих залежей, протяженностью 450-920 м, прослеженных по падению на 290-540 м; их мощность 4,3-8,9 м.

Ф. М. Поткиным и В. А. Мадьяровым (1965) на месторождении установлены три типа руд и рудовмещающих пород: 1) вкрапленные халькопирит-пиритовые в скарнах, кварц-карбонатных и хлорит-кварц-карбонатных породах, а также в скарнированных и гидротермально измененных диоритах; 2) массивные медистые магнетиты в скарнах или мраморах; 3) массивные халькопирит-пиритовые руды, называемые некоторыми исследователями колчеданными, в рассланцованных кварц-хлорит-серицитовых метасоматитах, сменяющих по падению скарновые зоны. При этом метасоматиты с халькопирит-пиритовыми рудами расположены в вулканитах, близких по составу колчеданосным.

В связи со сказанным, Гумешевское, а также близкие к нему по составу рудовмещающих пород и условиям локализации руд Шуралинское, Алексеевское и Ново-Алексеевское месторождения рассматриваются как регенерированные колчеданные. Образование последних связывается с воздействием кварцевых диоритов на колчеданосные образования, экстракции части меди и переотложением ее в зонах скарнообразования.

Средние содержания меди в медно-скарновых рудах не превышают 1,2 %.

Перспективы поисков новых медно-скарновых месторождений на Урале невелики. Они ограничены площадями распространения соответствующих продуктивных комплексов, главным образом, на Северном, Приполярном и Полярном Урале, а также флангами и глубокими горизонтами известных месторождений, на которых постоянно идет небольшой прирост запасов.

2.2.1.3. Объекты ванадий-железо-медного («волковского») геолого-промышленного типа

Этот геолого-промышленный тип представлен эксплуатируемым Волковским месторождением, в котором сосредоточено около 10 % запасов медных руд Урала, и более чем 80 рудопроявлениями и пунктами минерализации. Все они приурочены к породам Платиноносного пояса, относящимся к дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации.

Волковское месторождение, изучавшееся М. И. Долгалем, С. А. Кашиным, А. К. Рогожниковым, Н. Ф. Сараевым, К. Д. Тимоховым и другими исследователя-

ми, расположено в северо-восточной части Тагило-Баранчинского массива. Рудовмещающими являются пироксеновые, оливиновые, биотитовые, лабрадоровые или битовнитовые габбро. Вкрапленные руды образуют систему крутопадающих стратиформных субпараллельных линзовидных залежей. Руды состоят из ванадийсодержащего титаномагнетита, ильменита, халькопирита, борнита и апатита с подчиненными количествами халькозина и ковеллина. Различные сочетания главных рудных минералов определяют многообразие минеральных типов руд (халькопирит-борнит-титаномагнетитовый, борнит-титаномагнетитовый, халькопирит-пирит-титаномагнетитовый и др.). Средние содержания в рудах составляют, %: медь – 0,9, пятиокись ванадия – 0,29, железо валовое – 16,6, пятиокись фосфора – 3,9; кроме того, руды содержат до 150 мг/т палладия, до 0,16 г/т золота и до 3,5 г/т серебра.

Генетические особенности месторождения изучены недостаточно. В настоящее время рассматриваются две генетические модели Волковского месторождения и других проявлений ванадий-железо-медных руд. Одна из них предполагает их позднемагматический генезис (С. А. Кашин и К. Д. Тимохов). Альтернативные представления о генезисе месторождения, высказанные Л. П. Ефимовой (1976), Н. Ф. Сараевым и А. К. Рогожниковым (1987) и разделяемые автором, сводятся к тому, что месторождение является полигенным: гидротермальное сульфидное оруденение наложено на позднемагматические апатит-титаномагнетитовые руды. Об этом, в частности, свидетельствуют приуроченность сульфидного оруденения к гидротермально проработанным зонам с развитием хлорита и эпидота, пространственная в ряде случаев разобщенность апатит-титаномагнетитовых и сульфидных руд с обособлением последних в виде скоплений, содержащих до 1,5–2 % меди, а также наложение вкрапленного и прожилково-вкрапленного сульфидного оруденения на титаномагнетитовое во вмещающих габбро с сидеронитовой структурой. Ф. П. Буслаев и В. Г. Фоминых показали, что изотопный состав серы сульфидов Волковского месторождения идентичен изотопному составу серы сульфидов колчеданных руд. Они установили также, что структуры борнита, халькопирита и пирита руд Волковского месторождения также идентичны соответствующим сульфидам колчеданных месторождений (в частности, месторождения им. III Интернационала).

Все эти данные позволяют предположить, что сульфидное оруденение на Волковском месторождении возникло в связи и как отголосок мощного процесса колчеданообразования, проявленного в смежных зонах. Учитывая развиваемые автором представления о допалеозойском возрасте массивов дунит-клинопироксенит-габбровой (платиноносной) ассоциации, такая модель Волковского месторождения представляется вполне вероятной. Вероятно, неслучайным оказывается пространственная совмещенность Волковского месторождения и наиболее значительных ванадий-железо-медных рудопроявлений с колчеданоносными районами.

На Полярном Урале (Западно-Тагильская зона) оруденение, конвергентно сходное с ванадий-железо-медным («волковского типа»), представлено на Озерно-Пятиреченской площади в виде Озерного и Пятиреченского (Левопайерского) рудопроявлений (Основные черты..., 2010).

Наиболее изученным является *Озерное рудопроявление*, на котором, по данным Ямальской горной компании (2004-2006 гг.), выделены три рудоносные зоны протяженностью 1 600-2 500 м, шириной 100-800 м при глубине оценки 200 м. Оруденение выражено в виде вкрапленности и шпировидных обособлений халько-

пирита, борнита, халькозина, пирита, магнетита, титаномагнетита в оливиновых пироксенитах, их пегматоидных и серпентинизированных разностях. Кроме того, установлены: медистое и золотистое серебро, золотистая и золото-палладистая медь, мертиит $(Pd_4Cu)_5Sb_2$, майченерит $Pd(BiTe)_2$, самородный теллур. Средние содержания составляют: Cu – 0,5 %, Au – 0,2 г/т, МПГ – 0,5 г/т (при преимущественных соотношениях Pd:Pt = 3:1). Близкое геологическое строение, состав и характер минерализации имеет *Пятиреченское (Левонайерское) рудопроявление*, для которого работами П. М. Кучерины (1991) определены содержания Cu – 0,1-0,5 %, Fe – 8-38,5 %; Pt + Pd до 0,2 г/т; Au до 0,4 г/т; Ag – 3-6,4 г/т. Особенности данных проявлений, отличающих их от типовых объектов «волковского типа», где оруденение приурочено к различным габброидам, являются приуроченность вкрапленной и шпирово-вкрапленной минерализации к клинопироксенитам, а также отсутствие апатита.

Перспективы выявления новых объектов ванадий-железо-медных руд связываются с опосредованным поискованием массивов Платиноносного пояса.

2.2.1.4. Объекты меднопорфирового геолого-промышленного (рудноформационного) семейства

Обоснование возможности образования и нахождения в геосинклинальных вулканических поясах и зонах Урала месторождений медно- и молибден-меднопорфировых руд рассмотрено во многих работах [Агеева, Волчков, 1982; Воробьев, Контарь, 1971; Грабежев, Белгородский, 1986; Контарь, Либарова, 1997; Контарь, 2009; Кривцов, Мигачев, Попов, 1986; Магадеев, Тимергазина, 1970; Павлова, 1978; Ромашова, 1984; Федорова, Григорьева, Компанец, 1971 и др.]. Реализация изложенных в этих работах положений привела к открытию и постановке на Государственный баланс трех месторождений – двух крупных (Томинского и Михеевского) и одного мелкого (Березняковского). В связи с этим меднопорфировые объекты перестали рассматриваться как нетрадиционные для Урала.

По палеотектонической позиции, месту в истории геологического развития и соотношениям с продуктивными магматическими ассоциациями меднопорфировые месторождения Урала разделены на две группы – геосинклинальную и активационную (последняя будет рассмотрена в подразделе 2.3.1).

Общими особенностями месторождений обеих групп являются: приуроченность к малым порфировым интрузиям гранитоидов гипабиссальной или гиповулканической фаций глубинности (комагматичным вмещающим вулканитам), которые образованы в заключительные стадии их накопления и сосуществующие с ними в рамках сложных вулкано-интрузивных ассоциаций; прожилково-вкрапленный или вкрапленный характер руд, имеющих простой минеральный состав (пирит, халькопирит, молибденит); субизометричная, овально-удлиненная или линейная форма рудоносных штокверков, обусловленная морфологией рудоносных порфировых тел, непосредственно вмещающих минерализованные зоны; бедный состав первичных руд, в которых содержание меди, как правило, не превышает 1 %.

Условия размещения геосинклинальных меднопорфировых месторождений Урала можно свести к геологическим обстановкам двух типов.

В одном случае – это структуры, сопоставимые с барьерными зонами островных дуг (по А. И. Кривцову), сложенные позднегеосинклинальными вулканитами базальт-андезитобазальтовой формации, возникающими в тектоно-магматическом развитии после колчеданоносных формаций. Эти зоны представляют собой протяженные на сотни километров вулканогенные гряды, сложенные мощными (до 3,5–4 км) накоплениями вулканитов, с которыми в пространстве и времени сопряжены малоглубинные интрузии порфиroidных габбродиоритов, диоритов, кварцевых диоритов, плагиигранодиоритов.

Типовым представителем уральских меднопорфировых объектов этого типа является *Салаватское месторождение* [Магадеев, Тимергазина, 1970]. Оно расположено в Ирландской структурно-формационной зоне, обрамляющей с востока Тубинско-Гайскую и Акъяр-Бурибайскую колчеданоносные зоны. Месторождение локализовано в околоконтактной зоне порфиroidных кварцевых диоритов и габбродиоритов, прорывающих лаво-пирокластическую толщу андезитобазальтов (рис. 27). Прожилково-вкрапленное оруденение располагается в основном в интрузивном теле, где подчинено положению тектонически ослабленных зон, и только в околоконтактных участках затрагивает вмещающие породы. В южной части месторождения интенсивность оруденения увеличивается в связи с тем, что оно располагается над скрытой апикальной частью диоритов и габбродиоритов. Сульфидная минерализация, сопровождаемая серицит-кварцевыми и серицит-хлорит-кварцевыми метасоматитами, образует три рудные зоны, ориентированные близмеридионально в соответствии с расположением интрузивного массива. На месторождении намечается пять минеральных ассоциаций: пиритовая, кварц-халькопирит-молибденитовая, халькопирит-пиритовая, кварц-пиритовая и карбонатная. Средние содержания меди на месторождении оцениваются в 0,4-0,5 %, молибдена – в пределах 0,0008–0,001 %.

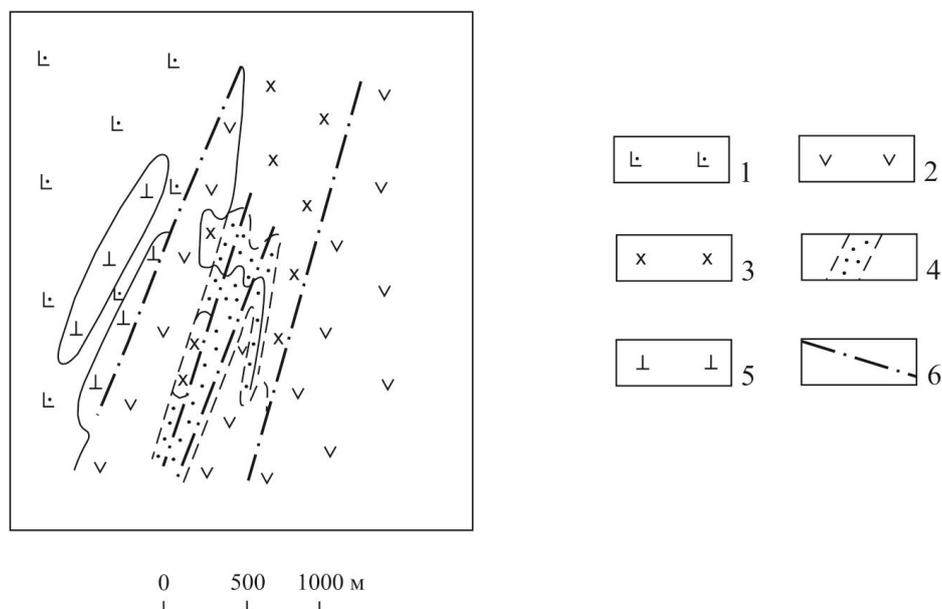


Рис. 27. Салаватское месторождение

(по Б. Д. Магадееву с дополнениями И. Б. Федоровой):

1 – базальты, спилиты с прослоями кремнистых сланцев; 2 – грубообломочные туфы и лавы пироксен-плагиифировых и амфибол-плагиифировых андезитобазальтов; 3 – порфиroidные

ные габброидиоты, диориты; 4 – положение зон прожилково-вкрапленных руд; 5 – ультрамафиты; 6 – тектонические нарушения

В аналогичной позиции расположено Вознесенское месторождение, находящееся к северу от Салаватского.

В среднеуральской части Щучьинско-Тагильского палеовулканического пояса расположено *Андрюшинское рудопроявление*, изучавшееся в разные годы И. Б. Федоровой, Г. Г. Григорьевой, С. Н. Компанец, О. В. Мининой. Рудопроявление приурочено к позднесилурийскому Башеневско-Исаковскому массиву, интрузирующему вулканиты базальт-андезитобазальтовой формаций. Ареал этой формации представляет собой протяженную вулканогенную гряду, развитую на восточном обрамлении колчеданосных структур. Интрузив в основном сложен лейко-меланократовыми диоритами, которые пересекаются субпараллельными дайками роговообманково-плагиоклазовых порфировидных диоритов. Дайки имеют крутое (70-80°) западное падение при северо-северо-восточном и субмеридиональном простираниях. Рудная минерализация охватывает как сами дайки, так и вмещающие диориты, повторяя в общем конфигурацию контактов даек. В центре минерализованной зоны преобладают серицит-хлорит-кварцевые продукты изменения вмещающих пород, к периферии тяготеет слабая калишпатизация, а на флангах преобладающим метасоматическим минералом становится эпидот. Главные рудные минералы – пирит и халькопирит, второстепенные – магнетит и молибденит, редкие – галенит, сфалерит, гематит. Вкрапленная минерализация развита преимущественно в меланократовых диоритах и в центральных частях даек; прожилковая – тяготеет к лейкократовым диоритам, а также образует линейные зоны в контактовых частях даек. Среднее содержание меди на рудопроявлении не превышает 0,3 % (при крайне низких содержаниях молибдена).

В Октябрьско-Денисовской зоне к этому типу меднопорфировой минерализации относятся Подовинное, Спиридоновское и Фестивальное рудопроявления. Для этой зоны характерен длительный (венлок – ранний девон) период накопления вулканитов базальт-андезитобазальтовой формации и комагматичных им интрузивных пород габбро-диорит-гранодиоритовой формации. К малым телам последней и приурочены названные рудопроявления.

Подовинное рудопроявление, по данным С. А. Беякова и Е. П. Щулькина (1979), расположено в венлок-раннедевонской толще пироксен-плагиоклазовых базальтов и андезитобазальтов и их туфов. Прожилково-вкрапленная минерализация приурочена к дайкам и малым телам порфировидных диоритов, а также к вмещающим брекчиям и туфам. Околорудные процессы проявлены в виде серицит-хлорит-карбонат-кварцевых метасоматитов. На рудопроявлении установлено несколько крутопадающих минерализованных зон, изученных недостаточно в связи с тем, что мощность мезозойско-кайнозойских отложений достигает здесь 160 м. Содержание меди в зонах прожилково-вкрапленного оруденения составляет 1-1,3 %; обнаруживаются также маломощные (20-40 см) линзы сплошных сульфидов, сложенных главным образом халькопиритом, в которых содержание меди достигает 23,6 %, а молибдена не превышает 0,002 %.

Спиридоновское рудопроявление, изучавшееся Е. И. Костеровым, приурочено к одноименному массиву гранитоидов S₂-D₁. Восточный контакт интрузива, согласный с залеганием вмещающих вулканитов, осложнен разломом, который поми-

мо гранитоидов вмещает также дайки диабазов, габбродиабазов, андезитов, лампрофиров, риолитов, сопутствующих формированию вулканогенных толщ. В зоне этого разлома гранитоиды и вмещающие вулканиты рассланцованы, катаклазированы и гидротермально изменены с образованием биотит-калишпат-серицитовых и альбит-хлорит-эпидот-карбонатных метасоматитов. Прожилково-вкрапленные руды образуют штокверк, сложенный пиритом, халькопиритом, молибденитом, магнетитом, гематитом, сфалеритом, галенитом, ильменитом, ковеллином, борнитом, халькозином. Средние содержания в рудах: медь – 0,55 %, молибден – 0,01-0,05 %, золото – 0,2 г/т. Наряду с прожилково-вкрапленными рудами на рудопроявлении также известны небольшие линзы сплошных сульфидов, состоящие из пирита или пирита и халькопирита.

В полярноуральской части Щучьинско-Тагильского пояса (Западно-Тагильская зона) к этому же типу меднопорфировой минерализации относится *Маникуйское рудопроявление*. Рудовмещающими образованиями являются вулканиты базальт-андезитобазальтовой формации (малоуральская свита) S_2-D_1 , прорванные интрузивными образованиями габбро-диорит-гранодиоритовой формации S_2-D_1 (собский комплекс). Это рудопроявление представляет собой зону штокверкового прожилково-вкрапленного халькопирит-пиритового оруденения во вторичных кварцитах среди пропицитизированных вулканитов малоуральской свиты. Зона шириной до 50-200 м имеет северо-восточное простирание. На глубинах до 200-250 м установлены гранитоиды. Содержания меди колеблются в пределах 0,11-0,96 %, золота 0,2-1,1 г/т; серебра – 3,6-27,6 г/т.

Условия размещения охарактеризованных меднопорфировых проявлений близки тем, в которых локализовано месторождение Бошекуль (Бозшаколь) в Северо-Восточном Казахстане. Последнее, как это следует из материалов В. Г. Ли [1969], Г. Э. Нарвайт (1970), И. Г. Павловой [1978], располагается в толще пироксен-, амфибол- и плагиофировых андезитобазальтов, прорванных дайко- и штокообразными телами гиповулканических (гипабиссальных) порфировидных диоритов и плагиогранитов. Непосредственно оруденение контролируется зонами дробления и развивается как по породам порфировых интрузий, так и по вмещающим вулканитам, образуя сложный штокверк. Именно это месторождение рассматривается в качестве типичного представителя позднегеосинклинальных (островодужных) объектов [Кривцов, 1983; Кривцов, Мигачев, Попов, 1986; Павлова, 1978].

Более высокое возрастное положение по сравнению с Маникуйским рудопроявлением в Западно-Тагильской зоне занимают проявления Элькашорское и Янаслорское (Малоуральский потенциально рудный район), приуроченные к активизационным интрузивным образованиям габбро-монцодиорит-гранитной (конгорский комплекс D_{2-3}) и монцодиорит-гранитной (янаслорский комплекс D_3-C_1) формациям. Интрузивные породы этих формаций проникают в Западно-Тагильскую зону из расположенной восточнее Центрально-Тагильской зоны, где они вместе с вулканитами трахибазальт-трахиандезитовой формации D_{2-3} образуют вулканно-интрузивную ассоциацию.

Элькашорское рудопроявление представляет собой линейный штокверк, приуроченный к порфировидным кварцевым монцодиоритам конгорского комплекса. В пределах штокверка развита прожилково-вкрапленная молибденит-халькопирит-пиритовая минерализация. Околорудные метасоматические изменения, разви-

тые в контактах монцодиоритов, представлены эпидотизацией, окварцеванием, серицитизацией, а также сульфидно-кварцевыми прожилками и жилами мощностью до 2 м. Средние содержания составляют: медь – 0,2 % (достигая 0,7 %), молибден – 0,002-0,005 %, золото – до 0,01 г/т (редко до 0,1 г/т), серебро – до 0,3 г/т; руды содержат 7 г/т рения. В сульфидно-кварцевых жилах содержание молибдена достигает 0,328 %.

Янаслорское рудопроявление приурочено к гранитоидам одноименного комплекса. Минерализованная зона протягивается в ЮЗ направлении на 3,8 км, при ширине до 600 м и глубине до 300 м, не обнаруживая тенденцию к выклиниванию. Она представлена линейным сульфидно-кварцевым штокверком с пиритом, молибденитом, халькопиритом, а также магнетитом, не имеющим отчетливых геологических границ и оконтуренным по бортовому содержанию молибдена 0,016 % (при колебаниях 0,001-0,56 %). Содержания меди составляют 0,05-0,1 %. В молибдените содержится 127 г/т рения. Содержания золота не превышают 0,04 г/т.

Приуроченность этих проявлений к активизационным интрузивным комплексам и присутствие в них молибдена позволяют с определенной долей условности сопоставлять их с молибден-меднопорфировыми объектами, близкими среднеазиатскому типу.

Другим типом геологических обстановок размещения геосинклинальных меднопорфировых месторождений Урала являются вторичногеосинклинальные зоны. В основном эти зоны представляют собой частные геосинклинали, имеющие в основании кратонизированный допалеозойский субстрат. К числу таких зон принадлежат Биргильдинско-Поляновская, Еленовско-Кумакская – на Южном Урале, а также Иргизская – в восточных Мугоджарах. Они сложены преимущественно вулканитами базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, в составе которой преобладают андезиты, андезитодациты, риолиты. Рудоносными в этих зонах являются отчетливые очаговые структуры (Биргильдинская, Еленовская и др.), представляющие собой в разной степени деформированные палеовулканические сооружения, в центральных частях которых расположены гипабиссальные или гиповулканические порфировидные интрузии кварцевых диоритов, гранодиоритов, плагиогранитов. Прожилково-вкрапленное оруденение приурочено к этим интрузиям, а также к зонам их контактов с вмещающими породами.

Меднопорфировое оруденение вторичногеосинклинальных зон Урала ассоциирует с колчеданно-полиметаллическими проявлениями, расположенными в вулканитах с рудоносными интрузиями. Так, в Биргильдинско-Поляновской зоне рядом с меднопорфировыми проявлениями Биргильдинско-Томинской группы расположено колчеданно-полиметаллическое рудопроявление Биксизак в осадочно-вулканогенном комплексе. В Иргизском палеовулканическом поясе проявление меднопорфировых руд Килемжайган II приурочено к эндоконтакту массива нижнекаменноугольных плагиогранитов, который вмещают вулканогенные образования того же возраста с колчеданно-полиметаллическими месторождениями и рудопроявлениями (Килемжайган I, Кналыкколь и др.). Вторичногеосинклинальный характер зон с меднопорфировым оруденением, состав рудоносных интрузивно-вулканогенных комплексов и руд сопоставимы с рудоносными зонами Средиземноморского пояса (Панагюрский рудный район в Болгарии, андезитовый массив Тимок с месторождениями Бор и Майданпек, некоторые районы Малого Кавказа). В этих типовых вторичногеосин-

клинальных зонах размещены как колчеданно-полиметаллические, так и меднопорфировые месторождения [Павлова, 1978; Твалчредидзе, 1975; 1977].

В качестве достаточно оформленных очаговых структур можно отметить Биргильдинскую (рис. 28) и Еленовскую (рис. 29).

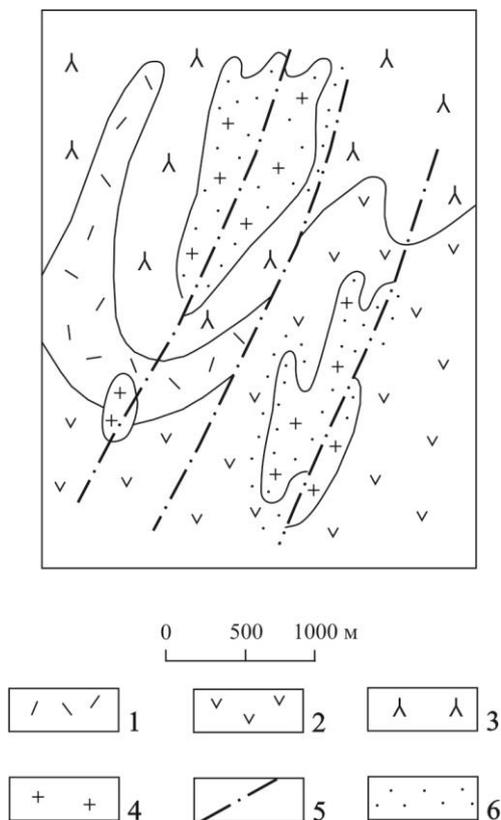


Рис. 28. Биргильдинско-Томинское рудное поле
(по Л. Н. Ромашовой, И. Б. Федоровой, С. Н. Компанец):

1 – дациты, риодациты, их туфы; 2 – андезиты, андезиодациты, их туфы; 3 – андезитобазальты, их туфы и лавобрекчии; 4 – порфировидные диориты, плагиограниты; 5 – тектонические нарушения; 6 – положение зон прожилково-вкрапленных и штокверково-вкрапленных руд

Одним из представителей меднопорфировых объектов рассматриваемого типа является *Биргильдинско-Томинская группа меднопорфировых объектов*. К этой группе относятся ранее известные мелкое Биргильдинское месторождение, Мичуринское рудопроявление, а также открытые в конце XX века Томинское и Березняковское месторождения. Два последних учтены Государственным балансом запасов (Томинское как меднопорфировое, Березняковское как золото-меднопорфировое). Эти объекты в разное время и с различной степенью детальности изучались Л. Н. Ромашовой [1984], И. Б. Федоровой, С. Н. Компанец, Г. Г. Григорьевой [1971], В. Н. Сазоновым (1994), А. И. Грабежевым (2009, 2011).

Рудные объекты приурочены к куполовидной постройке, сложенной силурийскими (ордовик-силурийскими?) вулканитами базальт-андезит-дацит-риолитовой формации. Нижняя часть сооружения сложена андезитобазальтами, на которых сформирована жерловина палеовулкана более поздними андезитами, андезиодацитами, их туфами, лавовыми брекчиями. Общая структура осложнена более мелкими брахиформными депрессиями и куполами. К ним приурочены рудоносные дайко-

и штокообразные интрузии порфиroidных кварцевых диоритов и плагиогранитов, расположенные в жерловых зонах палеовулканических андезитовых построек. Интрузивные породы комагматичны и совозрастны вмещающим вулканитам. По данным А. И. Грабежева и А. А. Краснобаева [2009], изотопный уран-свинцовый возраст цирконов из рудоносных гранитоидов составляет 425 ± 8 млн лет, что соответствует раннему силуру.

Интрузивные породы и вмещающие их вулканиты в зоне контактов раздроблены, рассланцованы и подверглись интенсивным метасоматическим изменениям (карбонатизация, хлоритизация, эпидотизация, серицитизация, окварцевание).

Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды приурочены к гидротермалитам, преимущественно кварц-серицитового состава. Концентрации рудных компонентов тяготеют к краевым частям интрузивов, сложенным порфиroidными и порфиroidными породами (равномернозернистые разности центральных частей штоков безрудны либо слабо минерализованы). Рудные тела, оконтуренные по бортовому содержанию меди 0,3 %, охватывают эндо- и экзоконтактные части интрузивов и конформны конкретному рудоносному штоку, либо обобщенному контуру нескольких мелких тел, сливающихся на глубине в единый массив. Содержания меди в меднопорфиroidных объектах около 0,4 % (0,1-1,5 %), молибдена 0,002-0,014 %.

На *Томинском месторождении* выделены первичные руды и руды зоны вторичного сульфидного обогащения. Минеральный состав обоих типов руд примерно одинаков: пирит, халькопирит, халькозин, молибденит, реже отмечаются пирротин, барит, борнит, бравоит; они различаются лишь количественными соотношениями минералов. В рудах зоны вторичного сульфидного обогащения отмечалось уменьшение содержания халькопирита и увеличение количества халькозина и наличие в её верхних горизонтах карбонатов меди. Содержание меди в первичных рудах изменяется от 0,1 до 1,0 % (среднее 0,55 %), в рудах зоны вторичного обогащения – 0,61-1,7 % (среднее 0,95 %). Кроме меди в рудах содержатся: молибден (0,001-0,003 %), золото (0,1-0,2 г/т), серебро (0,75-1,0 г/т) и сера (1,2-2,5 %). Государственным балансом учтены запасы меди по категории C_2 в количестве 1734,5 тыс. т и забалансовые – 414,1 тыс. т.

Березняковское месторождение приурочено к центральной и эндо- и экзоконтактным частям тех же тел субвулканических порфиroidных кварцевых диоритов, которые вмещают и меднопорфиroidные объекты. Вкрапленное оруденение локализовано в линейных зонах субширотного и северо-западного простирания и в виде золото-сульфидного штокверка сложного строения, будучи приуроченным к кварц-серицитовым и кварцевым метасоматитам. кварц-серицитовой формации. Рудные тела мощностью от 0,3 до 91,5 м вскрыты на глубинах от 0,2 до 459,0 м. Они имеют линейно вытянутую или столбообразную форму с размерами по длине оси до 300 м. Оруденение развито как в плотных породах, так и в образованиях коры выветривания; при этом существенного различия в концентрациях золота не наблюдалось. В рудах присутствуют пирит, халькопирит, блеклые руды, сфалерит, галенит, реальгар, рутил, циркон, золото, а также сульфиды висмута и теллуриды свинца, висмута, золота и серебра. Содержание полезных компонентов колеблется в широких пределах: золото – от следов до 698,3 г/т; серебро – от следов до 636,8 г/т; медь до 6,13 %. Текущие запасы месторождения составляют 14,8 т золота при его среднем содержании 10,4 г/т и 7,9 тыс. т меди со средним содержанием 0,68 %.

А. И. Грабежев и А. А. Краснобаев [2009] высказали соображение о том, что Томиновское и Березняковское месторождения приурочены к одной и единой эволюционирующей рудоносной системе, в которой Березняковское занимает более высокое стратиграфическое положение.

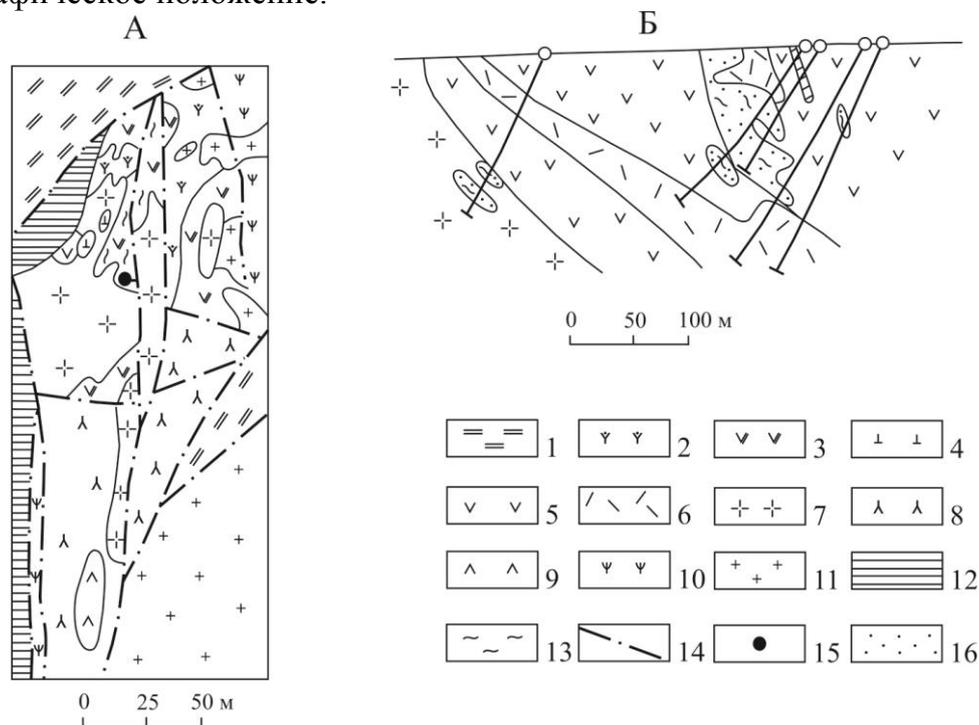


Рис. 29. Геологическая схема (А) района Еленовского месторождения (по Е. С. Контарю, Л. Е. Либаровой) и разрез (Б) Еленовского месторождения (по В. И. Скрипилю):

1 – раннепротерозойские гнейсы и кристаллические сланцы; 2-7 – среднедевонская вулкано-интрузивная ассоциация: 2 – эффузивно-пирокластическая толща андезитобазальтового состава, 3 – эффузивно-пирокластическая толща дацит-андезитодацитового состава, 4 – субвулканические риолиты, 5 – андезиты, андезитодациты, 6 – дациты, 7 – порфириовидные плагиограниты, гранодиориты; 8 – базальт-андезитобазальтовая формация (туфы пироксен-плагиофировых базальтов, андезитобазальтов) позднего девона; 9 – раннекаменноугольные габбродиабазы; 10 – серпентинизированные ультрамафиты; 11 – граниты позднего палеозоя; 12 – позднедевонско-раннекаменноугольные терригенные отложения; 13 – вторичные кварциты, серицит-кварцевые и турмалинизированные породы; 14 – тектонические нарушения; 15 – Еленовское медно-молибденовое месторождение; 16 – вкрапленные сульфидные руды

Другим примером характеризуемых объектов является *Еленовское месторождение* прожилково-вкрапленных медно-молибденовых руд (рис. 29), которое расположено в пределах одноименного вулканоплутона (Е.С.Контарь,1973). Эта структура сложена среднедевонской вулкано-интрузивной ассоциацией, вулканогенные члены которой представлены базальт-андезит-дацит-риолитовой формацией с преимущественным развитием дацит-андезитодацитовых пород, а интрузивная часть – плагиогранитами. Вулканы располагаются на обрамлении массива плагиогранитов, а околожерловые фации тяготеют к его контактовым зонам. Плагиограниты в своем размещении подчинены той же тектонической зоне, которая контролирует радиальный пояс субвулканических риолитов и риодацитов, мощную зону метасоматитов (вторичные кварциты, серицито-кварцевые и турмалиновые породы), которые несут медно-молибденовую минерализацию. Установлены весьма

сложные соотношения риолитов с гранитоидами, при которых нередко наблюдаются как взаимные пересечения, так и постепенные переходы, что может свидетельствовать о близких пространственно-временных условиях формирования гранитоидов и субвулканических тел. Наличие сферолито-микрогранофировых структур и порфиroidный облик гранитоидов указывают на гиповулканический или гипабиссальный уровень их глубинности.

Медно-молибденовая минерализация приурочена к телам кварц-турмалиновых пород и интенсивно турмалинизированным андезитами и андезитоацитами, подобно тому, как это имеет место на месторождениях Браден (Эль-Теньенте) в Чили и Ла Каридад в Мексике. Рудные тела, по данным В. И. Скрипиля, имеют весьма сложную морфологию. Минеральный состав руд: халькопирит, пирит, молибденит, галенит, гематит, сфалерит, магнетит. Средние содержания составляют: меди – 2,88 %, молибдена – до 0,24 %, они являются наиболее высокими для всех меднопорфировых месторождений Урала.

В целом меднопорфировые проявления вторичногеосинклинальных зон отличаются от объектов зон предыдущего типа более высокими (примерно на порядок) содержаниями молибдена и более низким отношением $Cu:Mo$, составляющим 120–150. Это обусловлено высокой степенью консолидированности субстрата этих зон, обусловившим широкое развитие гипабиссальных рудоносных интрузий кислого и умеренно кислого состава.

2.2.1.5. Объекты медно-никелевого геолого-промышленного типа

Проявления медно-никелевых руд (Сунар-Узяк, Кусеево, Бускун, Туркменово I и др.) расположены в Западно-Магнитогорском палеовулканическом поясе, в 35-40 км севернее Сибайского колчеданного месторождения. Они приурочены к дифференцированным интрузивным траппам раннекаменноугольного худолазовского комплекса, прорывающим отложения граувакковой формации позднего девона-раннего карбона (зилаирская свита) [Салихов, Пшеничный, 1984].

Небольшие (не более 1 км²) дайко- и штокообразные тела этого комплекса представлены последовательным рядом пород, полярными членами которого являются шрисгеймиты (роговообманковые перидотиты), диорит- и плагиогранит-порфиры, а также их пегматоидные выделения; промежуточные члены этого ряда образованы габбро, габбродолеритами, габбро-троктолитами, габбро-диоритами. Установлено сходство петрографических, петрохимических особенностей базитов худолазовского комплекса с интрузивными траппами Сибирской платформы.

Вкрапленная, прожилково-вкрапленная, реже шлировая минерализация образована пирротинном, халькопиритом, пентландитом, магнетитом, титаномагнетитом. На примере месторождения Сунар-Узяк видно, что параметры рудных тел невелики: протяженность по простиранию – 50 м, по падению – 20 м, мощность – 0,5 м. Во вкрапленных рудах установлены следующие содержания, %: Cu – 0,2-1,09, Ni – 0,3-1,29, Co – 0,01-0,02; в шлирах Cu – 1,06, Ni – 1,94, Co – 0,11; в рудах присутствуют также золото, платина и палладий.

Перспективы выявления медно-никелевого оруденения на Урале ограничиваются ареалами распространения интрузивных траппов. Однако, судя по размерам этих ареалов, перспективы вряд ли окажутся значительными.

2.2.1.6. Объекты геолого-промышленного типа медистых песчаников

Проявления медистых песчаников приурочены к отложениям, входящим в состав каменноугольного платформенного чехла, перекрывающего геосинклинальные комплексы Каменского палеовулканического пояса. Условия размещения этих проявлений рассмотрели З. П. Волк и А. П. Глинник (1969, 1972). Эти исследователи показали, что медистые песчаники приурочены к пестроцветным песчано-глинистым отложениям трех стратиграфических уровней – визейского (миасская свита), башкирского и московского (уртазымская свита) ярусов.

Меденосные отложения представлены сиреневато-вишневыми, вишнево-красными алевролитами, сланцами, песчаниками, чередующимися с желтовато-коричневыми и зеленовато-серыми полимиктовыми песчаниками, гравийными конгломератами, доломитизированными и окремненными известняками, ассоциирующими с гипсоносными породами. Минерализация малахита, азурита, ковеллина, борнита, куприта, халькопирита, иногда с гнездами самородной меди приурочена, как правило, к контактам красно- и сероцветных отложений и к последним. Протяженность таких минерализованных зон не превышает первых десятков метров при мощности не более 10 м. Содержания меди в этих зонах изменяются в пределах 0,3-1,3 %, кроме того в них установлено до 0,5 % Pb, до 0,05 % V₂O₅, до 0,04 % Co и до 10 г/т Ag; в гнездах, обогащенных самородной медью, ее содержание достигает 18 %. Перспективы медистых песчаников рассматриваемой территории представляются весьма ограниченными, что обусловлено локальным распространением пестроцветных каменноугольных отложений.

2.2.1.7. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого-промышленного (рудноформационного) семейства

Это рудноформационное семейство представлено объектами двух групп, приуроченных к платформенным образованиям, которые отвечают этапам стабилизации и континентализации палеозойских палеовулканических поясов.

Объекты одной из этих групп расположены в Тагило-Кушвинском районе на Среднем Урале (Щучьинско-Тагильский палеовулканический пояс). Этот район сложен образованиями терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовой формации S₂-D₁ (туринская свита). Образования туринской свиты представлены трахитами, трахиандезитами, реже трахиандезитобазальтами, трахибазальтами, их разнообразными туфами, туфоконгломератами, туфогравелитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, с прослоями слоистых и рифогенных известняков. Для этих пород характерны резкая фациальная изменчивость и колебания в широких пределах количественных соотношений образований разного состава.

Вулканикам комагматичны и совозрастны интрузивные породы габбро-сиенитовой формации (тагило-кушвинский комплекс). Ареал вулканогенно-осадочных и интрузивных пород слагает деформированную мульду, наложенную на стабилизированный раннепалеозойский геосинклинальный субстрат. Эта породная ассоциация, отвечающая этапу континентализации среднеуральской части Щучьин-

ско-Тагильского палеовулканического пояса, обеспечила формирование крупных скоплений магнетитовых руд, часто ассоциирующих со скарнами (месторождения Гороблагодатское, Северо-Гороблагодатское, Лебяжинское, Осокино-Александровское, Естюнинское, Высокогорское и др.).

Наряду с магнетитовыми месторождениями в Тагило-Кушвинском рудном районе расположены объекты, обладающие сложным полиметальным железомарганец-барит-свинцово-цинковым составом руд. Они охарактеризованы в работах В. И. Станкевича (1929, 1932), И. Е. Шадрина (1968), И. А. Завалишиной (1977), а также автора с коллегами [Контарь, Либарова, 1997; Марганцевые..., 1999 и др.]. К их числу относятся мелкие месторождения (Сапальское, Липовское, Казанское) и ряд рудопроявлений. Все они локализованы на одном стратиграфическом уровне, соответствующем теплогорско-валуевской толще туринской свиты. Эта толща сложена преимущественно средне-мелкообломочными пирокластами трахиандезитов и трахитов, в ее верхних и средних частях залегают светло-серые, серые и розовые известняки, часто марганцовистые.

Типовым представителем объектов этой группы является *Сапальское месторождение* (рис. 30).

Описывая в 1932 г. это месторождение, В. И. Станкевич указывал, что в 1893-1895 гг. оно разведывалось как свинцовое. Оруденение представлено вкрапленностью галенита в доломитах; но, наряду с этим, были встречены жилы, содержащие 56 % свинца, 29 г/т серебра и 23 г/т золота. Дальнейшее изучение привело к вскрытию марганцевых руд.

На месторождении выделено шесть линзообразных рудных тел марганца, расположенных в Северной залежи. Рудные тела имеют мощность от 2 до 11,6 м, они прослежены по простиранию от 22 до 120 м, по падению от 27 до 135 м. В 120 м от Северной залежи обособлена Южная залежь.

Марганцевые руды подразделены: на карбонатные (существенно родохрозитовые), окисные (браунит-гаусманитовые) и окисленные (псиломелан-пиролозитовые). Свинцово-цинковое оруденение, представленное галенитом, сфалеритом с примесью церуссита и смитсонита, совпадает с карбонатным марганцевым или несколько смещено от него. Имеются указания, что в рудах в ассоциации с галенитом и сфалеритом присутствует барит. С учетом карбонатов свинца и цинка, общий состав первичных руд следующий, %: марганец – 30-35, железо – 1-20, цинк – до 3, свинец – до 3, барий – до 5,7; золото содержится в количестве 1-7 г/т, серебро – 5-160 г/т. Таким образом, руды Сапальского месторождения по составу являются железо-марганец-барит-свинцово-цинковыми.

Кроме Сапальского месторождения марганец-свинцово-цинковое оруденение установлено еще на двух объектах – *Липовском и Казанском проявлениях*. Рудовмещающие породы представлены средне-мелкообломочными туфами трахитов и их перемытыми разностями, среди которых залегают мраморизованные марганцовистые известняки. Вулканогенно-осадочные породы прорваны дайками субвулканических сиенит-порфиров. Рудоносность этих объектов определяется гранатбустамитовыми скарнами, приуроченными к пластам известняков, развиваясь преимущественно в их приконтактных частях с вмещающими вулканогенно-обломочными породами и в участках их переслаивания. Скарны образуют линзо- и пластообразные тела, залегающие согласно с вмещающими породами; они прослежены по

простираются до 780 м, на глубину – до 40-50 м, при ширине выхода от 5-40 до 330 м. Содержания марганца в скалах составляет 3,5-18,5 % (в среднем 8,4 %), сульфидная вкрапленность, представленная сфалеритом, галенитом, реже пиритом и халькопиритом, обеспечивает содержания цинка на уровне 0,9-10,48 %, свинца – 0,13-0,78 %, меди – 0,1 %.

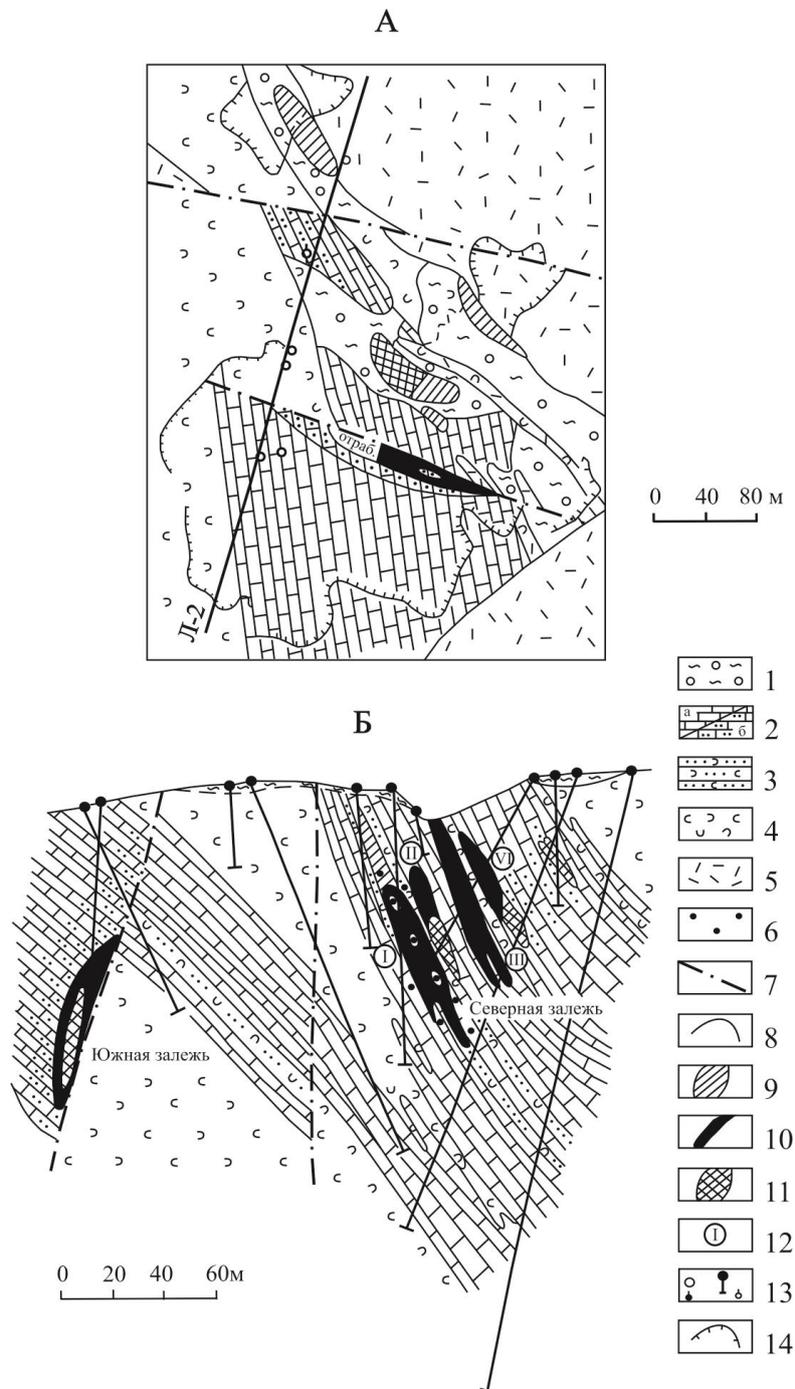


Рис. 30. Сапальское месторождение (по И. Е. Шадрину и И. А. Завалишиной)

А – геологическая карта; Б – разрез по линии 2:

1 – четвертичные отложения; 2 – известняки: а) с содержанием Mn до 8 %, б) с содержанием Mn свыше 8 %; 3 – туффиты; 4 – туфы трахитов и трахиандезитов; 5 – трахиты; 6 – свинцово-цинковая минерализация; 7 – разрывные нарушения; 8 – геологические границы; 9-11 – марганцевые залежи; 12 – скважина; 13 – скважина; 14 – геологические границы.

вые руды: 9 – окисленные, 10 – карбонатные, 11 – окисные; 12 – номера рудных тел; 13 – скважины: а) на карте, б) на разрезе; 14 – контур карьера

В рудах всех объектов установлены редкие и рассеянные элементы, по качественному и количественному составу, свойственные полиметаллическим месторождениям, а именно: In – до 2 г/т, Cd – до 50 г/т, Ge – до 8 г/т, Se – до 4 г/т, Te – до 9 г/т.

Обсуждение генетической модели марганец-свинцово-цинкового оруденения Тагило-Кушвинского района прямо коррелируется с аналогичными аспектами магнетитового оруденения. Применительно к генезису последнего существует две группы представлений. Одна из них (М. И. Алешин, Б. М. Алешин, Я. П. Баклаев, Л. Н. Овчинников, И. Г. Полянский, П. С. Прямоносков, А. В. Пуркин и др.) рассматривает железорудные объекты в качестве типичных контактово-метасоматических, скарново-магнетитовых. Другая группа представлений (Я. Н. Белевцев, В. П. Бухарев, В. В. Дубровин, А. М. Дымкин, Б. А. Попов, А. И. Усенко и др.) определяет эти объекты в качестве полигенных – изначально стратиформные вулканогенно-осадочные залежи частично преобразованы и скарнированы под воздействием сиенитовых и сиенито-диоритовых интрузий.

По существу, эти же две концепции относятся и к рассматриваемому марганец-полиметаллическому оруденению.

Так, по мнению В. И. Станкевича, Сапальское месторождение представляет собой зону метасоматического замещения марганцевыми рудами контакта известняков с сиенитами, вдоль которого развились также брекчии, состоящие из обломков порфиroidных сиенитов и известняков. А. Г. Бетехтин относил это месторождение к гидротермальному типу. И. А. Завалишина считала марганцевое оруденение района гидротермально-метасоматическим. В то же время ее работы показывают, что рудные залежи Сапальского месторождения являются стратиформными, этажно расположенными, согласными с вмещающими породами и разделенными прослоями и пачками алевро-псаммитовых туфов трахитов, известняков и известковых брекчий, наряду с которыми имеются также околоинтрузивные брекчии. И. Е. Шадрин (1968 г.), позицию которого разделяет автор, впервые высказал предположение о изначально вулканогенно-осадочном генезисе руд Сапальского месторождения и других железо-марганец-сульфидных проявлений Тагило-Кушвинского района. С учетом всех имеющихся материалов, могут быть определены следующие основные геологические особенности проявлений Тагило-Кушвинского района.

1. Четкий формационный контроль – приуроченность оруденения к породам терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовой формации, слагающей деформированную синклиналь, наложенную на стабилизированный геосинклинальный субстрат.

2. Платформенные (или, по крайней мере, квазиплатформенные) условия накопления пород продуктивной формации.

3. Стратиформный характер оруденения, приуроченного к определенным литолого-фаціальным частям разреза продуктивной формации, которые представлены преимущественно горизонтами и пачками марганцовистых известняков (карбонатные марганцевые руды являются, по существу, их фациями); в случае локализации оруденения в скарновых зонах, последние являются согласными с вмещающими известняками.

4. Железо-марганец-свинцово-цинковый (\pm барит) состав руд.

5. Качественный и количественный состав благородных металлов, редких и рассеянных элементов характерен для руд полиметаллических месторождений.

На основании этих геологических особенностей ранее [Контарь, Либарова, 1997] высказано предположение об определенной мере сходства марганец-сульфидных проявлений Тагило-Кушвинского района с объектами Атасуйского района в Центральном Казахстане. Геологическое строение и рудоносность этого района с его крупными железо-марганец-барит-свинцово-цинковыми месторождениями освещены А. А. Рожновым, Г. Н. Щербой, Н. С. Скрипченко и др. Рудоносная толща на этих объектах, как это следует из работ названных исследователей, представлена двумя горизонтами. Нижний горизонт, на котором размещены основные скопления стратиформных свинцово-цинковых залежей, образован чередующимися темными глинисто-кремнисто-карбонатными слоями и флишоидами, накопившимися на дне застойных впадин в восстановительных условиях. Верхний, кремнисто-известняковый горизонт с преимущественно железо-марганцевыми рудами формировался в условиях более свободного водообмена и аэрации. Сравнение этих данных с охарактеризованными проявлениями позволяет предположить, что они образованы в условиях, близких к формированию верхней рудоносной части атасуйского разреза. Кроме того, в Атасуйском районе вулканизм (также трахитового состава) резко редуцирован (а интрузивный магматизм не проявлен вовсе), и его продукты представлены лишь удаленными фациями, тогда как на рассматриваемой территории он был весьма интенсивным, и его продукты в значительной мере представлены фациями жерловых, околожерловых и гиповулканических зон. Видимо, столь существенная разница в формах и характере проявления вулканизма и предопределила значительные различия в объемах накопления марганца, свинца и цинка и сопоставимости количества накопленного железа. Соотношение железных, марганцевых и свинцово-цинковых руд в Атасуйском районе близко 1:1:1. В Тагило-Кушвинском районе вулканизм сдвинул эти соотношения в сторону мощного железнакопления, подавившего отложение марганцевых и свинцово-цинковых руд, а интрузивный магматизм привел к значительным трансформациями рудного вещества, выразившимся в скарнировании, образовании рудных столбов и др.

Объекты другой группы приурочены к платформенному визе-серпуховскому карбонатному чехлу стабилизированного Каменского палеовулканического пояса. Представителями этих объектов являются *Николаевское* и *Ермаковское рудопроявления*, на которых в конце XIX – начале XX веков добывались богатые свинцово-цинковые руды.

На Николаевском рудопроявлении обрабатывалась кварцевая жила метровой мощности с гнездами галенита, залегающая в кремнистых сланцах и содержащая до 33 % свинца и до 650 г/т серебра. Поисковыми работами М. А. Бровина (1960) на глубинах 140-150 м в кремнистых сланцах обнаружена вкрапленность галенита и сфалерита (с примесью халькопирита и медной зелени), содержащая до 1,6 % свинца и до 2,93 % цинка, а также кварц-карбонатная порода (окварцованные известняки?) с обильной вкрапленностью галенита и гнездами сфалерита, в которой установлено 2,4 % свинца и 2,28 % цинка. По-видимому, на этом объекте развита как сингенетичная минерализация в сланцах и кварц-карбонатной породе, так и регенерированная – в кварцевой жиле.

На Ермаковском рудопроявлении объектами добычи являлись церусситовые руды, залегающие на визейских известняках с вкрапленностью галенита. В этих рудах содержание свинца составляло 15 %. Как известно, церуссит является одним из типоморфных минералов зон окисления свинцово-цинковых месторождений в карбонатных отложениях.

По данным З. П. Волк (1969), в районе г. Богдановича установлена смитсонит-каламиновая минерализация (Zn – 0,64-1 %), приуроченная к кремнисто-известняковой брекчии, залегающей в горизонте кремнистых доломитов, кремнистых и глинистых известняков серпуховского возраста; в этом же районе в битуминозных известняках башкирского яруса вскрыто пластообразное, согласное с вмещающими породами прожилково-сгустковое оруденение (сфалерит, галенит, пирит, пирротин, арсенопирит) мощностью до 1,2 м, которое содержит по 1-2 % свинца и цинка. Смитсонит и каламин, как и церуссит, также характерны для зон окисления стратиформных свинцово-цинковых месторождений, залегающих в карбонатных отложениях.

Таким образом, в платформенном карбонатном визе-серпуховско-башкирском чехле Каменского палеовулканического пояса имеются вполне реальные перспективы выявления стратиформного свинцово-цинкового оруденения; при этом жильные зоны с регенерированными рудами, а также руды зон окисления следует рассматривать в качестве индикаторов и поисковых признаков первичных стратиформных залежей.

2.2.2 Месторождения меди, цинка, свинца в срединных массивах

Срединные массивы, морфологически выраженные как антиклинории в структурах Уральской геосинклинальной палеозойской системы, образованы глубокометаморфизованными комплексами архейского, раннепротерозойского и рифейского возраста.

К позднему архею относится селяннинская (шумихинская) свита и пряничниковская серия соответственно в Сысертско-Ильменогорском и Салдинском срединных массивах. По возрасту они сопоставимы с тараташским комплексом и сложены амфиболитами, биотитовыми, пироксен-амфиболовыми, скаполит-пироксеновыми плагиогнейсами, двупироксеновыми кристаллическими сланцами, гиперстен-магнетитовыми кварцитами, мигматитами. Реконструкция первичного состава этих образований, выполненная для пород селяннинской свиты, показала, что входящие в ее состав амфиболиты близки континентальным толеитам, в частности, траппам Сибирской платформы, а в плагиогнейсах преобладает коровый материал [О возможной первичной..., 1987; О возрасте гранитизации..., 1997]. Эти данные могут свидетельствовать об образовании пород селяннинской свиты в платформенных условиях, сопоставимых с условиями формирования пород тараташского комплекса.

Раннепротерозойские метаморфиты распространены гораздо шире, и они совместно с архейскими образованиями образуют Харбейский, Салдинский, Гаевский, Мурзинско-Адуйский, Красногвардейский, Сысертско-Ильменогорский, Челябинско-Суундукский, Мариновский, Адамовско-Мугоджарский срединные массивы, где входят в состав соответствующих серий и комплексов (см. рис. 2). Состав раннепротерозойских образований сложен и многообразен – это различные гнейсы,

кристаллические сланцы, графитистые кварциты, лептитоподобные породы. С ними нередко ассоциируют метаультрамафиты и интрузивные метабазиты.

Данные, касающиеся реконструкции изначальной, дометаморфической, природы раннепротерозойских образований сводятся к следующему. На основании изучения петрогенных компонентов, малых, редкоземельных элементов и изотопов стронция показано, что амфиболиты ильменогорской серии (Сысертско-Ильменогорский срединный массив) сопоставимы со спилитизированными базальтами недифференцированных формаций начальных стадий развития геосинклиналей и близки по составу океаническим толеитам и толеитам островных дуг; кварциты возникли при метаморфизме кремнистых пород типа фтанитов, гнейсы – вулканитов среднего и кислого состава, а также гидрослюдисто-монтмориллонитовых глин [О возрасте гранитизации..., 1997; Особенности химизма..., 1979]. Близким образом природа этих образований интерпретирована Д. С. Штейнбергом и В. Я. Левиным еще в 1971 г., когда ильменогорский комплекс относился к раннему палеозою. Эти исследователи отмечали следующее: «Учитывая ассоциацию амфиболитов с кварцитами, продуктами метаморфизма кремнистых осадков, но не песчаников (судя по повышенному содержанию фосфора), и с серпентинитами, есть основание говорить об ордовикской эвгеосинклинальной офиолитовой формации, послужившей субстратом для последующих сложных процессов метаморфизма, гранитизации, метасоматоза, интрузивного плутонического магматизма» [Штейнберг, Левин, 1971, стр. 9]. Однако в последнее время предполагается, что исходным субстратом пород ильменогорской серии являются платформенные ассоциации, а находящиеся среди них ультрамафиты близки расслоенным (В. С. Шуб, В. Я. Левин, 1991), хотя по химическому составу они близки альпинотипным. Изначально платформенная природа раннепротерозойских образований допускается также Госгеолкартой масштаба 1:1 000 000 листа N-41 (2010 г.).

В составе пород бродовской свиты, залегающей в нижних частях салдинской серии (Салдинский срединный массив), В. А. Грачевым, Р. А. Калугиной выделяются лептитовые плагиогнейсы (метаморфизованные вулканиты андезитодацитового состава); амфиболиты более высоких частей разреза этой серии (буксинская и емехская толщи) рассматриваются в качестве метаморфизованных эффузивных базитов.

Раннепротерозойские метаморфиты Харбейского (Харбей-Марункеуского) срединного массива на Полярном Урале представлены харбейским комплексом. В составе этого комплекса выделены марункеуская свита (гранатовые, цоизитовые эклогиты, амфиболиты, биотитовые, двуслюдяные гнейсы, ассоциирующие с апоперидотитовыми, апогаббровыми и апоанортозитовыми эклогитами), ханмейхойская и лаптаюганская свиты (гранатовые амфиболиты, амфиболовые сланцы, амфиболовые и биотит-амфиболовые гнейсы, апоспилитовые эклогиты). В ассоциации с этими гнейсо-амфиболитовыми образованиями находятся апоперидотитовые серпентиниты и габбро-амфиболиты, выделяемые некоторыми исследователями в самостоятельные слюдяногорский и васькеуский комплексы соответственно. Единый взгляд на первичную природу этих метаморфитов не выработан. Существуют, по крайней мере, две принципиальные трактовки. Одна из них предполагает изначально платформенную природу раннепротерозойских образований на основании петрогеохимического сходства амфиболитов с базальтами древней трапповой формации

Африканской платформы [Душин, 1997 и др.]. Другая допускает их протогеосинклинальную природу, основываясь на наличии породной ассоциации, сопоставимой с офиолитовой (Т. Ф. Королева, В. А. Лычаков, 1991 и др.).

Для метаморфических пород южной части Адамовско-Мугоджарского срединного массива (Восточно-Мугоджарская зона) З. А. Юриш с соавторами также допускает геосинклинальную природу, хотя по возрасту относит их к раннему палеозою (1986).

Лишь в Мариновском, Мурзинско-Адуйском и северной части Челябинско-Суундукского срединных массивов протолитом раннепротерозойских метаморфических образований служили терригенные и терригенно-карбонатные породы.

Все изложенное может свидетельствовать о том, что по своим формационным особенностям раннепротерозойские образования могут отвечать протоэвгеосинклинальным, а сложенные ими срединные массивы представляют собой фрагменты некогда единого зеленокаменного пояса.

Оруденение меди, цинка, свинца в раннепротерозойских комплексах Урала ограничено как по количеству объектов, так и по их рудноформационной принадлежности.

В Салдинском срединном массиве известны недостаточно изученные сульфидные проявления, близкие колчеданному типу (Новоселовское, Ромахинское и Северо-Ромахинское).

Новоселовское проявление расположено в средней части салдинского комплекса (буксинская толща), сложенной амфиболитами, чередующимися с полосчатыми мигматитами, кианитсодержащими слюдяно-кварц-полевошпатовыми кристаллическими сланцами. Пирит-халькопиритовая вкрапленная и прожилково-вкрапленная минерализация приурочена к кианитсодержащим сланцам, образуя зоны протяженностью до 2 км и мощностью от первых до 50 м. Содержание меди в этих зонах невысокое – обычно это 0,2-0,3 %, но в отдельных гнездах достигает 2,8 %. Не исключено, что кианитсодержащие породы этого рудопоявления могут представлять собой метаморфизованные серицитовые метасоматиты рудоподводящих каналов колчеданных месторождений; вкрапленная и прожилково-вкрапленная минерализация также может фиксировать такую же зону, а пластовое оруденение здесь не выявлено или оно эродировано.

На *Ромахинском* и *Северо-Ромахинском* проявлениях вкрапленная минерализация пирита, халькопирита, пентландита локализована в амфиболитах и биотитсодержащих микрогнейсах.

Помимо названных, в Салдинском срединном массиве известны также сульфидно-магнетитовые месторождения, приуроченные к согласным скарновым зонам и традиционно рассматривающиеся как скарново-магнетитовые (*Большереченское, Камбаихское, Восточно-Камбаихское, Бродовское*). На этих объектах магнетитовые и сульфидно-магнетитовые руды имеют стратиформный характер; они залегают в комплексе, который по своему составу отвечает протоэвгеосинклинальному; руды имеют полосчатые текстуры; в качестве главного рудного минерала в них, наряду с магнетитом, присутствуют пирит, халькопирит, пирротин; в рудах установлены существенные содержания меди (0,2-0,6 % на Камбаихском месторождении до 1,07 % – на Восточно-Камбаихском). Эти данные позволяют высказать предположение о том, что известное оруденение может интерпретироваться в качестве нижних или фланго-

вых (окисных или сульфидно-окисных) зон метаморфизованных и регенерированных колчеданных залежей (напомним, что на многих палеозойских колчеданных месторождениях Урала, таких как Ново-Шемурское, Красногвардейское, Весенне-Аралчинское и др., известны магнетитовые и гематит-магнетитовые руды). Что касается скарнов, то их присутствие известно на многих докембрийских колчеданных месторождениях, причем их образование связывается не с контактовым, а с региональным метаморфизмом [Ручкин, 1984].

Работами В. Н. Юрецкого (1982) в южной части Сысертско-Ильменогорского срединного массива (севернее оз. Увильды) в верхних частях ильменогорской серии (еланчиковская и кыштымская толщи) установлены геохимические аномалии колчеданного типа, наиболее значительные из которых содержат 0,1 % Cu, 0,03 % Zn, 0,05 % Pb и 1 % Ba.

В остальных срединных массивах в нижнепротерозойских образованиях известны лишь пункты сульфидной минерализации.

Таким образом, можно констатировать низкий уровень изученности рудоносности этих образований, в том числе и на колчеданные руды. Вместе с тем следует отметить довольно высокую колчеданность раннепротерозойских зеленокаменных поясов, развитых в фундаментах древних платформ. В них сосредоточено 7,2 % запасов руды, 8,2 % меди, 7,5 % цинка и 8,1 % суммы металлов от общего количества колчеданных руд, сформированных в геологической истории Земли. Эти обстоятельства определяют необходимость более тщательных оценок рудоносности раннепротерозойских образований на Урале.

Комплексы раннерифейского возраста в пределах срединных массивов достоверно не установлены.

К уровню среднего рифея относятся метавулканогенные и осадочные образования двух формационно различных типов.

В Сысертско-Ильменогорском (сайтовская, иткульская серии) и Салдинском (истокская серия) срединных массивах они выполняют узкие ветвящиеся желобообразные структуры, облекающие ядра, образованные позднеархейскими и раннепротерозойскими комплексами, а также близизометричные синформы. Метаморфиты этого возраста сложены амфиболитами, амфибол-биотитовыми, амфиболовыми, гранат-слюдяными плагиосланцами (иногда со ставролитом), графитистыми кварцитами, содержащими прослой и линзы гондитов, пластообразные тела габбро-амфиболитов, серпентинитов, тальк-карбонатных пород. Изначальная, дометаморфическая природа этих образований расшифровывается как сочетание покровных и интрузивных базитов, фтанитов, углисто-кремнистых и железисто-марганцевых (яшмоиды) пород и альпинотипных ультрамафитов, что позволяет рассматривать их в качестве офиолитовой ассоциации среднего рифея [О строении и составе..., 1986].

В других срединных массивах Среднего и Южного Урала позднекембрийские образования в той или иной мере сходны с одновозрастными комплексами, развитыми на окраине ВЕП.

В Мурзинско-Адуйском срединном массиве кристаллические сланцы, образующие алабашскую серию среднего рифея, разделены на три толщи [Коровко, 1988]. Нижняя и верхняя состоят из биотитовых сланцев с прослоями кварцдиопсид-плагиоклаз-карбонатных пород, графит-биотитовых сланцев; в нижних ча-

стях разреза каждой толщи присутствуют кварциты, а в верхней – мраморы. Средняя толща – это биотит-роговообманковые, роговообманковые сланцы и амфиболиты. Субстратом пород нижней и верхней толщ являются аркозы, глинистые и карбонатные породы, формирующие два трансгрессивных ритма: песчаные отложения – глинистые отложения – карбонатные отложения; средней толщи – платформенные базиты. Находящиеся в этом разрезе габбро Маюровского массива обладают петрологической и металлогенической общностью с Кусинско-Копанской интрузией (оба массива близки по петро-геохимическим характеристикам, несут ильменит-титаномагнетитовое оруденение и представляют собой деформированные расслоенные силловые залежи). Таким образом, метаосадочно-вулканогенные и интрузивные образования Мурзинско-Адуйского срединного массива оказываются близкими платформенным среднерифейским комплексам Башкирского мегантиклинория; при этом, метавулканы средней части алабашской серии могут быть сопоставлены с трапповой ассоциацией машакского комплекса.

Метатерригенные, терригенно-карбонатные и карбонатные отложения среднего, позднего рифея и венда Челябинско-Суундукского срединного массива, по мнению В. И. Сначева с соавторами, также хорошо сопоставляются с аналогичными по возрасту, составу и формационным особенностям отложениями Башкирского мегантиклинория [Магматизм Восточно-Уральского..., 1990].

В Троицко-Карашатауском срединном массиве рифейские образования представлены (снизу вверх) городищенской свитой раннего-среднего (вероятнее всего, среднего) рифея и алексеевской свитой среднего рифея [Захаров, 1986]. Первая из них образована метавулканидами базальтового и риолитового состава, и она параллелизуется с машакской трапповой формацией; вторая, существенно терригенная, графит- и углеродсодержащая – с алевролитом-аргиллитовой формацией юрматинской серии (зигазино-комаровская свита).

К раннему кембрию относится терригенно-карбонатная формация (санарская свита), известная только в южной части Увельского срединного массива.

Более высокое стратиграфическое положение в строении срединных массивов занимают отложения фалаховой формации позднего кембрия и раннего-среднего ордовика (рымникская, маячная свиты), угленосные и карбонатные отложения раннекаменноугольного возраста, а также локально встречающиеся пестроцветные отложения среднего карбона. Важной особенностью строения срединных массивов являются широко проявленные в их пределах ареалы полиформационных и разновозрастных палингенно-анатектических гранитоидов, а также массивы нефелиновых сиенитов. Последние известны в Сысертско-Ильменогорском (миаскиты Ильменских и Вишнёвых гор) и Адамовско-Мугоджарском (Барсуксайский массив) срединных массивах.

2.2.2.1. Объекты колчеданного геолого-промышленного (рудноформационного) семейства

Мелкие месторождения и проявления колчеданных руд приурочены к породам среднерифейской метаофиолитовой ассоциации. В Сысертско-Ильменогорском срединном массиве к ним относятся Чебаковское, Иткульское месторождения, Карасьегогорское и другие рудопроявления.

Чебаковское месторождение известно с середины XVIII столетия. Оно локализовано в рассланцованных серпентинитах среди кристаллических сланцев. На месторождении известно пять рудных тел протяженностью 105-245 м, мощностью 0,4-6,5 м, выклинивающихся на глубинах 130-135 м. Массивные и вкрапленные руды состоят из пирита, халькопирита, магнетита, пирротина, реже пентландита, бравоита, миллерита и линнеита. Средние содержания меди в руде – 1,45%; густовкрапленные, почти массивные, руды содержат до 13,69 % Cu, 0,13 % Zn, 0,88 % Ni, 0,06 % Co, 1,2 г/т Au.

Карасьегогорское рудопроявление, выявленное при геологосъемочных работах масштаба 1:50 000 в 1988 г. А. А. Машаровым и В. Ф. Копаневым, представлено крутопадающей зоной вкрапленных руд, сложенных пиритом, пирротином, халькопиритом, пентландитом. Вмещающими служат апосерпентинитовые тремолитовые сланцы, залегающие в верхней части сайтовской серии (игишская свита). Протяженность рудной зоны 70-80 м, мощность 1-2,5 м. Первичные руды содержат около 4 % Cu, 0,7 % Ni, 0,2 % Co; кроме того, в них присутствуют платиноиды (мг/т): Pt – 10, Pd – 11, Rh – 5, Os – 24, Ir – 10, Ru – 12. В зоне вторичного обогащения развиты халькозин, самородные медь и золото, и здесь их содержание существенно повышается, достигая 16,55 % Cu, 35,9 г/т Au и 75 г/т Ag. Состав руд близок рудам месторождения Оутокумпу в Финляндии (медь – 3,8 %, цинк – 1 %, никель – 0,12 %, кобальт – 0,24 %), залегающего в близких по составу образованиях.

Южнее, в этой же полосе метаофиолитов иткульской серии, известны проявления *Сысертское* и *близ оз. Татыш* (Бок, 1928). Сысертское проявление эксплуатировалось на медь; оно представлено вкрапленными халькопирит-пирротин-магнетитовыми рудами в тремолитовых сланцах среди серпентинитов.

Эти и им подобные проявления по составу вмещающих пород и руд могут быть отнесены к регенерированным колчеданным объектам кипрского типа.

В южной части Сысертско-Ильменогорского срединного массива в породах сайтовской серии В. Н. Юрецким (1982) выявлены геохимические аномалии, содержащие до 0,7 % Cu, до 1 % Zn, 0,07 % Pb и до 1 % Ba.

В Салдинском срединном массиве метаофиолитовая ассоциация (истокская серия) расположена на обрамлениях раннепротерозойских метаморфитов, и в ее пределах известны проявления вкрапленных сульфидных руд колчеданного типа (Басьяновское, Буланихинское).

Басьяновское рудопроявление (С. И. Бирючев, 1966; В. А. Грачев, 1978) приурочено к контакту гнейсов и амфиболитов с серпентинитами и хлоритизированными полосчатыми биотитсодержащими амфиболитами. Прожилково-вкрапленное до густовкрапленного, почти массивного, оруденение образовано пиритом, халькопиритом, пирротином, сфалеритом, борнитом. По редким скважинам мощность таких зон не превышает 1 м, по простиранию оруденение не прослежено. В рудах содержится 1,23-2,56 % меди, 0,05-0,15 % никеля, 2,2-28,5 % серы.

Буланихинское рудопроявление, как это следует из материалов А. М. Мамылина и Л. Н. Падериной (1969), представлено жилками и мелкими линзами слабомедистого пирита и вкрапленностью халькопирита в кварц-хлоритовых, слюдисто-кварц-хлоритовых сланцах с прослоями мраморов. Мощность минерализованных зон достигает 8 м, однако их пространственное положение не определено. Содержит

жание меди в этих зонах составляет 1,15-5,75 %, а во вмещающих сланцах – 0,3-1,25 %.

Близкая геологическая обстановка и содержания (Cu – 0,5-0,7 %, золото – 0,8 г/т) свойственны Малыгинскому рудопроявлению.

Н. Б. Малютин (1952), анализируя архивные и литературные источники конца XIX и первых десятилетий XX века, отмечает, что в 10-15 км северо-восточнее г. Нижняя Салда расположена группа золото-полиметаллических рудопроявлений, обрабатывавшихся на золото, свинец, серебро. К ним относятся *Грязный прииск, Анатольский (Горно-Анатольский), Павловский (Горно-Павловский), Надпорожный рудники*. Они приурочены к серпентинитам и их контактам с вмещающими графитсодержащими слюдяно-кварцевыми сланцами истокской серии и представлены кварцево-жильными зонами. Последние непосредственно залегают в тальковых, тальк-хлоритовых и хлоритовых сланцах. Оруденение представляет собой вкрапленность и гнезда (по архивным данным из гнезд было отработано от 0,4 до 1,3 т руды) серебросодержащего галенита, халькопирита, пирита, сфалерита с примесью борнита, самородных меди, золота и серебра. Данные о параметрах этих объектов и содержания в них металлов не известны. С точки зрения автора, эти жильные проявления могут рассматриваться в качестве регенерированных образований и являться индикаторами неустановленных стратиформных залежей, как это имеет место на многих колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождениях докембрия. Так, А. Д. Щеглов (1978), характеризуя колчеданно-полиметаллическое месторождение Броккен-Хилл (Австралия), отмечает, что при метаморфизме стратиформных залежей в кварцево-жильные зоны перемещено не менее 1 % руды, что оценивается величиной около 550 тыс. т суммы свинца и цинка. Близкая точка зрения высказана Г. В. Ручкиным [Ручкин, 1984], специально изучавшим преобразования докембрийских колчеданных руд в условия регионального динамотермального метаморфизма; при этом показана возможность возникновения гнездовых скоплений укрупненно зернистых руд.

Подтверждением вероятной колчеданной природы этих объектов является наличие рядом расположенного проявления гондитов, представляющих собой метаморфизованные яшмоиды. Как известно, яшмы располагаются стратиграфически выше и на флангах колчеданосных систем.

На обрамлениях Харбейского срединного массива расположены терригенно-вулканогенные образования среднего (среднего-позднего) рифея, которые также интерпретируются как геосинклинальные (В. А. Лычаков, Т. Ф. Королева, 1991). В них размещены сульфидные проявления, рудноформационная принадлежность которых остается невыясненной.

Таким образом, мы видим, что в геосинклинальных комплексах среднего рифея известно значительное количество сульфидных проявлений, близких колчеданному типу, ряд из которых в прошлом представлял промышленный интерес. В то же время следует констатировать также, что современный уровень изученности и опосредованности этих образований на Урале оставляет желать лучшего. Хорошо известна высокая продуктивность среднепротерозойской (при трехчленном расчленении протерозоя по международной шкале, где к среднему протерозою относятся ранний и средний рифей) металлогенической эпохи на колчеданные руды. Причем на этом уровне известны крупные и уникальные месторождения. Несмотря

на то, что к среднему протерозою относится всего 3 % колчеданных объектов, они включают 9,1 % мировых запасов колчеданных руд, 6,1 % – меди, 18,6 % – цинка, 35,4 % – свинца и 20,1 % – суммы этих металлов. Именно этими обстоятельствами определяется высокая потенциальная продуктивность среднерифейских комплексов Урала на колчеданно-полиметаллическое оруденение.

2.2.2.2. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого-промышленного типа

В рифейских карбонатных отложениях северной части Челябинско-Суундукского срединного массива залегают проявления регенерированных стратиформных свинцово-цинковых руд Андрее-Юльевской группы – *Крестовоздвиженское* (рис. 31), *Андреевское*, *Каменно-Павловское*, *Гаврило-Архангельское*.

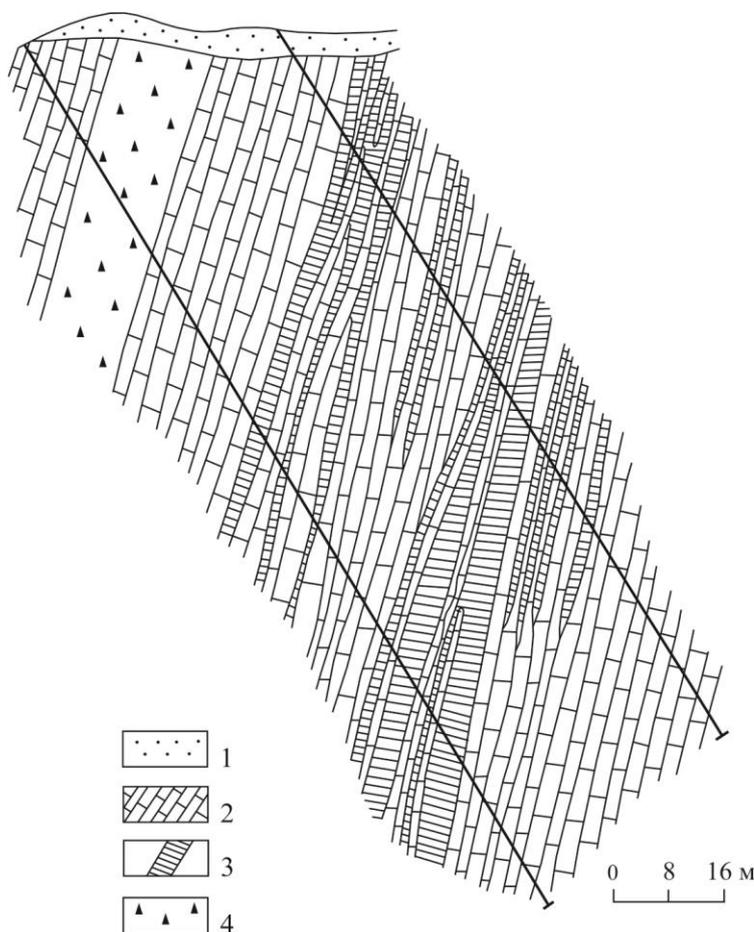


Рис. 31. Крестовоздвиженское рудопроявление (по П. Н. Лебедеву):

1 – современные отложения; 2 – мраморы, мраморизованные известняки; 3 – рудные тела; 4 – зоны брекчирования

Эти объекты, изучавшиеся С. С. Смирновым (1926), П. Н. Лебедевым (1955), с конца XVIII и до середины XIX века были известны как золотые и медные рудники. Свинцово-цинковые руды на них были обнаружены в 1914-1916 гг., и в этот период они отработывались. Так, на Андреевском месторождении в 1915-1917 гг. добыто около 1,6 тыс. т руды, содержащей от 20-30 до 63 % свинца; на Ка-

менско-Павловском месторождении добывались руды, в которых содержались 1,4-14,5 % свинца и 22,2-50,2 % цинка.

Анализ проведенных П. Н. Лебедевым поисковых работ показал следующее. Все оруденение приурочено к толще мраморов (которые относятся к визейскому возрасту); причем основные количества руды расположены либо в среднезернистых мраморах, либо около их контактов с мелкозернистыми (вероятно, среднезернистые мраморы образованы по чистым известнякам, а мелкозернистые – по глинистым). Руды на этих объектах представлены двумя морфологическими разновидностями: 1) прожилково-вкрапленной, которая размещается по простиранию мраморов, подчиняясь их полосчатости (или слоистости?), причем сами руды обладают также полосчатыми текстурами, конформными полосчатости мраморов; 2) гнездовой – это серии гнезд (камер) сплошных сульфидов размером до 3 м либо густой штокверк, насыщенный прожилками и гнездами. Прожилково-вкрапленные руды представлены на Крестовоздвиженском рудопроявлении; они характеризуются невысокими содержаниями свинца и цинка, редко превышающими в сумме 2 % (при соотношении 1:1), хотя известны и обогащенные зоны с 1,81 % свинца и 2,31 % цинка (при мощности 1,4 м). Гнездовые руды развиты на остальных рудопроявлениях, и для них характерны высокие содержания свинца и цинка. Так, на Каменно-Павловском рудопроявлении известны две рудные зоны: одна из них мощностью 14,5 м содержит 1,14 % свинца и 3,25 % цинка (в отдельных интервалах свинца – 3,17-3,42 %, цинка – 8,06-15,84 %); другая – мощностью 5 м с 2,32 % свинца и 4,7 % цинка (до 8,58 % свинца и 16,47 % цинка). Вероятно, прожилково-вкрапленные руды являются сингенетическими, а гнездовые – регенерированными.

Первичные руды сложены галенитом, сфалеритом, реже пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, блеклыми рудами, и им свойственны высокие содержания серебра (100-633 г/т на Андреевском рудопроявлении, 500-1200 г/т – на Гаврило-Архангельском, 200-600 г/т – на Покровском). Вторичные руды, залегающие в карстовых углублениях на мраморах, образованы англезитом, церусситом и смитсонитом.

Проведенные поисковые работы не привели к серьезным переоценкам этих объектов, но и не дали отрицательных результатов. Дело в том, что опоскование осуществлялось на небольших площадях, вблизи от старых рудников и на глубинах, не превышающих 150 м. Так, рудная зона Крестовоздвиженского рудопроявления прослежена на 1600 м при мощности 20-120 м до глубины 130-140 м, и она не была оконтурена.

Перспективы выявления стратиформных свинцово-цинковых руд в терригенно-карбонатном чехле Челябинско-Суундукского срединного массива продолжают оставаться высокими, тем более, что это одна из типовых обстановок размещения таких объектов.

2.3. Месторождения меди, цинка, свинца в Валерьяновском интрузивно-вулканическом поясе

Валерьяновский интрузивно-вулканический пояс (ВИВП) представляет собой структуру одноранговую Уральской палеозойской геосинклинальной системе и независимую от нее. ВИВП протягивается параллельно эвгеосинклинальному Уралу около 2,5 тыс. км, а затем, как это следует из геофизических данных, поворачи-

чивается на юго-восток и приходит в торцовое сочленение со структурами Среднего Тянь-Шаня.

В строении ВИВП выделены три зоны. Самой восточной из них, примыкающей к структурам Центрального Казахстана, является Боровская. К западу от нее расположена основная ветвь ВИВП – собственно Валерьяновская зона (в современных структурах – это Тюменско-Кустанайский прогиб). Самой западной из структур ВИВП является Александровская зона, вклинивающаяся в области сочленения Троицко-Карашатауского срединного массива и Октябрьско-Денисовского палеовулканического пояса.

Магматизм и осадконакопление в ВИВП проявлены со среднего девона по позднекаменноугольное время [Самаркин, Пумпянский, Самаркина, 1987; Формирование..., 1986].

Наиболее ранний (среднедевонско-франский) магматизм относится к Боровской зоне, где он реализован в виде трахибазальт-трахириолитовой формации, продукты которой ассоциируют с красноцветной молассой. Эти образования окаймляют с запада и северо-запада Кокчетавскую глыбу Центрально-Казахстанской складчатой области. Вулканизм среднедевонско-франского времени происходил в континентальной обстановке на консолидированной континентальной коре. По своей палеотектонической позиции он может отвечать либо завершению орогенных каледонид Центрального Казахстана, либо рассматриваться в качестве индикатора их кратонизации.

Валерьяновская (Тюменско-Кустанайская) и Александровская зоны в строении имеют много общего. В основном они сложены вулканогенными, осадочными и интрузивными ассоциациями визейского возраста. Лишь в Валерьяновской зоне единичными скважинами вскрыты средне-позднедевонские песчано-глинистые сланцы, песчаники, аргиллиты, известняки, а также турне-ранневизейские углито-терригенно-сланцевые отложения.

Стратифицированные вулканогенно-осадочные образования визейского возраста выделены в качестве валерьяновской серии, вулканические породы которой относятся к андезитобазальтовой формации. Осадочные породы, находящиеся в сложных фациальных соотношениях с вулканитами, представлены вулканомиктовыми песчаниками, известковистыми туффидами, известняками. Вулканитам комагматична и совозрастна диорит-гранодиоритовая формация (соколовско-сарбайский комплекс).

Валерьяновско-соколовско-сарбайская интрузивно-вулканическая ассоциация обеспечила накопление уникальных объемов магнетитовых руд Соколовско-Сарбайского, Качарского и Глубоченского рудных районов.

Природа магматизма и особенности образования этой ассоциации понимаются неодинаково, и в настоящее время существует три группы представлений, касающиеся ее происхождения.

Некоторые исследователи считают, что вулканиты валерьяновской серии представляют собой верхние части геосинклинального разреза, занимающие в формационном ряду то же место, что и железоносная трахибазальт-трахитовая формация Тагило-Кушвинского района, и под ней возможны колчеданосные комплексы [Положение магматизма..., 1987].

Согласно другой точке зрения, магматиты Валерьяновской и Александровской зон сопоставимы с ассоциациями тыловых зон внутренних островных дуг,

в частности с вулканическими хребтами окраинных морей [Ксенофонтов, 1982; Формирование..., 1986], но в таких обстановках не известны столь значительные скопления магнетитовых руд.

Однако автору представляется наиболее убедительной точка зрения, предложенная С. Н. Ивановым, А. М. Пумпянским, Г. И. Самаркиным [Формирование..., 1986]. Суть ее заключается в том, что визейские магматические комплексы ВВИП относятся к производным щелочной ветви континентальных толеитов, собственных авлакогенам, формировавшимся в условиях рифтогенеза эпикаледонских платформ.

В этом плане визейская интрузивно-вулканическая ассоциация ВИВП в целом близка субсинхронной железоносной базальт-трахириолит-габбро-граносиенитовой вулкано-интрузивной ассоциации Центрально-Магнито-горской зоны. Различия магматизма этих двух структур выражены в том, что в Центрально-Магнито-горской зоне он ближе трапповому типу, тогда как в Валерьяновском поясе – трахибазальтовым формациям континентов. Магматизм обоих типов обычно сопряжен в пространстве и времени и характерен для периодов магматической активности платформенных областей. Важным аргументом в пользу активизационно-платформенной природы раннекаменноугольных магматитов Валерьяновского пояса является выделение в его южной части каракогайского интрузивного комплекса того же возраста. Этот комплекс образован ассоциацией серпентинизированных дунитов, плагиоцерцолитов, плагиовестеритов, троктолитов, габбро, габброноритов, которые по геологическим и петрохимическим признакам сходны с расслоенными интрузиями областей докембрийской складчатости [Новые данные..., 1981].

Серпуховско-башкирский вулканизм проявлен в виде трахибазальт-трахиандезитовой формации, входящей в состав качарской серии. Помимо вулканитов в составе этой серии, связанной постепенными переходами со скользящими латеральными границами с валерьяновской, входят также красноцветные туфогравелиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, известковистые песчаники и алевролиты, органо-генно-обломочные известняки. Вулканитам качарской серии комагматична габбро-монцонит-граносиенитовая формация (ухановский комплекс) среднего (средне-позднего) карбона. Причем если вулканиты качарской серии распространены только в Валерьяновской зоне, то интрузивные образования выходят за ее пределы. Они проявлены как в Александровской зоне, так и в стабилизированных Катенинском и Октябрьско-Денисовском палеовулканических поясах.

Московско-позднекаменноугольные отложения ВВИП (кызылжарская свита) представлены пестроцветными ангидритсодержащими песчаниками, алевролитами, конгломератами, гравелитами с прослоями известняков.

В связи с развитием ВВИП образованы месторождения и проявления меднопорфировых руд, а также проявления медистых песчаников и свинцово-цинковых руд.

2.3.1. Объекты меднопорфирового геолого-промышленного (рудноформационного) семейства

По существу, все месторождения и проявления меднопорфировых руд Валерьяновского пояса связываются с малыми порфировыми интрузиями ухановского комплекса.

Соответственно трем типам обстановок проявления продуктивного магматизма выделяются три группы активизационных меднопорфировых месторождений, различающиеся величиной $Cu:Mo$.

В основной Валерьяновской (Тюменско-Кустанайской) ветви Валерьяновского ИВП расположены месторождения Бенкала Северная и Южная; в Александровской – Баталинское месторождение, рудопроявления Красноармейское, Жалтырколь и другие, а в Катенинской зоне – Михеевское, Новониколаевское, Тарутинское месторождения, Западное рудопроявление.

Месторождения этой ветви пояса (Бенкала Северная, Бенкала Южная) приурочены, как это следует из работ С. Т. Агеевой (1984) и Е. И. Костерова (1977), к штоку гранодиорит-порфиров, который прорывает толщу визе-серпуховских осадочно-вулканогенных пород. Прожилково-вкрапленное молибденит-халькопирит-пиритовое оруденение развито как в интрузивных, так и во вмещающих породах, формируя субизометричный штокверк, охватывающий апикальную часть порфирового интрузива. Содержания меди на этих объектах составляют 0,36-0,5 %, молибдена – 0,005 % (достигая 0,01 %), золота – до 0,5-4 г/т. Близкие условия характерны для меднопорфировых объектов Александровской зоны: месторождения Баталы (рис. 32), а также рудопроявлений Красноармейское, Жалтырколь и др. Однако они отличаются от Бенкалинских месторождений величиной медно-молибденового отношения; если для первых она составляет 72, то для объектов Александровской зоны – до 200.

В Катенинском палеовулканическом поясе вмещающей рамой продуктивных интрузий являются раннепалеозойские эвгеосинклинальные комплексы. Рудоносные интрузии представлены сериями даек и удлиненных мелких массивов диорит- и гранодиорит-порфиров, в экзоконтактах которых формируются протяженные линейные штокверки сульфидных руд (месторождения Михеевское, Тарутинское, Новониколаевское, Западное рудопроявление). В Тарутинском и Новониколаевском месторождениях меднопорфировая минерализация наложена на скарновые зоны с медным и магнетитовым оруденением. Кроме того, в южной части Новониколаевского месторождения в известняках, близ контакта с кварцевыми диоритами, известно проявление свинцово-цинковых руд. Пространственное совмещение меднопорфировой и свинцово-цинковой в карбонатных отложениях минерализации известно, в частности, в Алмалыкском районе Узбекистана: в рудном поле меднопорфирового месторождения Кальмакыр расположено свинцово-цинковое месторождение Кургушинкан, залегающее в известняках. На нем проявлены скарнирование и регенерация первичных стратиформных свинцово-цинковых руд, обусловленные рудоносными сие-нито-диоритами Кальмакыра. Отношение $Cu:Mo$ в меднопорфировых месторождения Катенинского пояса составляет 100-200.

Как для геосинклинальных, так и для активизационных меднопорфировых месторождений устанавливается зависимость величины $Cu:Mo$, а следовательно,

и содержаний молибдена (при стабильных в целом содержаниях меди) от характера субстрата рудоносных структурно-формационных (металлогенических) зон. Величина этого отношения снижается в зонах, которые были заложены и развивались на достаточно зрелой континентальной коре.

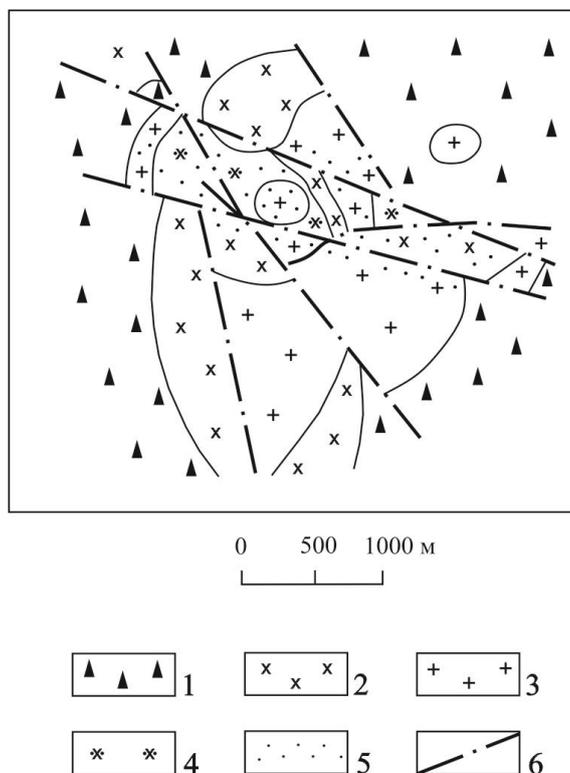


Рис. 32. Месторождение Баталы

(по С. И. Агеевой с использованием материалов Е. И. Костерова и С. С. Щербины):

1 – агломератовые туфы и лавобрекчии андезитов, андезитобазальтов; 2 – диориты, кварцевые диориты; 3 – гранодиориты; 4 – гранодиорит-порфиры; 5 – рудный штокверк; 6 – разрывные нарушения

По геотектоническому положению, составу рудоносных магматических комплексов, соотношениям содержаний меди и молибдена активизационные месторождения более всего приближаются к классическим меднопорфировым объектам. Кроме того, средне-позднекаменноугольное время – это эпоха наиболее значительного меднопорфирового рудообразования в Казахстанско-Среднеазиатской части Урало-Монгольского глобального металлогенического пояса. На этом возрастном уровне расположены такие значительные порфировые месторождения, как Коунрад (C_2), Актогай (C_{2-3}), Коксай (C_2), месторождения Алмалыкской группы (C_2-P_1). Именно этими обстоятельствами определяется более высокий уровень перспективности объектов активизационной группы, чем геосинклинальной.

2.3.2. Объекты стратиформного свинцово-цинкового геолого-промышленного типа

Однако наиболее значимым свинцово-цинковым объектом является месторождение *Шаймерден*, охарактеризованное А. И. Ивлевым [2001]. Согласно представлениям этого автора, рудовмещающая структура месторождения представляет собой крупную котловину карстового типа, врезанную по ограничивающим ее тектоническим нарушениям в визейские известняки соколовской свиты, относящейся к валерьяновской серии. Котловина полностью заполнена сильно выветрелыми, вплоть до глинистого состояния, делювиально-пролювиальными отложениями, представленными обломками вулканогенных и осадочных пород этой серии. Выше этих отложений залегают бокситоносные породы мелового возраста.

На месторождении выделено два рудных тела. Наиболее крупным и богатым из них является первое рудное тело, занимающее практически весь объем карстовой котловины. Это рудное тело образовано щебенисто-глинистыми и каменистыми рудами; среди последних выделены карбонатные и кремнистые разновидности. Щебенисто-глинистые руды являются резко преобладающими, в них заключен 71 % запасов цинка, по составу они являются каламин-смитсоновыми. Карбонатные – существенно смитсоновы руды составляют 12 % запасов, а кремнистые – преимущественно каламиновые руды – 8 % запасов. В небольшом объеме (около 3 % запасов) присутствуют сфалеритовые руды. Наряду с минералами цинка, в составе руд присутствуют минералы свинца, представленные церусситом, галенитом, а также плюмбоярозитом, вульфенитом и др. Мощность первого рудного тела достигает 100-120 м. В его кровле залегают другие рудные тела мощностью 5-15 м, сложенные бедными цинковыми рудами.

Общие запасы месторождения оценены в 4,63 млн т руды, содержащей 1,26 млн т цинка (среднее содержание 27,2 %) и 37 тыс. т свинца (среднее содержание 0,8 %).

А. И. Ивлев полагает, что столь значительные вторичные накопления цинка обусловлены переносом его подземными водами из зоны окисления первичного стратиформного свинцово-цинкового месторождения, находящегося на небольшом удалении от выявленного объекта.

Свинцово-цинковые руды также известны на ряде железорудных месторождений (С. Т. Агеева, А. Г. Волчков, 1984). На северном фланге Соколовского месторождения выделено четыре пластообразных свинцово-цинковых рудных тела. Они залегают на глубинах 210-720 м, имеют мощность от 8 до 30 м и прослежены на 500 м согласно с простиранием вмещающих пород. Вкрапленные руды приурочены к зонам дробления, брекчирования, межпластового скольжения и рассланцевания, и они охватывают магнетитовые руды, мономинеральные хлоритовые породы, скарнированные породы и гранатовые скарны. Минерализация представлена сфалеритом и галенитом, образующими мелкие линзы, прожилки, гнезда, создавая в целом сложный штотверк. Средние содержания свинца составляют 0,33 %, цинка – 1,36 % (при колебаниях от следов до 5-6 % суммы металлов).

На Ломоносовском месторождении свинцово-цинковая с медью минерализация сосредоточена на его северо-западном фланге. Она установлена на глубинах от 150 до 500-600 м, прослежена на 500 м и локализована в скарнированных извест-

нях, известковистых туффитах и андезитах, вмещающих магнетитовые руды. Свинцово-цинковые руды залегают согласно с вмещающими породами, имеют линзообразную форму и мощность от 4 до 12 м. Они сложены галенитом, сфалеритом, пиритом, пирротином. Содержание свинца в этих рудах составляет 0,006-6,9 %, цинка – 0,01-8,6 %, меди – 0,03-1,8 %.

На Качарском месторождении свинцово-цинковая минерализация расположена стратиграфически и гипсометрически ниже медистой, и она находится в верхней части магнетитовых залежей и среди вмещающих их метасоматитов. Сульфиды свинца, цинка и меди обеспечивают содержание этих металлов в 0,2, 1 и 0,1-0,2 % соответственно.

Рудноформационная принадлежность свинцово-цинковой минерализации на магнетитовых месторождениях остается невыясненной: является ли она исходно стратиформной, регенерированной скарново-рудным процессом, или она обусловлена этим процессом – этот вопрос требует дальнейшего изучения. Однако, независимо от этого, оруденение свинца, цинка и меди учитывается при оценках и отработке магнетитовых месторождений.

2.3.3. Объекты геолого-промышленного типа медистых песчаников

Медистые песчаники установлены в надрудной толще Качарского железорудного месторождения (С. Т. Агеева, А. Г. Волчков, 1984). Эта толща, сложенная зеленоцветными гравелитами, песчаниками, брекчиями на ангидритовом цементе, вероятно может быть отнесена к кызылжарской свите. Прожилково-, полосчато-вкрапленная, брекчиевидная минерализация представлена борнитом, халькозином, ковеллином, халькопиритом (с примесью пирита, гематита, марказита). При бортовом содержании меди 0,1 % ее среднее содержание составляет 0,54 %, при 0,5 % – соответственно 1,69 %; присутствуют золото – 0,2 г/т, серебро – 0,5 г/т. Такая минерализация, образующая двенадцать рудных тел на северо-восточном фланге Качарского месторождения, прослежена до 1-2 км при мощности 100-130 м, и она установлена на глубинах от 600 до 2000 м.

3. ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ (ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ) ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА, СВИНЦА НА УРАЛЕ

Расшифровка истории геологического развития имеет важное значение для регионального металлогенического анализа по выяснению закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых, образование которых определяется этим развитием. В свою очередь, установленные закономерности являются основой для выделения перспективных площадей, оценки их ресурсного потенциала, обоснования и планирования геологоразведочных работ различных этапов, стадий и очередности. Такие исследования основываются на анализе состава, строения и возраста формаций магматических, осадочных и метаморфических пород, рядов этих формаций и ассоциированных с ними месторождений.

Геоисторическая модель металлогении Урала применительно к различным рудноформационным семействам месторождений меди, цинка, свинца была рассмотрена ранее [Контарь, Либарова, 1997; Контарь, 2001].

На восьми последовательных палеометаллогенических схемах, составленных для раннего протерозоя, рифея, венда-раннего кембрия, ордовика-силура-раннего девона, раннего-среднего-позднего девона, позднего девона-раннего карбона, раннего-среднего карбона, среднего-позднего карбона-перми, отражена история геологического развития Урала на протяжении 2,2-2,3 млрд лет. Совершенно очевидно, что эта история гораздо сложнее и многообразнее, чем она отражена на схемах. Тем не менее, как представляется автору, некоторые общие закономерности геологического развития Урала и металлогении меди, цинка и свинца на них удалось отразить.

Прежде чем перейти к рассмотрению этих закономерностей, автору представляется целесообразным обсудить следующее. В геологических исследованиях часто применяется понятие «геодинамика». Л. П. Зоненшайн в ряде работ следующим образом определяет это понятие: *«Геодинамика – наука о глубинных силах и процессах, возникающих в результате эволюции Земли как планеты и обуславливающих движение масс вещества и энергии внутри Земли и ее верхних твердых оболочках. Объекты исследования геодинамики недоступны непосредственному изучению, и о них удастся судить по косвенным признакам, теоретическим построениям и результатам их проявления на поверхности Земли»* (курсив мой. – Е. К.). Л. П. Зоненшайн отмечает также, что в отечественной научной литературе термин «геодинамика» является синонимом концепции тектоники литосферных плит, с которой связаны тектонические, магматические и другие геологические процессы. Палеогеодинамика – это направление, восстанавливающее геодинамику геологического прошлого через плито-тектонические (геодинамические или палеогеодинамические) реконструкции. Основными задачами этих реконструкций, по мнению Л. П. Зоненшайна, являются восстановление палеоположения границ литосферных плит, их типов и конфигурации, а следовательно, и положения и развития основных геотектонических структурных элементов Земли – континентов, океанов, островных дуг, морей и т. д. Следует в полной мере согласиться с этим исследователем в том, что наиболее достоверные геодинамические реконструкции могут быть осуществлены для последних 180-160 млн лет, по которым возможно получение по существу прямых геологических

данных. Что же касается более раннего геологического времени, то для реконструкции геодинамических обстановок большое значение приобретают косвенные данные и их актуалистическая интерпретация. Таким образом, в рамках геодинамических реконструкций присутствует весь тот комплекс исследований и объектов этих исследований, которые свойственны классической исторической геологии.

Понятие и термин «геодинамика» безусловно удачные. Однако они должны быть атрибутированы не только по отношению к тектонике литосферных плит, а ко всем тектоническим процессам и явлениям, ибо все они обусловлены глубинными силами и процессами. Даже в изначальном варианте геосинклинальной концепции, предполагающей только прогибание земной коры, были задействованы глубинные силы, предопределившие это прогибание. Более того, в 1960-е годы Д. С. Штейнберг пришел к выводу, что для формирования эвгеосинклиналий недостаточно одного прогибания для обеспечения значительных объемов мафических и ультрамафических пород, а должен происходить разрыв земной коры, в результате которого вскрываются глубинные очаги генерации магм. В этом процессе формируется кора океанического типа. Еще ранее А. В. Пейве и В. М. Сеницын (1950) отмечали, что первичные геосинклинали возникают в результате раздробления платформ. Поэтому автор полагает, что понятие «геодинамика» – это по существу синоним понятия «палеотектоника» (в широком смысле), а геодинамические обстановки (условия, режимы) – не что иное, как палеотектонические обстановки (условия, режимы). В таком контексте эти понятия используются в настоящей работе.

При анализе геологической истории Урала с позиций геосинклинальной концепции традиционно выделяются раннегеосинклинальная, позднегеосинклинальная, орогенная и платформенная стадии развития; в последнее время на Урале установлено широкое проявление процессов тектоно-магматической активизации. Причем каждая из этих стадий не является одновозрастной для всего Урала, а характеризует развитие конкретной структуры. По этому поводу Д. С. Штейнберг писал: «Надо отказаться от выделения общих для эпигеосинклинального подвижного пояса стадий, таких как доорогенная, орогенная или соскладчатая, так как они не характеризуют развитие, магматизм и металлогению каждой конкретной зоны» [Штейнберг, 1978, стр. 18]. Что касается самих стадий развития геосинклиналий, то Д. С. Штейнберг рассматривает их «...как определенные типы тектоно-магматических режимов, способные существовать самостоятельно вне обязательной связи с остальными стадиями» [там же, стр. 22]. Более того, отмечается одновременность стабилизации и перехода к платформенному развитию отдельных частей подвижного пояса. Это положение обосновано следующим образом: «Платформенный режим завершает развитие подвижных поясов в целом или их отдельных зон. Последнее может происходить задолго до превращения всего пояса целиком в платформу. Поэтому внутри подвижных поясов можно встретить отдельные зоны, превратившиеся в платформу и даже испытавшие последующую активизацию, задолго до полной стабилизации всего пояса» [Штейнберг, 1978, стр. 16]. Тем самым признается автономность развития отдельных структурных элементов эвгеосинклинали, что обосновано М. Б. Бородаевской с соавторами для колчеданосных зон Южного Урала [Закономерности..., 1969; Бородаевская, Кривцов, Ширай, 1977].

В рамках рассматриваемой концепции предполагается, что эвгеосинклиналь – это единая структура, зародившаяся и развивавшаяся на одном месте с уче-

том палеогеографии конкретного геологического времени. Слагающие геосинклиналь формации горных пород и их ряды обусловлены закономерным пространственно-временным проявлением определенных тектоно-магматических (палеотектонических, геодинамических) режимов, обеспечивающих соответствующие металлогенические последствия.

В концепции тектоники литосферных плит для геосинклинальной области Урала (именуемой палеоокеаническим сектором) выделяются следующие стадии и режимы развития: океаническая (с офиолитами), раннеостроводужная (с дифференцированными формациями), позднеостроводужная или переходная (с базальт-андезитобазальтовыми формациями), континентальная (с трахибазальт-трахитовыми формациями), коллизионная (с гранитоидами); такая важная в геологическом и металлогеническом отношении стадия, как тектоно-магматическая активизация, не выделяется (соответствующие комплексы структурно интерпретируются как эпиокеанические и окраинно-континентальные наложенные вулканические и вулканогенные пояса). Металлогенические последствия этих стадий принципиально близки адекватным стадиям геосинклинальной концепции.

Основываясь на близких петро-геохимических особенностях магматических пород геосинклиналей, однотипных по составу породам океанов, окраинных и внутренних морей, островных дуг, а также на сходстве офиолитовых разрезов со строением земной коры современных океанов, допускается существование этих геотектонических элементов в раннем и среднем палеозое, а иногда и в более раннее геологическое время. Современное пространственное совмещение комплексов и ассоциаций пород, образованных в различных геодинамических (палеотектонических) обстановках, объясняется крупными горизонтальными перемещениями с поглощением океанической коры в субдукционных зонах, дальнейшим тектоническим сгущиванием и формированием систем террейнов (тектоно-стратиграфических террейнов). Такая структура интерпретируется как «... некогда перемещенная по горизонтали, ограниченная разломами геологическая субстанция (нечто целое), характеризующаяся своеобразной геологической историей, значимо отличающейся от таковой в соседних террейнах» [Металлогения складчатых..., 1996, стр. 64]. (Если исключить в этом определении горизонтальное перемещение, то террейн, по существу, представляет собой автономно развивавшуюся структурно-формационную зону или систему зон). Параметры существовавших в палеозое на Урале океанических пространств оцениваются следующим образом. Ширина ордовик-раннесилурийского океана определяется 1 500-2 000 км, а среднедевонского – в 1 800 км [История развития Уральского..., 1984; Формирование..., 1986]; в последней работе Л. П. Зоненшайн и М. И. Кузьмин [1993] ширину Уральского океана в среднем девоне оценивают в 3 000-3 500 км.

В последнее время существование на Урале в палеозое обширных океанических пространств подвергается серьезному пересмотру даже сторонниками концепции тектоники литосферных плит. В подтверждение этого автор считает целесообразным привести следующую выдержку из работы К. С. Иванова [1998, стр. 37], исключив из нее лишь библиографические ссылки: *«Отмечу, что предполагавшееся в ранних мобилистских работах широкое развитие в зеленокаменной мегазоне формаций собственно океанической стадии – СОХ (срединно-океанических хребтов) и океанического дна не подтвердилось. Считавшиеся таковыми толщи инициальных толеитовых базальтов, комплексы параллельных даек и др. оказались*

начальными островодужными (главным образом тыловодужными) образованиями. Так, мной установлено, что Магнитогорская мегазона, включая ее южное окончание – Западно-Мугоджарскую зону, которая была эталонным объектом для выделения на Урале силурийской формации СОХ, являлась среднедевонским тыловодужным морем, развивавшимся восточнее Ирландской островной дуги. Ширина этого моря совершенно несопоставима с шириной океанов и не превышала первых сотен км» (курсив мой. – Е. К.). Хотя, строго говоря, островных дуг и тыловых морей без океанов не бывает. Л. П. Зоненшайн определяет островные дуги как «цепи вулканических островов, протягивающиеся по окраинам океанов и отделяющие океаны от краевых (окраинных) морей и континентов» (Горная энциклопедия, т. 4, 1989, стр.15).

Если принять точку зрения Г. М. Власова [1977], рассматривающего островные дуги как геосинклинальные системы, то мы возвращаемся к геосинклинальной концепции на другом этапе ее развития. Наличие в палеозойских геосинклинальных структурах Урала магматических и осадочных формаций и их рядов островодужного типа отмечалось многими исследователями [Бородаевская, Кривцов, 1974; Бородаевская, Кривцов, Ширай, 1977; Вулканизм Южного..., 1997; Коротеев, Дианова, Кабанова, 1979; Кривцов, 1979; 1999; Серавкин, 1996; Формирование..., 1986; Фролова, Бурикова, 1977; Штейнберг, 1970, 1978 и др.]. Рядом этих исследователей показана также сопоставимая с островодужной зональность геосинклинальных структур Урала, при которой выделяются тыльная (с офиолитами), внутренняя (с дифференцированными формациями), барьерная (с базальт-андезитобазальтовыми формациями) и внешняя (с терригенно-вулканомиктовыми формациями) зоны. Такая зональность в полном или редуцированном виде присуща Западно-, Восточно-Магнитогорскому палеовулканическому поясам, а также Тагильскому сегменту Щучинско-Тагильского палеовулканического пояса. Наряду с наличием в геосинклинальных структурах Урала формационных рядов и зональности островодужного типа, ранние стадии развития этих структур сопоставляются с рифтообразованием, при котором образуется кора океанического типа. Вероятно, наиболее удовлетворительно модели формирования геосинклинальных комплексов Урала отвечает структура типа вулканического (палеовулканического) пояса [Прокин, Огарин, 1975; Твалчрелидзе, 1977; Контарь, Либарова, 1983; 1997; Контарь, 1988; Основные черты..., 1986; Серавкин, 1996; и др.]. Образование в каждой такой структуре латерально-вертикального ряда формаций и зональности островодужного типа обусловлено последовательной сменой геодинамических обстановок растяжения – сменой растяжения сжатием – сжатием – последующей стабилизацией и тектоно-магматической активизацией (при формировании палеовулканического пояса следующего поколения).

С этих позиций в дальнейшем будут рассматриваться геологическое развитие Урала и условия формирования месторождений меди, цинка, свинца, а также сопряженных с ними марганца, железа, хрома, бокситов и некоторых других видов минерального сырья.

3.1. Ранний протерозой, рифей, венд – ранний кембрий

Восстановление палеотектонических (геодинамических) обстановок докембрия представляется достаточно сложным, особенно для раннепротерозойских образований. Тем не менее определенные геологические данные позволяют в первом приближении наметить основные черты развития Урала в этот крупный отрезок геологического времени (рис. 33, А, Б, 34 А).

Приведенные в разд. 2.2.2 данные, касающиеся реконструкции исходного субстрата раннепротерозойских образований, могут свидетельствовать об их протоэвгеосинклинальной природе, а следовательно, о существовании на Урале зеленокаменного пояса. Если судить по выходящим на современный эрозионный срез структурам, сложенным раннепротерозойскими комплексами от Харбейского срединного массива на севере до Адамовско-Мугоджарского – на юге, этот зеленокаменный пояс имел протяженность не менее 2 тыс. км, что соизмеримо с аналогичными структурами на Балтийском и Канадском щитах. Среди раннепротерозойских образований расположены блоки архейских пород, сформированных в платформенных условиях. Это может свидетельствовать о том, что Уральский зеленокаменный (протоэвгеосинклинальный) пояс был сформирован на примитивной континентальной (протоконтинентальной) коре.

В связи с развитием раннепротерозойского зеленокаменного пояса были образованы первые на Урале сульфидные проявления колчеданного (или, по крайней мере, субколчеданного) типа – это Новоселовское, Ромахинское и Северо-Ромахинское, а также Комбаихское, Восточно-Комбаихское и некоторые другие.

Следует подчеркнуть, что ранний протерозой – это глобальная эпоха формирования зеленокаменных поясов, о значительной колчеданности которых речь шла выше. Наряду с колчеданными, в зеленокаменных поясах образованы

Условные обозначения к рис. 33

1 – выступы архейского фундамента; 2 – стабилизированные области; 3-19 – формации осадочных, вулканических и интрузивных пород: 3-12 – платформенные (3 – фалаховая, алевролитогиллитовая, терригенно-карбостромовая, объединенные; 4 – алевролитогиллитовая, 5 – фалаховая и трахибазальтовая, объединенные; 6 – трапповая и алевролитогиллитовая, объединенные, 7 – трахибазальтовая, 8 – трапповая, 9 – интрузивных траппов (габбродолеритовая), 10 – расслоенных габбро-гранитных интрузий, 11 – гранитов-рапакиви и нефелиновых сиенитов, 12 – дунитклинопироксенит-габбровая); 13-17 – начально- и раннеэвгеосинклинальные (13 – комплексы зеленокаменного пояса, 14 – те же образования, глубокопогребенные, 15 – офиолитовая ассоциация, 16 – базальтовая и базальт-риолитовая, объединенные, 17 – базальт-риолитовая); 18-19 – позднеэвгеосинклинальные (18 – базальт-андезитобазальтовая, 19 – габбро-диоритовая); 20-25 – месторождения и рудопроявления меди, цинка, свинца: 20-22 – колчеданные (20 – кипрского типа, 21 – типа куроко, 22 – неясного типа); 23 – меднопорфировые бошекульского типа; 24 – медно-никелевые; 25 – стратиформные свинцово-цинковые; 26 – главнейшие разрывные нарушения; 27 – поперечные расколы фундамента; 28 – граница обобщенного ареала раннепротерозойских образований.

Месторождения и рудопроявления (А: 1 – Ромахинское и Северо-Ромахинское, 2 – Новоселовское; Б: 1 – Амдерма, 2 – Брусничное, 3 – Диоритовое, 4 – Очетинское, 5 – Лекын-Гальбейское, 6 – Тышор-Монтолорское рудное поле, 7 – Мойвинское, 8 – Ишеримское, 9 – Чурольское, 10 – Салдинская группа, 11 – Карасьевское, 12 – Иткульское и Чебаковское, 13 – Сысертский медный рудник, 14 – Малоашинское, Ивановское, 15 – Медведевская группа, 16 – Малоаршинское, тальменевское, 17 – Андрее-Юльевская группа, 18 – Балта-Юртовское, 19 – Кужинское, 20 – Северо- и Южно-Юлукское, 21 – Гумеровское)

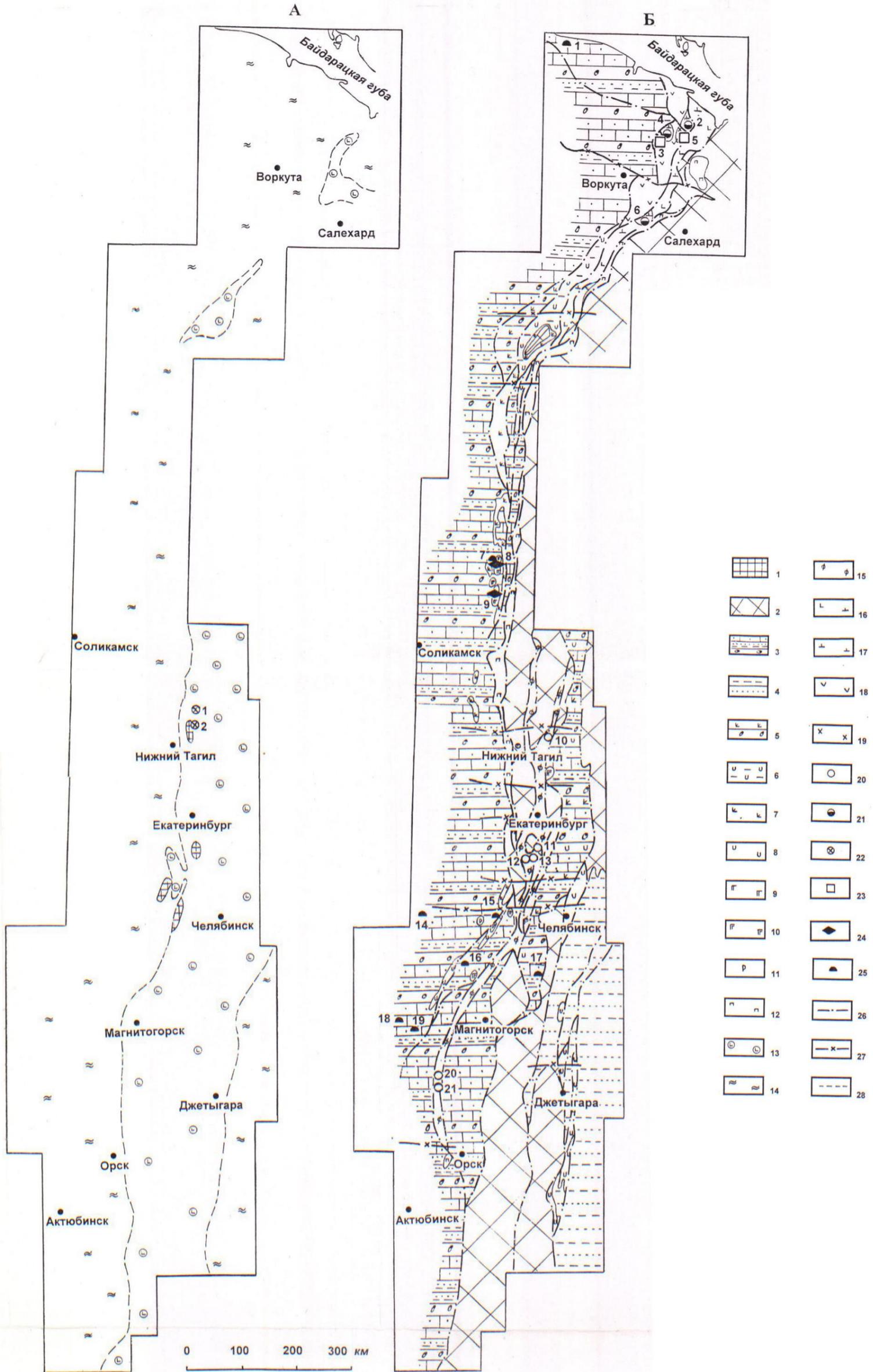


Рис. 33. Палеометаллогеническая схема Урала:
 А – ранний протерозой; Б – рифей

также крупные месторождения сульфидных никелевых руд, железных руд и золота, известные, в частности, на Балтийском и Канадском щитах [Минеральные месторождения..., 1982; Ручкин, 1984].

Отсутствие в пределах Уральского зеленокаменного пояса раннерифейских образований может свидетельствовать о том, что в это время он был кратонизирован, спаян с блоками архея и вместе с ними представлял собой платформенный субстрат по отношению к более поздним накоплениям.

В рифейское время палеотектоническая обстановка на Урале существенно изменилась. На большей его части установился платформенный режим и формировался древний чехол, образованный терригенными, терригенно-карбостромовыми отложениями и ассоциирующими с ними магматическими формациями. К их числу относятся такие типовые платформенные ассоциации, как трахибазальтовая (щелочно-оливин-базальтовая), трапповая, щелочно-ультраосновная, а также расслоенные габбро-гранитные и перидотит-пироксенитовые интрузии и граниты-рапакиви.

Условные обозначения к рис. 34

1 – стабилизированные области; *2-26* – формации осадочных, вулканических и интрузивных пород: *2-13* – платформенные (*2* – спарагмитовая и терригенно-флишоидная, *3* – те же, глубокопогребенные, *4* – фалаховая, *5* – алевролит-аргиллитовая, часто углеродистая, *6* – терригенно-карбонатная, *7* – трахибазальтовая, *8* – щелочно-ультраосновная, *9* – трапповая, *10* – интрузивных траппов (габбро-долеритовая), *11* – расслоенных габбро-гранитных интрузий, *12* – дунит-клинопироксенит-габбровая, тектонически передислоцированная, *13* – терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовая и габбро-сиенитовая); *14-16* – начальноеосинклинальные (*14* – альпинотипных ультрамафитов и габбро, *15* – терригенно-олигомиктовая, *16* – базальтовая); *17-18* – раннегеосинклинальные (*17* – базальт-риолитовая и базальт-андезит-дацит-риолитовая, *18* – базальтовая и базальт-риолитовая, нерасчлененные); *19-21* – позднегеосинклинальные (*19* – базальт-андезитобазальтовая, *20* – габбро-диоритовая, *21* – синвулканических рифогенных известняков); *22-23* – орогенные (*22* – молассовая, *23* – риолитовая); *24-26* – тектономагматической активизации (*24* – миаскит-карбонатитовая и сиенит-граносиенитовая, *25* – гранит-риолитовая, *26* – гранодиорит-гранитовая); *27-39* – месторождения и рудопроявления меди, цинка, свинца: *27-31* – колчеданные (*27* – кипрского типа, *28* – уральского типа, *29* – типа куроко, *30* – филизчайского типа, *31* – регенерированные соответствующего типа); *32-33* – меднопорфировые (*32* – бошекульского типа, *33* – майданпекского типа); *34* – медистые песчаники, *35* – медно-никелевые, *36* – ванадий-железо-медные, *37-38* – стратиформные свинцово-цинковые (*37* – в карбонатном чехле платформы, *38* – атасуйского типа); *39* – жильные медно-свинцово-цинковые; *40* – главные разрывные нарушения, *41* – поперечные расколы фундамента; *42* – палеошироты (I – экватор позднесилурийского-раннедевонского времени, II – 20° южной широты раннеордовикского времени, по И. А. Свяжиной).

Месторождения и рудопроявления (А: 1 – Предгорное, 2 – руч. Баритовый, 3 – оз. Б. Щучье; Б: 1 – Нижнеталотинское, 2 – Центральное, Хановей-Шор, 3 – Саурейское, 4 – Косьюнское, 5 – Серебряное, 6 – Кожимское, 7 – Шартымприлук, 8 – Малососьвинское, 9 – Яхтельинское, Саумское, 10 – Тарньерское, 11 – Шемурское и Ново-Шемурское, 12 – Валенторское, 13 – Андриюшинское, 14 – Коптяковский рудник, Устейская разведка, 15 – Галкинское, 16 – Северо-Павдинская группа, 17 – Южно-Павдинская группа, 18 – Елкинское, 19 – Северо-Калугинское, 20 – Кабанская группа, 21 – Красноуральское рудное поле, 22 – Казанское, 23 – Волковское, 24 – им. III Интернационала, Ольховская, Чадарская группы, 25 – Сапальское, 26 – Левихинская группа, 27 – Хабуня, Ново-Ежовское, 28 – Красноборско-Горельская группа, 29 – Калатинская группа, Белореченское, 30 – Пышминско-Ключевское, 31 – Бойцовское, 32 – Гумешевское, 33 – Колпаковское, 34 – Маукское, 35 – Биргильдинско-Томинская группа, 36 – Биксизак, 37 – Вознесенское, 38 – Подовинное, 39 – Салаватское, 40 – Баймакская группа, 41 – Спиридоновское, Фестивальное, 42 – Юбилейное, 43 – Ивановское, Дергамышское, 44 – Бурибаевское, 45 – Блявинское, Комсомольское, Яман-Касы, 46 – Ишкининское)

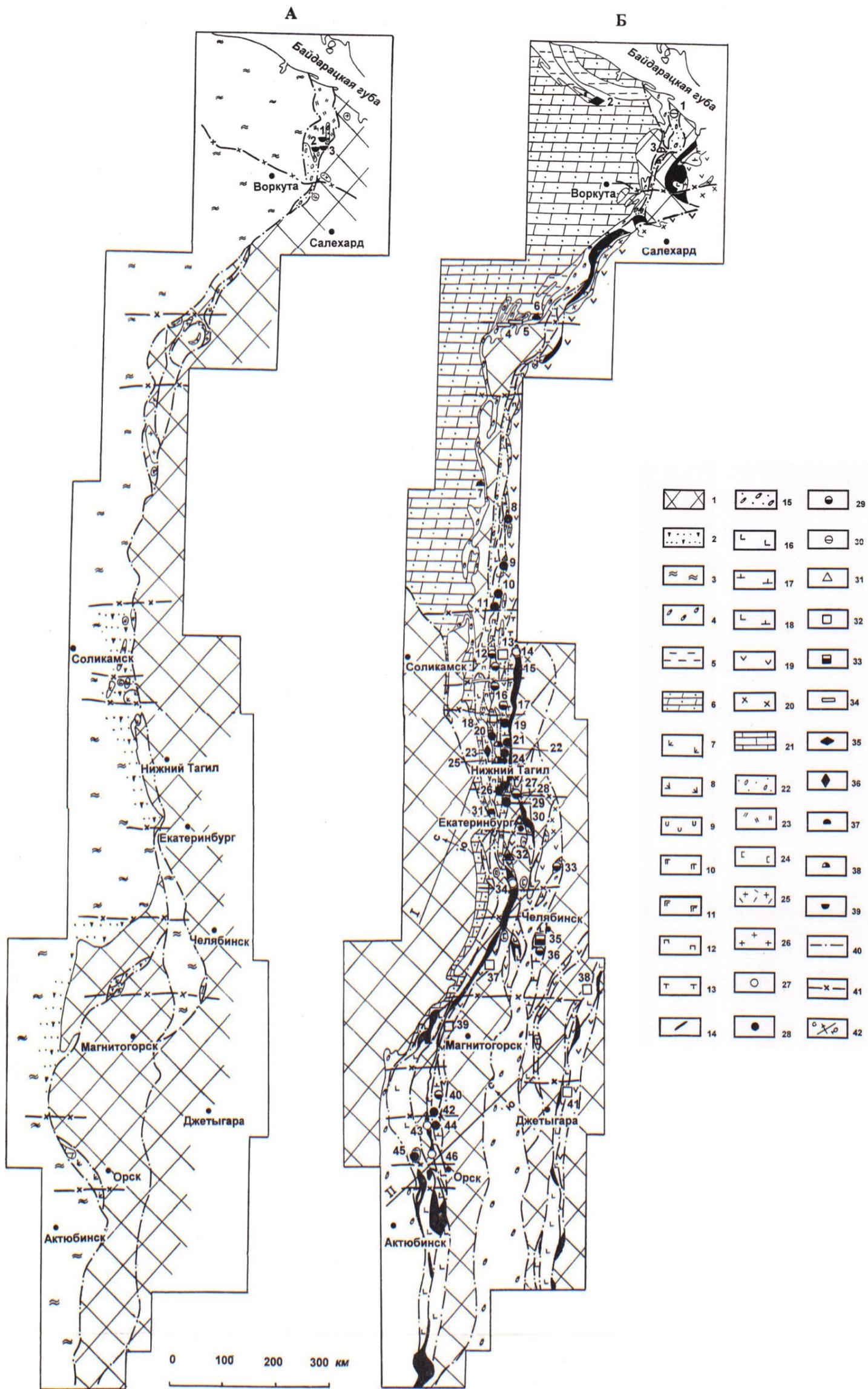


Рис. 34. Палеометаллогеническая схема Урала:
 А – венд-ранний кембрий; Б – ордовик-силур-ранний девон

Для рифейского морского бассейна характерны черты эвапоритовой седиментации, а также обширное доломитообразование, что обусловлено существованием в это время аридных палеоклиматических условий и относительно небольшой глубиной осадконакопления. Рифейские доломитсодержащие отложения распространены в современной осевой зоне Урала на протяжении около 1 400 км, от юга Башкирского мегантиклинория на Южном Урале до Кожимского выступа – на Приполярном; они известны также на побережье Байдарацкой губы. Чтобы обеспечить на таких обширных пространствах аридный доломитовый литогенез, эти территории должны были быть расположены на одних и близких широтах, которые являлись, по крайней мере, субтропическими. Следовательно, наиболее вероятное палеогеографическое положение Урала в рифее было субширотным.

В ассоциации с доломитсодержащими толщами образованы месторождения и рудопоявления стратиформных свинцово-цинковых руд, нередко с баритом и флюоритом, размещенными во всем разрезе рифейских отложений (см. разд. 2.1.1).

Важным геологическим событием рифея является формирование протяженного габбро-гипербазитового Платиноносного пояса. Вопрос о его возрасте и палеотектонической позиции продолжает вызывать острые дискуссии, в связи с чем автор считает целесообразным остановиться на нем подробнее.

На изданных в 1970-1980 гг. геологических картах Урала под редакцией И. Д. Соболева массивы Платиноносного пояса относились к раннему палеозою, и они считались принадлежащими офиолитовой ассоциации. В легендах Государственных геологических карт масштаба 1:200 000 нового поколения комплексам пород, слагающим эти массивы, также придан раннепалеозойский возраст.

Накопленные к настоящему времени геологические и геохронологические данные позволяют, с точки зрения автора, принципиально иным образом рассмотреть возрастное и палеотектоническое положение всего Платиноносного пояса. Прежде всего, стало ясным, что он не является принадлежностью офиолитовой ассоциации.

Условия формирования и геологическая история Платиноносного пояса рассмотрены в ряде работ А. А. Ефимова с соавторами [1977, 1998, 1999; Ефимов, Таврин, 1978; Ефимов, Флерова, Маегов, 1981 и др.]. Этими работами показано, что в современном виде массивы, являющиеся аллохтонными телами с внешними тектоническими ограничениями, «... суть всего лишь тектонические фрагменты какого-то гораздо более крупного некогда единого тела, которое нельзя представить иначе как некую *древнюю глубинную зону* (курсив А. А. Ефимова), в которой габбро-гипербазитовое вещество претерпело крупномасштабные преобразования» [Ефимов, 1999, стр. 31]. Эта глубинная зона, с точки зрения названного исследователя, существовала как единое структурное и термодинамическое целое длительное время, возможно до конца ордовика, после чего она была расчленена, а ее малоизмененные сегменты (в современном виде массивы) были перемещены в позицию, близкую к современной. В самом деле, одного взгляда на геологическую карту достаточно, чтобы увидеть, что большинство массивов имеет линзовидно-будинообразную форму. Если допустить существование «некогда единого тела», то оно может быть сопоставлено с Великой дайкой, но гораздо большей протяженности. Уральским платиноносным массивам присущи концентрически-зональное строение элементы расслоенности, наличие анортозитов (или, по крайней мере, анортозитоподобных пород) и ряд других признаков, свойственных платформен-

ным образованиям. Сходными с типично платформенными являются и металлогенические особенности уральских массивов, что выражено в образовании титаномагнетитовых (\pm апатит) руд, а также платиноносных дунитов; причем последние идентичны таковым типично платформенного массива Кондер на Алданском щите [Ефимов, Таврин, 1978; Ефимов, 1999].

Л. Н. Овчинников с соавторами [1969] показали, что абсолютный возраст (калий-аргоновый метод) продуктов габброизации, амфиболизации и биотитизации, наложенных на габбро-гипербазитовый субстрат, укладывается в диапазон 525-725 млн лет. Еще в 1978 г. И. В. Семенов, В. А. Шилов и А. М. Верховский, а позднее (1988 г.) С. Г. Пестрецов привели факты пересечения ряда массивов комплексом параллельных базальтовых даек, являющихся подводными каналами для вулканитов средне-позднеордовикской базальтовой формации, что может свидетельствовать о том, что уже сформированные массивы вовлекались в процесс растяжения. Р. Г. Язева и В. В. Бочкарев [1984] определили Rb-Sr методом возраст 1 400 млн лет эвкритовых. габбро дунит-верлит-клинопироксенит-габбровой формации Войкаро-Сыньинского массива на Полярном Урале. Возможный доордовикский возраст платиноносных дунитов допускают также К. К. Золоев, Б. А. Попов, М. С. Рапопорт [1987]. На основе этих данных было высказано предположение о вероятном рифейском (вероятнее всего, среднерифейском) возрасте массивов Платиноносного пояса [Контарь, Либарова, 1997].

Определение Re-Os методом модельного возраста платиновых минералов из россыпей Урала [Костоянов, 1998] показало следующее. Большинство значений возраста отвечает интервалу 550-840 млн лет, что достаточно близко приведенным калий-аргоновым датировкам возраста. Наряду с этим установлены модельные возраста 1 310 млн лет (что сопоставимо с цифрой, приведенной Р. Г. Язевой и В. В. Бочкаревым) и 1 980 млн лет, а также 400, 390, 360, 330, 210 и даже 170 млн лет. «Причиной омоложения модельного Re-Os возраста платиновых минералов может быть δ -распад $^{187}\text{Re in situ}$ » [Костоянов, 1998, стр. 549].

Исходя из изложенного вероятно допущение о том, что Платиноносный пояс как единая структура изначально был сформирован в мобильной зоне, расположенной в краевой части рифейской платформы вблизи от ее границы с геосинклинальным рифтом этого времени (хотя не исключено, что он может представлять собой и элемент строения раннепротерозойского зеленокаменного пояса). На непосредственную связь платиноносной ассоциации с краем континентальной плиты указывали С. Н. Иванов с коллегами [Формирование..., 1986], а также Г. Н. Савельева с соавторами [1999]. В раннем палеозое эта структура была вовлечена в геосинклинальный процесс и в результате проявления «горячей тектоники», как это полагает А. А. Ефимов, была передислоцирована в окружающие геосинклинальные комплексы, воздействуя на них подобно твердопластичному штампу. Благодаря этому были образованы зоны высокотемпературных пироксен-плаггиоклазовых роговиков (кытлымитов). Сходными с типично платформенными являются и металлогенические особенности уральских массивов, что выражено в образовании в связи с ними титаномагнетитовых (\pm апатит) руд.

Вероятно, такую же геодинамическую природу и время формирования имеет Уктусский массив, имеющий много общих черт с платиноносными. В ходе завершеного в 1995 г. ГДП-50 Мраморской площади (Г. В. Ярославцев) получены

калий-аргоновые определения абсолютного возраста 990 ± 25 млн лет амфиболов из габбро северной части этого массива. В результате проведения ГДП-200 Кытлымской площади (Г. А. Петров, 2009) установлен (Sm-Nd изохрона) вендский (542 ± 25 млн лет и 561 ± 28 млн лет) возраст некоторых пород, слагающих Кытлымский и Кумбинский массивы.

Близкие представления на геодинамическую природу массивов Платиноносного пояса Урала развивают Г. С. Гусев и О. Н. Сироткина [2012], а также А. В. Гушин и Г. С. Гусев [2012].

Другая модель формирования массивов Платиноносного пояса обосновывается К. С. Ивановым [1998], который полагает, что слагающие массивы породы являются островодужными, и они были образованы над зоной субдукции с возрастом около 420 млн лет (Sm-Nd изохрона), а весь пояс в целом – это магматический след этой зоны. Обосновываются также черты петро-геохимического сходства пород платиноносной ассоциации с силурийскими островодужными вулканитами именовской свиты. А. А. Ефимов эту датировку в 420 млн лет интерпретирует как проявление водного метаморфизма, когда это единое тело было расчленено, и его фрагменты длиной до 100 км и более были перемещены в толщи верхней коры, что отмечено выше.

Реконструируемая рифейская (среднерифейская) геосинклиналь протягивалась с юга на север – от зоны Уралтау, включала соответствующие комплексы, развитые в Сысертско-Ильменогорском и Салдинском срединных массивах, а также на Полярном Урале. На Южном Урале обнаруживается параллельное расположение трапповых (Башкирский мегантиклинорий) и геосинклинальных (зона Уралтау) образований. Синхронное и параллельное развитие таких ассоциаций неоднократно отмечал Д. С. Штейнберг.

Рифейская геосинклиналь обладала определенной латеральной зональностью. Так, на Южном и Среднем Урале (зона Уралтау, Сысертско-Ильменогорский, частично Салдинский срединные массивы) развита офиолитовая ассоциация; в Салдинском срединном массиве отмечается присутствие дифференцированных комплексов, а на Полярном Урале представлен полный ряд геосинклинальных формаций. Такая зональность может быть объяснена двумя причинами: одна из них – это изначальная, сохранившаяся до настоящего времени обстановка; другая – это различные уровни эрозионного среза, уменьшающиеся в северном направлении. Однако, независимо от причин такой зональности ей соответствуют определенные типы проявлений колчеданных руд. Так, в связи с офиолитами образованы колчеданные проявления, близкие кипрскому типу (Северо- и Южно-Юлукское, Гумеровское – в зоне Уралтау; Чебаковское, Иткульское, Карасьеговское и другие – в Сысертско-Ильменогорском срединном массиве; вероятно, Басьяновское – в Салдинском). С дифференцированными комплексами ассоциируют проявления Буланихинское и Салдинской группы (Грязный прииск, Анатольский, Павловский, Надпорожный рудники) в одноименном срединном массиве, которые могут быть отождествлены с объектами уральского типа. Что касается оруденения Полярного Урала, представленного в Тышор-Монтолорском рудном поле, то оно относится к рудноалтайскому (куроко) типу, благодаря чему характеризуется колчеданно-полиметаллическим составом руд. В ряде случаев с этими колчеданными проявлениями ассоциируют ме-

таморфизованные до гондитов кремнисто-марганцевые руды, известные в структурах Полярного и Среднего Урала.

В позднем рифее геосинклиналь Полярного Урала была вовлечена в позднегеосинклинальный этап развития. Он зафиксирован накоплением базальт-андезитобазальтовой формации с комагматичными порфирированными телами габбро-диорит-гранодиоритовой формации, генерировавшими молибден-меднопорфирировые руды месторождения Лекын-Тальбей, рудопроявлений Солнечное, Диоритовое и др.

К этому же времени, вероятно, относится начало кратонизации рифейской геосинклинали. Этот процесс отражен в образовании гранитов Чашковской и Еланчиковской интрузий (юг Сысертско-Ильменогорского массива), а также серии мелких тел в южной части Адамовско-Мугоджарского срединного массива.

Важной металлогенической особенностью рифейского времени является синхронное образование стратиформных свинцово-цинковых объектов в платформенных комплексах и колчеданных – в геосинклинальных. Такая синхронизация, по-видимому, является закономерной. Так, Г. В. Ручкин [1984], анализируя условия размещения стратиформных полиметаллических месторождений докембрия, отмечает следующее. В геосинклинальных структурах рифея, обрамляющих Сибирскую платформу, размещены колчеданно-полиметаллические месторождения (Холоднинское, Горевское и ряд других), а в одновозрастном платформенном карбонатном чехле – стратиформные свинцово-цинковые месторождения (Таборное, Ново-Анайское). Близкая ситуация проявлена на Северо-Американской платформе: рифейское колчеданное месторождение Дактаун является одновозрастным стратиформным свинцово-цинковым объектом района Балмат-Эдуардс. Подобная ситуация имела место и в раннем палеозое, что будет отражено ниже.

Венду-раннему кембрию отвечает, по-видимому, кратонизация большей части докембрийского Урала. Только в современной осевой зоне, на западном склоне и на севере Челябинско-Суундукского срединного массива продолжалась накопление существенно терригенных мелководных платформенных осадков, вмещающих тела трахибазальтов, щелочных базальтов, кимберлитов, даек диабазов и габбро-долеритов траппового типа, а также Троицкий массив сиенитов. Магматические тела располагаются также и в пределах стабилизированных площадей, фиксируя их тектоно-магматическую активизацию.

В литофонде вендских осадков в значительных объемах присутствуют тиллиты (спарагмитовая формация), представляющие собой литифицированные метаморфизованные моренные отложения. Это обстоятельство свидетельствует о проявлении на Урале лапландского оледенения. Как известно, оно охватывало обширные пространства Земли и по своей интенсивности и масштабу сопоставимо с позднекайнозойским ледниковым периодом.

Минерализация меди, цинка, свинца в вендских терригенных отложениях на Урале не известна. Однако в тиллитах эокембрия (т. е. венда) Скандинавии расположены стратифицированные свинцовые и свинцово-цинковые месторождения, в том числе одно из крупнейших в Европе – Лайсвалль [Минеральные..., 1982]. Преимущественно вкрапленные руды этих месторождений, содержащие 4-5 % свинца, 0,3-1,2 % цинка, 10-30 г/т серебра, залегают, как правило, в чистых кварцевых песчаниках, выклиниваясь в глинистых песчаниках и глинистых сланцах. Генетическая природа этих месторождений остается невыясненной; допускается их определенная ана-

логия с медистыми песчаниками, хотя и без признаков существования восстановительных барьеров [Густафсон, Уильямс, 1987]. Такие объекты иногда называют «свинцовистыми» песчаниками. Представляется, что при изучении и картировании площадей распространения вендских терригенных отложений подобное обстоятельство следует иметь в виду.

Этому же времени отвечает орогенное развитие полярноуральского сегмента рифейской геосинклинали. Оно зафиксировано накоплением пестроцветной молассы, ассоциированной с риолитовой и гранит-риолитовой формациями, которым свойственна жильная медно-свинцово-цинковая минерализация с сопутствующими ураном и редкими землями (рудопроявления Предгорное, Изъяхойское и др.). Дайко- и штокообразные тела порфировых гранитоидов проявлены также и в пределах стабилизированных площадей, в частности на обрамлении Кожимского срединного массива. Как и в случае проявления на этих площадях щелочных базальтов и щелочных ультраосновных ассоциаций, гранитоиды фиксируют их тектоно-магматическую активизацию. Помимо гранитоидов субвулканического уровня, вендская (венд-раннекембрийская) тектоно-магматическая активизация выражена также внегеосинклинальной гранодиорит-гранитовой формацией массива Мань-Хамбо и более мелких тел [Андреичев, 1999; Махлаев, 1997; О возрасте и генезисе..., 1997], хотя не исключено, что некоторые из них имеют раннепалеозойский возраст.

Таким образом, вендская (венд-раннекембрийская) тектоно-магматическая активизация была обусловлена двумя причинами: на севере Урала она является отражением орогенного развития рифейской геосинклинали, а на остальной территории – отражением платформенного магматизма.

О палеотектонической обстановке второй половины раннего кембрия можно судить лишь по двум фрагментарным проявлениям археоциатовых известняков на Южном Урале – в районе г. Медногорска и на р. Санарке. Они могут свидетельствовать о существовании в это время теплого неглубокого моря. Судя по Атласу палеогеографических карт СССР [1969], это море являлось краевой частью более обширного эпиконтинентального бассейна, располагавшегося на территориях Сибирской платформы и Казахстанской складчатой страны.

Таким образом, к началу кембрия на всем Урале была образована континентальная кора. Отсутствие на Урале отложений среднего и большей части позднего кембрия позволяет допустить, что это время отвечало стоянию докембрийской платформы.

3.2. Ордовик – силур – ранний девон

Палеотектоническая (геодинамическая) обстановка конца кембрия – начала ордовика ознаменовалась крупными геологическими и металлогеническими событиями – это время заложения Уральской палеозойской геосинклинальной системы, формирования палеозойского платформенного чехла и тектоно-магматической активизации стабилизированных областей (рис. 34, Б).

Геосинклинальная система Урала была образована в результате деструкции континентальной коры, сформированной в период допалеозойского развития. Эта деструкция обеспечила раскрытие системы разномасштабных рифтов с новообразо-

ванной корой океанического типа. Об этом свидетельствует наличие почти во всех структурах этого времени раннепалеозойских офиолитов.

Наиболее полное раздробление континентальной коры произошло в тектонически напряженной зоне, отвечающей области сочленения рифейской платформы и рифейской геосинклинали и к которой было приурочено некогда единое тело габбро-гипербазитового состава. Именно в этой области развились протягивающиеся почти на 2,5 тыс. км Щучьинско-Тагильский и Сакмарский (Кракинско-Медногорский) вулканические пояса и сопряженные с ними зоны Западно-Магнитогорского вулканического пояса, которые являются основными структурами рассматриваемого времени. Менее масштабными являются структуры юго-восточной части современного Урала (Катенинский, Октябрьско-Денисовский вулканические пояса, Колпаковская, Биргильдинско-Поляновская и другие зоны). Они отделены от названных выше основных структур крупными стабилизированными территориями, частично перекрытыми каледонским терригенным чехлом. Если позиция этих структур представляется достаточно ясной, то положение Щучьинской зоны на Полярном Урале может быть интерпретированы двояко. Эта зона сложена, как известно, рядом геосинклинальных формаций тагильского типа. Судя по обрамляющим эту зону альпинотипным ультрамафитам и габбро, залегающим в основании геосинклинального разреза, можно допустить, что она была шарьирована через Харбейский срединный массив. Другой вариант может заключаться в следующем. Тагильский сегмент на уровне южного окончания Харбейского срединного массива расщепляется на две ветви. Одна из них в виде Орангской зоны обрамляет этот срединный массив с запада и протягивается почти меридионально на север. Другая ветвь развивается южнее и юго-восточнее Харбейского массива и является современной Щучьинской зоной. Таким образом, здесь также может быть проявлена структура типа «тройных точек», как было показано в разд. 2.2.1 для Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса. Автору представляется этот вариант объяснения позиции Щучьинской зоны более вероятным.

Среди каледонских вулканических поясов и зон Урала могут быть выделены три группы, различающиеся характером и полнотой формационных рядов и металлогеническими особенностями.

К структурам первой группы относятся Щучьинско-Тагильский и Сакмарский (Кракинско-Медногорский) вулканические пояса и сопряженная с ними западная часть Западно-Магнитогорского пояса (с Присакмарской, Баймак-Бурибаевской и Ирендыкской зонами). Для них характерно широкое развитие офиолитов, в том числе крупных массивов ультрамафитов и полный ряд геосинклинальных формаций. Металлогенические особенности этих структур реализованы в крупных скоплениях хромитов, большом количестве колчеданных месторождений преимущественно уральского типа (хотя известны объекты и других типов), меднопорфировых месторождениях и проявлениях боцекульского типа.

Структуры второй группы представлены Катенинским и Октябрьско-Денисовским вулканическими поясами, а также Рефтинской и Большаковской зонами. В этих структурах также развиты офиолиты, в составе которых ультрамафиты образуют лишь мелкие линзовидные массивы, а ряд геосинклинальных формаций в них редуцирован (полное или почти полное отсутствие дифференцированных формаций). Соответственно, хромиты и колчеданные руды в них не известны, медно-

порфиновые проявления, как и в структурах первой группы, относятся к бошекульскому типу.

К третьей группе отнесены Колпаковская и Биргильдинско-Поляновская зоны, в которых отсутствуют офиолиты, преобладают дифференцированные формации, а устанавливаемые в ряде случаев вулканиты базальтовой формации имеют черты дифференциации в промежуточных очагах (Биргильдинско-Поляновская зона). В этих зонах совмещены колчеданные и меднопорфиновые месторождения и рудопроявления, причем первые из них относятся к рудноалтайскому (куроко) типу, а вторые – к майданпекскому.

В приведенной типизации каледонских геосинклинальных структур Урала отражена различная степень раздробления допалеозойской континентальной коры.

Рассмотрим подробнее особенности развития каледонских структур Урала.

В позднем кембрии – начале ордовика в Щучьинско-Тагильском и Сакмарском (Кракинско-Медногорском) поясах накапливалась терригенно-олигомиктовая формация, содержащая местами линзовидные потоки афировых толеитовых базальтов. Синхронно на платформе началось отложение фалаховой формации, открывающей образование ее палеозойского осадочного чехла, а также терригенный чехол стабилизированных территорий.

Ранний-средний ордовик – это эпоха формирования офиолитов, наиболее масштабно проявившаяся в структурах первой группы. Важную роль в офиолитах играют ультрамафиты, слагающие три протяженных пояса: Райизско-Салатимский, Серовско-Маукско-Халиловский и Кракинско-Кемпирсайский (в районе Кемпирсайского массива два последних пояса смыкаются). Этому времени отвечает образование крупных скоплений хромитов, наиболее значительные из которых сосредоточены на Кемпирсайском и Рай-Изском массивах.

В кремнисто-сланцево-базальтовых комплексах офиолитовых ассоциаций образовались первые палеозойские колчеданные месторождения, относящиеся к кипрскому типу (Ишкининское, Ивановское, Дергамышское, Маукское, Колюшинское, Медногорское в Присакмарской зоне Западно-Магнитогорского пояса, а также Пышминско-Ключевское – в его среднеуральском продолжении). В Орангской зоне (современная северная часть Щучьинско-Тагильского пояса) продолжалось накопление терригенно-олигомиктовой формации, в связи с которой образовано Нижне-Талотинское колчеданно-полиметаллическое месторождение (филизчайский тип).

На платформе накапливались отложения алевролитово-аргиллитовой формации, местами с пестроцветными отложениями, содержащими медистые песчаники (Саурипейское, Падьягамусюрское рудопроявления).

В среднем – позднем ордовике в Щучьинско-Тагильском и Сакмарском вулканических поясах продолжались трещинные излияния афировых толеитовых базальтов, чередующихся с углисто-глинисто-кремнистыми осадками. Вероятно, к этому же времени относится начало тектонической передислокации массивов платиноносной ассоциации. На платформе терригенный литогенез сменился терригенно-карбонатным, в том числе с доломито- и эвапоритообразованием. На этом возрастном уровне образованы стратиформные свинцово-цинковые (Саурейское месторождение, Кожимское, Бойцовское и другие рудопроявления), а также осадочные железо-марганцевые (Парнокское, Верхне- и Нижне-Чувальское месторождения) руды.

В конце ордовика – начале силура началось постепенное закрытие рифтов, растяжение сменилось сжатием. В Щучьинско-Тагильском и Сакмарском вулканических поясах этот процесс привел к накоплению дифференцированных колчеданосных формаций. Вулканикам кислого и умеренно кислого состава свойственны как черты дифференциатов толеитового базальтового расплава, так и черты гибрида, обусловленного взаимодействием этого расплава с веществом земной коры. Это предопределило образование колчеданных месторождений различных типов, а именно уральского – в первом случае (Тарньерско-Шемурский, Тагило-Красноуральский, Левихинско-Карпушихинский, Медногорский рудные районы), рудно-алтайского (куроко) – во втором (Валенторский рудный район, Павдинская группа рудопроявлений). Такие обстановки позволяют допустить, что даже в условиях раскрытия рифта в нем сохранились блоки континентальной коры, переработанные базальтовой магмой. Наиболее отчетливо это отразилось на составе руд Валенторского месторождения, «сиаличность» которых выражена повышенными, по сравнению с другими месторождениями, содержаниями свинца (0,24 % в среднем по месторождению, до 0,4 % в отдельных рудных телах), а также высоких содержаниях молибдена (в среднем 0,12 %). В рудах месторождения Яман-Касы (Медногорский рудный район) В. В. Масленниковым [Масленников, 1997] обнаружена «оруденелая» фауна, представленная трубчатыми червями, беззамковыми брахиоподами, вестиментиферами. Признаки присутствия такой фауны установлены также на Комсомольском, Красногвардейском и Левихинском месторождениях. Это позволило В. В. Масленникову сопоставить древние условия колчеданообразования с обстановками накопления сульфидных руд в современных океанах. С позднеордовикско-раннесилурийским колчеданообразованием сопряжена, по-видимому, сульфидная минерализация Волковского месторождения. Его альтернативная модель изложена выше. В Присакмарской зоне вплоть до начала девона продолжалось накопление кремнисто-базальтовых комплексов, а на платформе – карбонатных отложений.

Стабилизированные области испытали тектоно-магматическую активизацию, выразившуюся в образовании миаскит-карбонатитовой ассоциации Вишневых и Ильменских гор, а также трахибазальт-трахириолитового билимбаевского комплекса. Особенности состава и строения активизационных щелочных комплексов Урала рассмотрены В. Я. Левиным с соавторами [Щелочно-карбонатитовые..., 1997].

В середине раннего силура тип, характер и режим магматизма изменились существенным образом. В Щучьинско-Тагильском поясе и во всех вулканических зонах второй группы на этом рубеже произошла смена раннегеосинклинального режима позднегеосинклинальным. Субмаринный толеитовый базальтовый вулканизм сменился известково-щелочными базальт-андезитобазальтовыми ассоциациями. В ходе этого магматизма формировались протяженные на сотни километров вулканические гряды, периодически возвышавшиеся над уровнем моря в виде цепей вулканических островов. Характерны существенно эксплозивный вулканизм центрального типа, синхронное разрушение и размыв его продуктов, накопление на склонах и в межвулканических понижениях туфо-турбидитных отложений, а на окраинах и у подножий вулканических гряд – рифовых массивов. В центральных частях этих гряд формировались малоглубинные гранитоиды габбро-диорит-гранодиоритовой формации, обеспечившие образование первых в палеозойской истории Урала меднопорфировых проявлений, относящихся к бошекульскому типу

(Андрюшинское, Пелым-Чакурское и др. – в Тагильском сегменте, Подовинное, Спиридоновское, Фестивальное – в Октябрьско-Денисовском поясе).

К этому же возрастному уровню в Колпаковской и Биргильдинско-Поляновский зонах в связи с дифференцированным вулканизмом относится ряд мелких колчеданно-полиметаллических месторождений: Колпаковское, Биксизак и ряд других.

Такая палеотектоническая обстановка продолжалась до начала раннего девона.

Вероятно, в середине силура произошло окончательное становление массивов Платиноносного пояса в положение, близкое к современному.

Конец силура – первая половина раннего девона отмечены резко дифференцированным развитием вулканических поясов и зон. Щучинско-Тагильский и Сакмарский пояса перешли к платформенному (континентальному) развитию: на стабилизированном эвгеосинклинальном субстрате были сформированы мульды, выполненные терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовыми образованиями с комагматичными вулканитам телами сиенитов и сиенодиоритов габбро-сиенитовой формации. Характерной чертой металлогении этой сложной терригенно-карбонатно-вулкано-интрузивной ассоциации являются магнетитовые руды Тагило-Кушвинского рудного узла. Как показали Я. П. Белевцев, А. П. Бухаров, Б. А. Попов, А. И. Усенко (1981, 1982), месторождения этого района являются полигенными: изначально стратиформные вулканогенно-осадочные железозапасные залежи были регенерированы и скарнированы малоуглубинными интрузиями вулкано-интрузивной ассоциации. Синхронно с накоплением железных руд в терригенно-карбонатной части разреза образованы стратиформные вулканогенно-осадочные железо-марганец-(±барит)-полиметаллические проявления (Сапальское, Липовское, Казанское месторождения), сопоставленные автором со свинцово-цинковыми месторождениями атасуйского типа. На ряде из этих объектов также проявлены процессы регенерации и скарнирования.

Западно-Магнитогорский пояс приобрел черты островодужной зональности. В Присакмарской зоне завершилось накопление кремнисто-базальтовых комплексов. Обособилась внутренняя Баймак-Бурибаевская зона с вулканитами дифференцированных колчеданосных формаций. Она состоит из двух блоков. В северном – Тубинско-Баймакском – развита базальт-андезит-дацит-риолитовая формация с колчеданно-полиметаллическими месторождениями рудноалтайского (куроко) типа (Баймакская группа). В южном – Акъяр-Бурибаевском – с вулканитами базальт-риолитовой формации ассоциирует месторождение уральского типа (Юбилейное, Бурибайское). Близкая ситуация имеет место и на Среднем Урале. В структурах с базальт-риолитовыми вулканитами, находящимися в позиции Баймак-Бурибаевской зоны, расположены Зюзельское месторождение и Калатинская группа колчеданных месторождений. Между Салдинским и Верх-Исетским срединными массивами обособлен блок с непрерывно дифференцированными вулканитами, вмещающими Красноборско-Горельскую группу колчеданно-полиметаллических проявлений, состав руд которых чрезвычайно напоминает Баймакские. Такие соотношения свидетельствуют о том, что и при формировании Западно-Магнитогорского вулканического пояса в его субстрате сохранились блоки континентальной коры.

На восточных флангах колчеданосных структур заложилась Ирландская вулканическая гряда и ее аналоги на Среднем Урале в виде Полевской, Шу-

ралинской мульды, а также ареала распространения пород кунгурковской свиты. Эти структуры, образованные существенно пирокластическими накоплениями базальт-андезитобазальтовой формации, туфо-турбидитными отложениями и рифогенными известняками, по своей позиции отвечают барьерной зоне в структуре островной дуги. Здесь ситуация принципиально повторяет такую же, имевшую место во второй половине силура в среднеуральской части Щучьинско-Тагильского пояса, где формационно та же ассоциация расположена на восточных флангах колчеданосных зон позднего ордовика-раннего силура. Накапливавшиеся на флангах Ирландской гряды вулканогенно-терригенные фации перекрывали стабилизированные колчеданосные зоны, как это проявлено на Юбилейном месторождении на Южном Урале, а также на Среднем Урале (отложения, слагающие Полевскую и Шуралинскую мульды, перекрывают колчеданосные комплексы с Зюзельским и Калатинскими месторождениями). Базальт-андезитобазальтовый вулканизм завершился внедрением малых порфировых тел диоритов и габбродиоритов, обладающих двойственностью металлогенических особенностей. В тех условиях, когда эти интрузии формировались в вулканогенных разрезах центральных частей зоны, они содержат меднопорфировое оруденение бошекульского типа (месторождения Салаватское, Вознесенское). Те же интрузии, внедренные в карбонатно-терригенно-вулканогенные отложения, перекрывающие колчеданосные структуры баймак-бурибаевского уровня, привели к образованию медно-скарновых объектов (месторождения Гумешевское, Алексеевское, Ново-Алексеевское) за счет регенерации ранее образованных колчеданных руд. Кроме того, ирландский вулканизм способствовал регенерации и тектонической передислокации ранне-среднеордовикских месторождений кипрского типа (Пышминско-Ключевское, Медногорское, Колюшинское).

В Биргильдинско-Поляновской зоне дифференцированный вулканизм, генерировавший колчеданно-полиметаллическое оруденение, завершался внедрением гиповулканических порфировых гранитоидов. В связи с ними образованы меднопорфировые месторождения и рудопроявления майданпекского типа (Биргильдинско-Томинская группа).

На платформе продолжалось карбонатное осадконакопление с мелкими свинцово-цинковыми рудопроявлениями типа Уткинского и некоторых других.

Щучьинско-Тагильский и Сакмарский вулканические пояса и западная часть Западно-Магнитогорского пояса являются элементами глобального Уральско-Скандинавско-Аппалачского каледонского металлогенического пояса, развивавшегося на обрамлениях Восточно-Европейской и Северо-Американско-Гренландской платформ. В мезозое этот пояс был разорван в ходе образования Атлантического океана. Из общего количества позднекаледонских (ордовик-силур-раннедевонских) колчеданных месторождений мира около 85 % относятся именно к этому поясу [Контарь, 1997, 2002].

Исследования К. Б. Сеславинского [1975; 1978], А. Н. Храмова с соавторами [Палеомагнитология, 1982], Б. Я. Дембовского с соавторами [Ордовик..., 1990], И. А. Свяжиной и Р. А. Коптевой [1996] показали, что в рассматриваемое время Урал находился в приэкваториальном поясе с присущими ему климатическими особенностями и имел субширотную ориентацию. Об этом свидетельствуют как палеомагнитные, так и геологические данные. К первым из них относятся нанесен-

ные на палеометаллогеническую схему ордовика-силура-раннего девона (см. рис. 34, Б) палеошироты (по данным И. А. Свяжиной), а также рис. 35, ко вторым – доломитовый литогенез на платформе и сопряженные с ним эвапориты; наличие крупных рифовых массивов, развитых как на платформе, так и в геосинклинальных вулканических поясах. Известно, что наиболее интенсивное молодое и современное рифообразование происходит между северным и южным тропиками, и оно затухает к 30° северной и южной широты. Исходя из принципов актуализма такие обстановки могут быть транслированы в ранний палеозой.

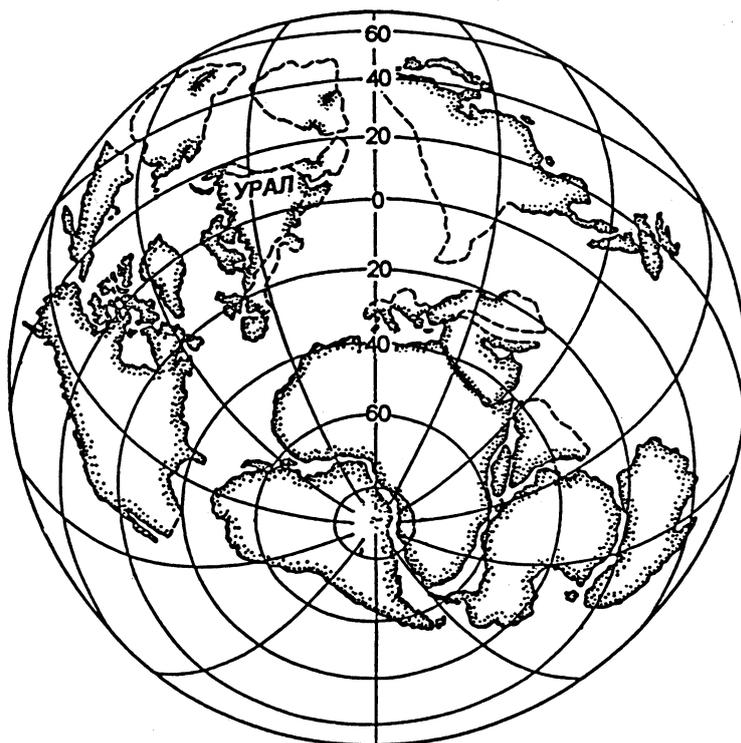


Рис. 35. Глобальная геодинамическая реконструкция для позднего силура по палеомагнитным данным (по А. Н. Храмову)

Подводя итоги рассмотрения палеотектонического (геодинамического) развития и металлогенических особенностей Урала в раннем палеозое, целесообразно подчеркнуть следующее.

1. Геосинклинальный магматизм и рудообразование происходили в относительно узких структурах, разделенных стабилизированными территориями, в ряде случаев перекрытыми терригенным чехлом. Максимальная ширина таких структур не превышает 120 км. Такая ситуация ограничивает возможность допущения на Урале океанических пространств шириной в 1,5-2 тыс. км. Общая современная ширина всех каледонских геосинклинальных структур, включая разделяющие их стабилизированные области, от западного ограничения Сакмарского (Кракинско-Медногорского) пояса до восточного ограничения Октябрьско-Денисовского, составляет 350-370 км. Если эта величина за счет более молодых деформаций является сокращенной вдвое, то первоначальная ширина этих структур составит 700-750 км. К. С. Иванов [1998] ширину ордовикского океана оценивает в 600-800 км.

Из известных современных бассейнов, находящихся в тыловых частях островных дуг, такую или близкую ширину имеют наиболее узкие части Охотского, Японского, Восточно-Китайского, Карибского и некоторых других морей.

2. Отсутствие океана в его типовом выражении ограничивает возможность интерпретации геосинклинальных структур в качестве островодужных. В них развиты формации и зональность островодужного типа.

3. Имела место хронологическая сопряженность заложения геосинклинальных вулканических поясов и зон, перерыва на платформе и тектоно-магматической активизации стабилизированных областей.

4. Урал находился в экваториальном поясе и занимал субширотное положение.

5. Как и в позднем докембрии, происходило синхронное образование колчеданных и стратиформных свинцово-цинковых месторождений. Подобная обстановка известна, в частности, на Северо-Американском континенте, где ордовикские колчеданные месторождения Аппалачей одновозрастны стратиформным свинцово-цинковым месторождениям рудного района Маскот-Джефферсон-Сити.

3.3. Ранний-средний-поздний девон

Для девонского времени характерно нарастание степени дифференцированности палеотектонических (геодинамических) режимов (рис. 36, А).

Каледонские структуры в рассматриваемое время полностью перешли к платформенному (континентальному) развитию. Об этом свидетельствуют следующие данные. В Щучьинско-Тагильском поясе существовал неглубокий эпиконтинентальный бассейн, в котором накапливались карбонатные толщи и образовывались пласты бокситов за счет перемыва латеритных кор выветривания; в Сакмарском (Кракинско-Медногорском) поясе была образована чанчарско-велиховская трахибазальт-трахит-габбро-сиенитовая вулкано-интрузивная ассоциация; аналогичная ситуация отмечается для Большаковской зоны, где также известны трахибазальт-трахитовые вулканы (краснокаменная толща) и комагматичные им интрузивные породы; в Присакмарской зоне был образован мостостроевский вулканический комплекс такого же состава.

В Октябрьско-Денисовском вулканическом поясе завершился базальт-андезитобазальтовый вулканизм, началось разрушение его продуктов и заполнение межвулканических понижений туфо-турбидитными накоплениями.

Важным геологическим событием, приведшим к крупным металлогеническим последствиям, является заложение и развитие девонских вулканических поясов и зон, в которых сосредоточены основные объемы колчеданных руд Урала. Именно эти объекты явились прототипом для выделения уральского типа колчеданных месторождений и колчеданосных провинций. Из общих мировых объемов колчеданных руд среднедевонского возраста на Урале сосредоточено: руды – 58 %, меди – 77 %, цинка – 40 %, свинца – 11 % [Контарь, 1997, 2002].

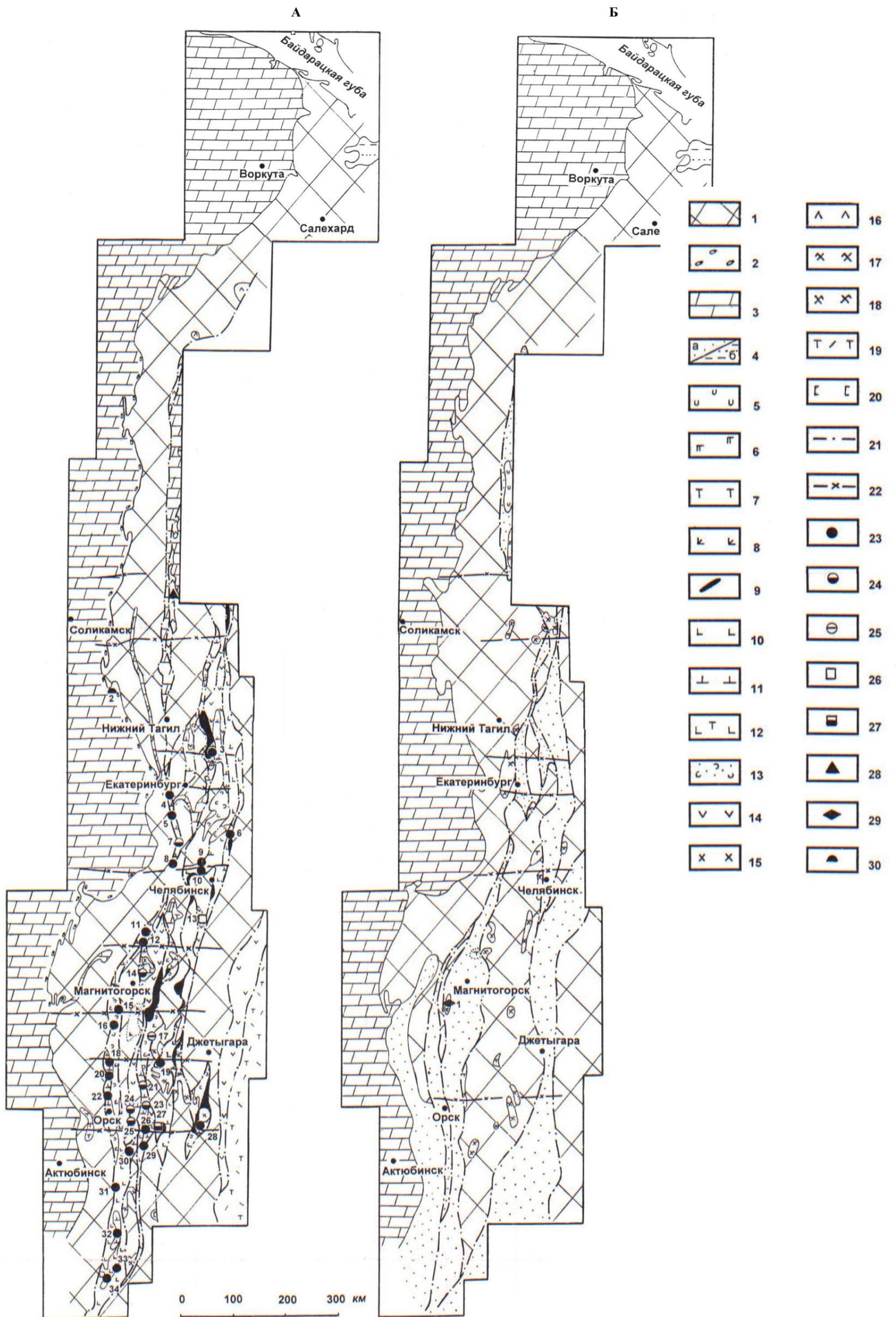


Рис. 36. Палеометаллогеническая схема Урала:
 А – ранний-средний-поздний девон; Б – поздний девон-ранний карбон

В Западно-Магнитогорском поясе на восточном фланге стабилизированной Ирландской гряды заложилась новая колчеданосная структура – Истамгулово-Сибайская (Сибай-Гайская) зона. Ее продолжением на Среднем Урале является узкая полоса вулканитов, вмещающая Дегтярское и Чусовское месторождения. Кулисно по отношению к ней расположен Медведевский вулканогенный трог. Истамгулово-Сибайская (Сибай-Гайская) зона образована системой изометричных и линейных троговидных вулканогенных депрессий, выполненных среднедевонскими дифференцированными вулканитами (карамалыташская свита и ее аналоги), обеспечившими образование таких колчеданных месторождений, как Гайское, Подольское, Сибайское, Учалинское, Карабашской и Верхнеуральской групп и других. Стратиграфически выше и на флангах колчеданосных систем расположены кремнисто-яшмовые толщи бугулыгырского горизонта с кремнисто-марганцевыми рудами (Северо-, Южно-Файзулинское, Тетраук, Кусимовское, Клевакинское, Репино-Круторожинское и другие).

В раннем – среднем девоне был заложен Восточно-Магнитогорский пояс, также обладающий чертами зональности островодужного типа. Наличие в субстрате северной половины этого пояса континентальной коры обусловило преимущественно полиметаллический состав руд расположенных здесь колчеданных месторождений (Александринское, Западно-Ащевутацкое, Джусинское, Барсучий Лог и др.), близких объектам рудноалтайского (куроко) типа. Восточно-Магнитогорский пояс в своей южной части (примерно на широте Орска – Домбаровки) трансформируется в систему узких щелевидных трогов, пересекающих Адамовско-Мугоджарский срединный массив. Они выполнены контрастно дифференцированными колчеданосными вулканитами, в которых базальтоиды резко преобладают над кислыми и умеренно кис-

Условные обозначения к рис. 36

1 – стабилизированные области; 2-18 – формации осадочных, вулканических и интрузивных пород: 2-6 – платформенные (2 – фалаховая, 3 – карбонатная, 4а – граувакковая, 4б – алевролит-аргиллитовая, 5 – трапповая, 6 – интрузивных траппов (габбродолеритовая), 7 – трахибазальт-трахит-габбро-сиенитовая ассоциация, 8 – трахибазальтовая); 9-10 – начальноеосинклинальные (9 – альпинотипных ультрамафитов и габбро, 10 – базальтовая); 11-13 – раннегеосинклинальные (11 – базальт-риолитовая и базальт-андезит-дацит-риолитовая, 12 – базальтовая и базальт-риолитовая нерасчлененные, 13 – терригенно-вулканомиктовая); 14-15 – позднегеосинклинальные (14 – базальт-андезитобазальтовая, 15 – габбро-диоритовая); 16-20 – тектоно-магматической активизации (16 – трахибазальт-трахиандезит-габбро-монцодиорит-лейкогранитная ассоциация, 17 – тоналит-гранодиоритовая, 18 – тоналит-гранодиоритовая, 19 – трахириолитовая, 20 – нефелиновых сиенитов); 21 – главные тектонические нарушения; 22 – поперечные расколы фундамента; 23-30 – месторождения и рудопроявления меди, цинка, свинца: 23-25 – колчеданные (23 – уральского типа, 24 – типа куроко, 25 – филизчайского типа); 26-27 – меднопорфировые (26 – бошекульского типа, 27 – майданпекского типа); 28 – медно-скарновые, 29 – медно-никелевые; 30 – стратиформные свинцово-цинковые.

Месторождения и рудопроявления (А: 1- Краснотурьинская группа, 2 – Вильвенский рудник, 3 – Сафьяновское, 4 – Дегтярское, 5 – Чусовское, 6 – Султановское, 7 – Северо- и Южно-Кузнечихинское, 8 – Карабашская группа, 9 – Тептярги, 10 – Касаргинское, 11 – Учалинское и Ново-Учалинское, 12 – Узельгинское рудное поле, 13 – Зеленый Дол, 14 – Александринское, 15 – Бакр-Узяк, 16 – Сибайское, 17 – Амурское, 18 – Октябрьское и Маканское, 19 – Айдырлинское, 20 – Подольское и Северо-Подольское, 21 – Джусинское, 22 – Гайское и Южно-Гайское, 23 – Барсучий Лог, 24 – Иссыргужинское, 25 – Ащевутацкое, 26 – Летнее и Осеннее, 27 – Еленовское, 28 – Светлинское, 29 – Весенне-Аралчинское, 30 – Авангард, 31 – Лиманное, 32 – Кундыздинское, 33 – Джангана, 34 – Джиланда; Б: 1 – Худолозовская группа)

лыми породами. Наиболее известным из этих структур является Балкымбайский трог, протягивающийся почти на 220 км и в своей южной части сопрягающийся с Западно-Магнитогорским поясом. В «голове» этого трога были сформированы медно-цинковоколчеданные месторождения Среднеорско-Домбаровского рудного района (Весенне-Аралчинское, Осеннее, Летнее, Авангард, Приорское, им. 50-летия Октября и ряд других), относящиеся к уральскому типу.

В структуре Восточно-Магнитогорского пояса очень четко выражена барьерная Гумбейская зона, сложенная вулканитами базальт-андезито-базальтовой формации, обнимающей общий возрастной диапазон от конца раннего девона по франкий век. Здесь она занимает примерно то же положение, что Ирендыкская зона в Западно-Магнитогорском поясе и Именновская – в Тагильской части Щучьинско-Тагильского пояса.

Колчеданосные структуры обособляются на фоне Гумбейской зоны в виде трех изолированных сегментов – Александринского, Теренсайско-Карабутацкого и Ащевутацкого. На восточном фланге Гумбейской гряды образован флишевый прогиб, выполненный углисто-глинисто-карбонатно-кремнисто-вулканомиктовыми отложениями, вмещающими стратиформные цинковоколчеданные залежи Амурского месторождения (филизчайский тип).

В рассматриваемое время был заложен и прошел весь путь геосинклинального развития Каменский вулканический пояс. В нем проявлен полный ряд геосинклинальных формаций, среди которых среднедевонская базальт-риолитовая вмещает Сафьяновское, Султановское, Касаргинское колчеданные месторождения. Протягиваясь в меридиональном направлении, пояс на уровне северного окончания Челябинско-Суундукского срединного массива расщепляется на две ветви. Одна из них прослеживается далее на юг вдоль восточного ограничения этого массива; другая окаймляет его с севера и запада. Обе ветви, видимо, смыкаются в районе южного окончания Биргильдинско-Поляковской зоны, где локально проявлен базальт-риолитовый вулканизм с Поляновским колчеданно-полиметаллическим рудопроявлением и более широко представлены франские базальт-андезитобазальтовые вулканиты. Более южный «след» Каменского вулканического пояса представлен серией разломов, заключающих тела альпинотипных ультрамафитов в Челябинско-Суундукском срединном массиве. Еще южнее проявления девонского вулканизма (в том числе среднедевонского колчеданосного) представлены в локальных вулканических зонах – Айдырлинской (с одноименным месторождением), Еленовско-Кумакской, Буруктадьско-Кундыбаевской (со Светлинским месторождением). Накопление среднедевонских дифференцированных формаций завершилось становлением малых порфировых тел гранитоидов, несущих меднопорфировое оруденение (Еленовское месторождение, Алтынайская группа рудопроявлений).

Как и в каледонских, в среднедевонских колчеданных месторождениях также известна «оруденелая» фауна, впервые обнаруженная в 1947 г. С. Н. Ивановым на Сибайском месторождении, а позднее изученная В. В. Масленниковым [1997], кроме того, она встречена на Октябрьском и Сафьяновском месторождениях.

Важным элементом строения девонских вулканических поясов и зон являются разномасштабные массивы хромито- и асбестоносных альпинотипных ультрамафитов. К их числу относятся: Алапаевский, Режевской, Останинский, Баженовский, приуроченные к разлому, ограничивающему Каменский пояс с запада;

Муслюмовский, Касаргинский и ряд мелких тел на восточном, северном и западном обрамлениях Челябинско-Суундукского срединного массива; Успенковский, Варшавский, Каменнодольский, Верблюжьегорский и другие – в теле этого массива; Киёмбаевский – в Еленовско-Кумакской зоне; Буруктальский – в Буруктальско-Кунды-баевской зоне; Куликовский и другие – в зоне Кацбахского разлома, ограничивающего с востока Восточно-Магнитогорский пояс.

Большинство этих массивов, за редким исключением, отнесены к раннему палеозою [Альпинотипные..., 1985]; в легенде Гостгеолкарты-200 нового поколения среднеуральские массивы альпинотипных ультрамафитов отнесены к ранне-среднему ордовику; близким образом датируются и более южные массивы. Одновременно признается наличие девонских инициальных толеитовых базальтов, открывающих формационный ряд геосинклинальных вулканитов в этих вулканических поясах и зонах. По-видимому, разрывать по возрасту единую офиолитовую ассоциацию, с которой начинается формирование геосинклинальных структур, вряд ли целесообразно. Раннедевонская офиолитовая ассоциация выделена А. Д. Штейнбергом (1971) в Восточно-Магнитогорском палеовулканическом поясе. Допущение раннепалеозойского (ранне-среднеордовикского) возраста альпинотипных ультрамафитов в девонских вулканических поясах и зонах предполагает, следовательно, наличие крупного перерыва продолжительностью 80-100 млн лет, который в этих структурах геологически не зафиксирован. Поэтому альпинотипные ультрамафиты в девонских вулканических поясах и зонах по возрасту должны «привязываться» к инициальным базальтам этих структур. Девонский возраст альпинотипных ультрамафитов допускается рядом исследователей [Альпинотипные..., 1985; Булыкин, Золоев, Малахов, 1998].

На рубеже среднего и позднего девона дифференцированный вулканизм в характеризуемых структурах сменился базальт-андезитобазальтовым. За исключением Гумбейской зоны, продукты этого вулканизма структурно оформлены недостаточно четко. Наиболее значимым металлогеническим выражением франского базальт-андезитобазальтового вулканизма и завершающих его малых диоритовых интрузий является меднопорфировое рудопроявление Зеленый дол в Биргильдинско-Поляновской зоне.

В Центрально-Магнитогорском срединном массиве вулканизм франского времени выражен извержениями оливинсодержащих пироксен-плаггиофировых андезитобазальтов, трахибазальтов и даже пикритоподобных пород [Вулканизм позднего..., 1987].

На границах девонских вулканических поясов и разделяющих их стабилизированных территорий расположены блоки и массивы карбонатных пород. Они известны южнее Сафьяновского месторождения, фрагментарно прослеживаются на северном и южном обрамлениях Сысертско-Ильменогорского срединного массива. Природа и положение этих образований являются дискуссионными: они рассматриваются либо в качестве элементов вулканогенно-осадочных разрезов, маркируя находящимися в них органическими остатками возраст вмещающих пород, либо в качестве экзотических блоков в тектонических зонах. Автору представляется вероятным, что эти ныне разрозненные карбонатные массивы представляют собой фрагменты некогда более обширного карбонатного чехла срединных массивов.

Девонский геосинклинальный магматизм привел к тектоно-магматической активизации стабилизированных областей. На Северном Урале вещественным выражением этого процесса является краснотурьинско-ауэрбаховская трахибазальт-трахиандезит-габбро-монцодиорит-лейкогранитная вулкано-интрузивная ассоциация с сопутствующими терригенными и карбонатными породами. В связи с этой ассоциацией находятся скарновые месторождения медных и железных руд Краснотурьинского и Ауэрбаховского районов. Источником металлов руд этих месторождений являлись расположенные стратиграфически ниже железоносная трахибазальт-трахитовая (туринская) ассоциация S_2-D_1 , колчеданосная базальт-риолитовая формация O_3-S_1 , а также раннепротерозойские образования, содержащие железистые кварциты. Другим проявлением отраженной тектоно-магматической активизации является борсуксайский комплекс щелочных и нефелиновых сиенитов в южной части Адамовско-Мугоджарского срединного массива. Абсолютный возраст (калий-аргоновые определения) 372 млн лет некоторых тел этих пород (З. А. Юриш, В. И. Федоров, В. В. Юриш, 1986) допускает такую интерпретацию их природы и положения. Кроме того, в пределах стабилизированных площадей образованы гранитоиды тоналит-трондьемитового ряда, близсинхронные началу девонского геосинклинального магматизма.

Время заложения девонских геосинклинальных вулканических поясов и зон совпадает со стратиграфическим перерывом на платформе. Он маркируется отложением пород фалаховой формации такатинской свиты, имеющей по существу общеуральское распространение. Выше расположены преимущественно карбонатные, в том числе карбонатно-рифовые отложения, вмещающие пласты бокситов и осадочных железных руд пашийского типа.



Рис. 37. Глобальная геодинамическая реконструкция для позднего девона по палеомагнитным данным (по А. Н. Храмову)

Палеогеографическая обстановка иллюстрируется рис. 37, из которого видно, что в позднем девоне Урал имел субширотную ориентацию и находился в северном субтропическом палеоклиматическом поясе. Для несколько более раннего времени можно допустить близкую ситуацию. Свидетельством этому являются карбонатно-рифовые массивы, проявления латеритного выветривания, размыв и переотложение продуктов которого привели к образованию бокситов, а также осадочные железные руды пашийского типа. Те и другие являются показателями гумидного климата [Бокситоносные..., 1987; Страхов, 1960, 1963].

Завершая рассмотрение палеотектонического (геодинамического) развития Урала в девонское время, подчеркнем следующее.

1. Как и в каледонских структурах, девонский геосинклинальный магматизм происходил в протяженных узких, сопряженных одних с другими поясах и зонах, разобщенных стабилизированными областями. Современная максимальная ширина каждого из таких поясов не превышает 80 км. Общая ширина всех девонских геосинклинальных структур, включая расположенные среди них стабилизированные блоки, составляет 220-230 км (на широте г. Орска). Допуская, как и для каледонид, что эта величина за счет более поздних деформаций является вдвое сокращенной, максимальное распространение девонских геосинклинальных образований может быть оценено в 450-500 км.

2. Как и для каледонид, отсутствие в девоне на Урале обширных океанических пространств накладывает определенные ограничения на интерпретацию геосинклинальных структур как островных дуг. В них развиты формации и зональность островодужного типа.

3. Как и для каледонид, в девоне хронологически сопряжены заложение вулканических поясов и зон, стратиграфический перерыв на платформе и тектономагматическая активизация стабилизированных областей.

4. Как и в каледонское время, в девоне Урал находился в субтропическом палеоклиматическом поясе и имел субширотную ориентацию.

5. Главным металлогеническим событием девонского времени является формирование колчеданных месторождений; субсинхронно с ними образованы месторождения марганца, бокситов, а также железных руд пашийского типа.

3.4. Поздний девон-ранний карбон, ранний-средний карбон, средний-поздний карбон-пермь

Фамен-раннее турне – это важная веха в палеозойской истории Урала (рис. 38, Б).

Именно с этого времени начинается его общая кратонизация. На значительных территориях Урала происходило накопление зилаирской (и ее аналогов) граувакковой формации (иногда ее называют граувакковым флишем). В ее литофонде присутствуют конгломераты, гравелиты, песчаники, углисто-глинистые сланцы с флористическими остатками и известняки с фаунистическими остатками. Эти породы отлагались в мелководном эпиконтинентальном бассейне, который в виде системы заливов располагался между обширными стабилизированными пространствами. Известно, что зилаирские отложения перекрывают не только девон-

ские геосинклинальные комплексы, но они с размывом залегают также и на образованиях

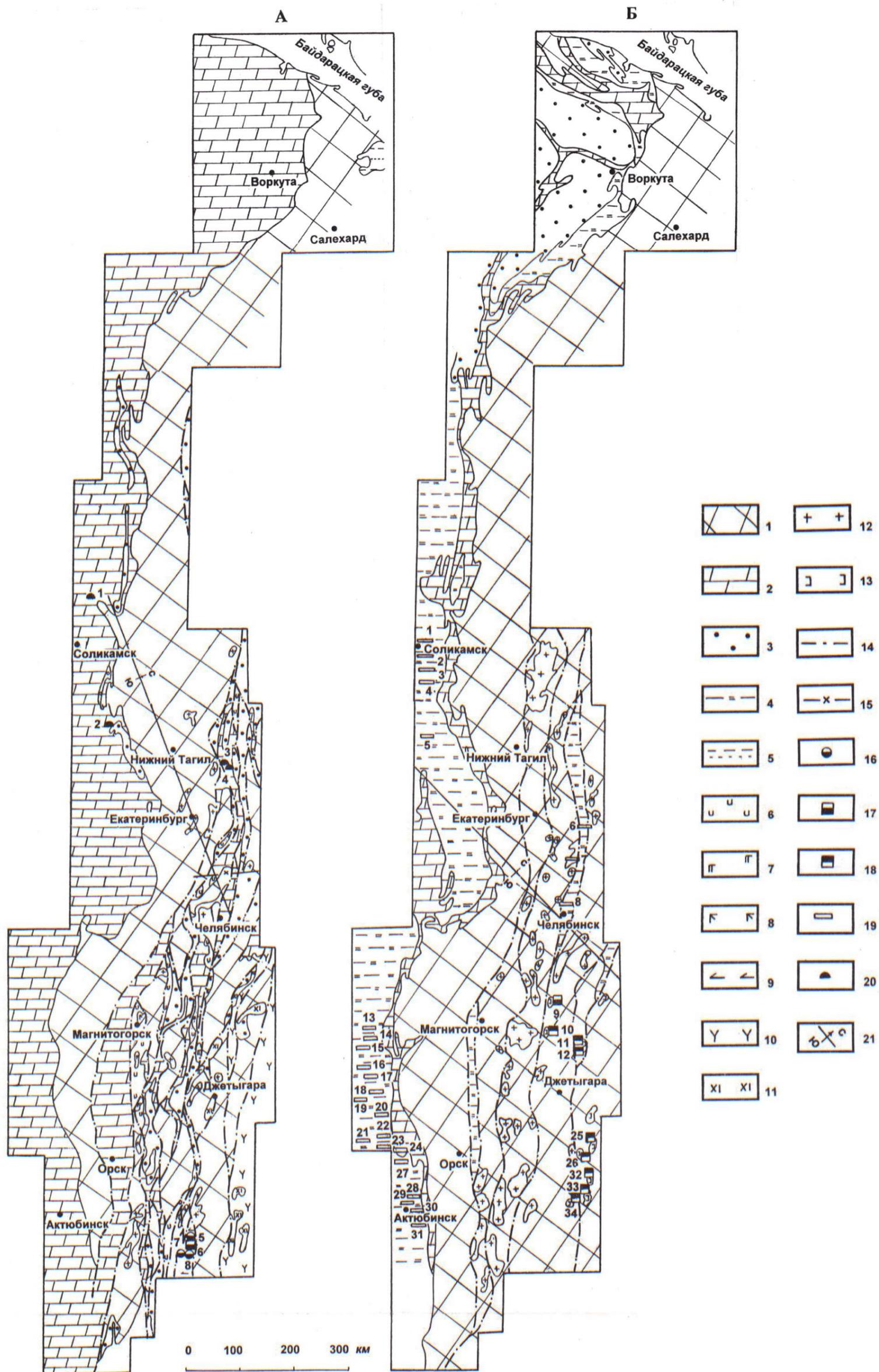


Рис. 38. Палеометаллогеническая схема Урала:
 А – ранний-средний карбон; Б – средний-поздний карбон – пермь

каледонского времени; скважинами глубокого бурения терригенные отложения этого возраста вскрыты в Северном Прикаспии. С осадочными породами ассоциируют вулканы трахибазальтового состава, а также трапповые комплексы, получившие позднее более широкое развитие. На современном западном склоне Урала продолжалось карбонатное осадконакопление.

Стабилизированные территории служили ареной тоналит-гранодиоритового магматизма, положившего начало массовому позднепалеозойскому гранитообразованию.

Охарактеризованная ситуация фамена-раннего турне весьма близка рассмотренной в работах Г. А. Смирнова и Т. А. Смирновой [1967, 1961]. Эти исследователи показали также, что, по крайней мере, в раннем турне Урал находился в гумидной тропической зоне.

Проявления меди, цинка, свинца на этом возрастном уровне не известны. Наиболее значимым металлогеническим событием фамен-раннетурнейского времени является образование золоторудных месторождений в связи с тоналит-гранодиоритовым магматизмом.

Палеотектоническая (геодинамическая) обстановка второй половины раннего и начала среднего карбона характеризовалась определенной двойственностью (рис. 38, А). С одной стороны, как и в фамене – раннем турне, на Урале существовали обширные стабилизированные области, а также понижения между ними. В стабилизированных областях проявлялся интрузивный магматизм гранодиорит-гранитового ряда. С другой стороны, особенности осадконакопления и вулканизма были существенно отличными от проявленных в зилаирское время.

Условные обозначения к рис. 38

1 – стабилизированные области; 2-13 – формации осадочных, вулканических и интрузивных пород: 2-8 – платформенные (2 – карбонатная, в том числе карбонатно-рифовая, 3 – угленосная, 4 – пестроцветные соле- и меденосная карбонатно-глинисто-песчаные, 5 – алевролит-аргиллитовая, 6 – трапповая, 7 – интрузивных траппов (габбро-долеритовая), 8 – габбро-граносиенитовая); 9 – геосинклинальные формации Иргизского палеовулканического пояса, нерасчлененные; 10-13 – тектоно-магматической активизации (10 – андезит-базальтовая, 11 – диорит-гранодиоритовая, 12 – группа гранитных, 13 – габбро-монцодиорит-граносиенитовая); 14 – главнейшие тектонические нарушения; 15 – поперечные расколы фундамента; 16-20 – месторождения и рудопроявления меди, цинка, свинца: 16 – колчеданные типа куроко, 17-18 – меднопорфировые (17 – майданпекского типа, 18 – близкие среднеазиатскому типу), 19 – медистые песчаники, 20 – стратиформные свинцово-цинковые; 21 – палеошироты соответствующего времени (А – 30° северной широты визе-серпуховского времени; Б – 20° северной широты позднекаменноугольного времени, по А. Н. Храмову).

Месторождения и рудопроявления (А: 1 – Бахаревское, 2 – Вашкарское, 3 – Николаевское, 4 – Ермаковское, 5 – Консор, 6 – Килемжайган II, 7 – Каракум, Кналыкколь, 8 – Килемжайган I; Б: 1 – Григорьевское, 2 – Дуринский рудник, 3 – Яйвинское, 4 – Челвинский участок, 5 – близ Верхнечусовских городков, 6 – скв. 150, 153, 7 – Синарское, 8 – у свх. Солнечный, 9 – Тарутинское, 10 – Михеевское, Западное, Новониколаевское, 11 – Александровское и Маслоковецкое, 12 – Баталинское и Красноармейское, 13 – Столяровское, Михайловское, 14 – Тереклинское, Воскресенское, 15 – Мелеузовский, Карагайский рудники, 16 – Мадоканское, Назаровское, 17 – Славянская деревня, 18 – Медные горы, 19 – Рудничный овраг, 20 – Чанкино, 21 – Кызыл-Обинское, 22 – Алабайталское, 23 – Сур-Куль, 24 – Карагашта, Джузбековское, 25 – Кункуздинское, 26 – Северо- и Южно-Бенкалинское, 27 – Кучук-Бай, 28 – Жаксы-Куросала и Петропавловское, 29 – Бутакское, 30 – Жаман-Карагшала, 31 – Джангутау, 32 – Кумкольское, 33 – Верхнее-Терисбулакское, 34 – Жалтыркольское, Бугетское, Северо-Бугетское, Дружба, Саркольское)

Во второй половине турне и самом начале визе Урал являлся ареной прибрежно-морского лагунно-континентального угленакопления. Угленосные отложения известны в двух территориально разобщенных площадях. Одна из них представлена на современном западном склоне (совпадающим с западным бортом обширной стабилизированной области) – это Кизеловский и Чусовской бассейны; другая – относится к современному восточному склону. Она выражена протягивающейся почти на 2 000 км системой угленосных бассейнов от Маньинского на севере до Берчогурского на юге. Являлись ли эти бассейны частями единой более обширной области угленакопления, деформированной поздними тектоническими движениями, или углеобразование происходило в узких, иногда изолированных понижениях – остается неясным. По некоторым данным, последнее является более достоверным. Так, Г. Ф. Крашенинников [1979] показал, что угленакопление происходило в предгорных и межгорных впадинах, располагавшихся на склонах палеоконтинентальных поднятий. В послеугленосных турнейских карбонатных отложениях современного западного склона находятся марганцевые проявления Шигрышской группы.

На этом же возрастном уровне (прослеживаясь и до конца визе) широко распространены вулканогенные и вулканогенно-интрузивные комплексы траппового типа, в том числе формировавшие Магнитогорское месторождение железных руд, а также малые интрузии диабазов, долеритов и габбродолеритов. С интрузивными базитами худолазовского комплекса на Южном Урале связана медно-никелевая минерализация норильского типа [Салихов, Пшеничный, 1984]. Следует подчеркнуть, что раннекаменноугольные вулканы, по мнению Д. С. Штейнберга и Б. А. Попова [1983], являлись проявлением общеуральской эпохи субплатформенного базальтового магматизма, и они аналогичны траппам раннего триаса.

Визе-серпуховско-башкирское время – это эпоха карбонатного осадконакопления, обусловленного великой визейской трансгрессией. Стратиграфические и палеогеографические исследования [Смирнова, 1957; Чувазов, Иванова, Колчина, 1984] показали, что Урал и примыкающие к нему части Восточно-Европейской платформы были покрыты неглубоким, однообразным по глубинам и типам осадков морским бассейном. Разномасштабные ареалы карбонатных отложений этого возраста известны, по существу, во всех структурах современного восточного склона Урала. Во многих случаях они совпадают с угленосными ареалами, где карбонатные отложения перекрывают угленосные.

Недостаточно ясным представляется палеоположение визе-серпуховско-башкирского бассейна на современном восточном склоне Урала. На составленных Г. А. Смирновым [1957] литолого-фациальных схемах визейского времени отражена обстановка, из которой следует, что на всем восточном склоне располагался единый морской бассейн с карбонатным осадконакоплением. В то же время многие массивы гранодиорит-гранитового формационного ряда по определениям абсолютного возраста имеют визе-серпуховский и раннебашкирский возраст. Карбонатное осадконакопление происходило при трансгрессии, гранитообразование – в обстановках поднятий. Совместить такие условия вероятно лишь в том случае, если допустить, что формирование гранитоидов происходило на стабилизированных площадях, а отложение карбонатных осадков – в заливообразных бассейнах, располагавшихся между

ними. Эти заливы сообщались между собой и имели связь с более обширным бассейном, располагавшимся западнее. Такая интерпретация позиции ранне-среднекаменноугольного морского бассейна на восточном склоне Урала не противоречит ситуации, отображенной в Атласах палеогеографических карт СССР [Атлас палеогеографических..., 1968, 1965].

В карбонатных отложениях визе-серпуховского и башкирского возраста сформированы проявления стратиформных свинцово-цинковых руд (Ермаковское, Николаевское и ряд других), описанные в разд. 2.2.1.7. Кроме того, этим же отложениям свойственны карбонатно-марганцевые руды Центрально-Магнитогорской зоны (Кипчакское месторождение, Кульмское, Ново-Орское и другие рудопроявления), а также Аккермановское месторождение в карбонатном чехле стабилизированного Западно-Магнитогорского пояса [Марганцевые..., 1999].

В южной части Урала в визе-серпуховское время на кратонизированном допалеозойском субстрате (Адамовско-Мугоджарский срединный массив) был заложен Иргизский вулканический пояс, который, как неоднократно отмечалось, относится ко вторичногеосинклинальному типу. В связи с развитием этого пояса образованы мелкие колчеданно-полиметаллические месторождения рудноалтайского (куроко) типа (Кналыколь, Каракум, Килемжайган I). С ними структурно и пространственно сопряжены меднопорфировые проявления (Килемжайган II и другие), приуроченные к малым порфировым телам гранитоидов, завершающих колчеданосный вулканизм. Можно допустить, что Иргизский вулканический пояс – это заливообразная ветвь Палеотетиса, к раннекаменноугольным геосинклинальным вулканитам которого приурочены крупные колчеданно-полиметаллические месторождения Иберийского пиритного пояса и Средней Азии.

На современной восточной окраине Урала (а по существу, наращивая кратонизированные структуры обрамления Казахстанской складчатой области) образовался Валерьяновский вулкано-интрузивный пояс и его Александровская зона. Визе-серпуховская валерьяновско-соколовско-сарбайская андезит-базальт-диорит-гранодиоритовая вулкано-интрузивная ассоциация определила накопление крупных объемов магнетитовых руд. В терригенно-карбонатной и карбонатной частях разреза осадочно-вулканогенных пород отложены согласные и субсогласные залежи свинцово-цинковых (иногда медьсодержащих) руд, известные на Соколовском, Ломоносовском и Качарском железорудных месторождениях, а также месторождение Шаймерден.

В ранне-среднекаменноугольное время Урал, как и раньше, имел субширотное положение и был расположен в субтропическом климатическом поясе (рис. 39). Это подтверждается как соответствующими комплексами органических остатков и наличием карбонатно-рифовых массивов, так и угленакоплением. Система раннекаменноугольных угленосных бассейнов протягивается, о чем сказано выше, почти на 2 тыс. км от Северного Урала до Южных Мугоджар. Обеспечение на таких обширных пространствах однотипного и одновозрастного угленакопления было возможно лишь в том случае, если оно происходило на одних и близких палеоширотах, и они должны были быть, по крайней мере, субтропическими. Показанная на палеометаллогенической схеме раннего-среднего карбона (см. рис. 38, А) параллель, отвечающая 30° северной широты визе-серпуховского времени, проходит по линии Челябинск – Екатеринбург – Нижний Тагил (по данным А. Н. Храмова, взятым из Атласа палеогеографических карт СССР каменноугольного периода). Более того,

все раннекаменноугольные месторождения и проявления карбонатных марганцевых руд расположены на 3-5° южнее этой параллели, что соответствует примерно палеошироте Северного тропика. Карбонатные марганцевые руды раннего карбона, как это следует из работ Н. М. Страхова [1960, 1963], образуются в условиях субтропического гумидного климата. Таким образом, по крайней мере применительно к этим объектам, а также к угленакоплению, устанавливается достаточно определенный палеоклиматический контроль.



Рис. 39. Глобальная геодинамическая реконструкция для раннего-среднего карбона по палеомагнитным данным (по А. Н. Храмову)

Вторая половина среднего, поздний карбон и пермь ознаменовались общим подъемом Урала (см. рис. 38, Б). Произошло существенное обмеление морского бассейна, существовавшего в визе-башкирское время. На современном восточном склоне сохранились небольшие изолированные осушаемые водоемы, в которых накапливались пестроцветные терригенные и терригенно-карбонатные отложения с эвапоритами и небольшими проявлениями медистых песчаников. На современном западном склоне позднепалеозойский бассейн был более обширным. Здесь в среднем – позднем карбоне, частично в ранней перми, продолжались накапливаться карбонатные отложения, в том числе формировались хорошо известные крупные пермские рифовые массивы. В располагавшихся между ними полузамкнутых лагунах отлагались пестроцветные меде-, эвапорито-, марганце- и флюоритоносные терригенно-карбонатные осадки. В современной полярной и приполярной частях Урала в прибрежно-континентальных обстановках происходило углеобразование (Печорский бассейн). Такие особенности осадконакопления были обусловлены соответствующими палеоклиматическими условиями. Положение Урала в позднем

карбоне, ранней и поздней перми показано на рис. 40, 41. На палеометаллогенической схеме среднего-позднего карбона-перми (см. рис. 38, Б), по данным А. Н. Храмова (заимствовано из упомянутого выше Атласа), показана параллель, отвечающая 20° северной широты позднего карбона. Она проходит по линии Челябинск – Пермь. Литолого-фациальный облик позднепалеозойских осадков в сочетании с палеомагнитными данными свидетельствуют о том, что в это время Урал находился в субтропическом аридном палеоклиматическом поясе.



Рис. 40. Глобальная геодинамическая реконструкция для позднего карбона-ранней перми по палеомагнитным данным (по А. Н. Храмову)

Средне-позднекаменноугольно-пермскому времени отвечает формирование в пределах стабилизированных областей крупных ареалов палингено-анатектических гранитоидов (монцодиорит-гранитовая, гранитовая, адамеллит-лейкогранитовая формации), рассматриваемых как проявление орогенеза или коллизионных процессов [Орогенный..., 1994]. Отличительная особенность массового позднепалеозойского гранитообразования заключается в следующем. Оно происходило не непосредственно после геосинклинального развития, а после накопления угленосных осадков, ассоциирующих с ними траппов и отложения визе-башкирских карбонатных толщ, т. е. после установления на Урале платформенного (континентального) режима. Следовательно, орогенез и сопряженное с ним гранитообразование являлись не эпигеосинклинальными, а эпиплатформенными, представляя собой, по существу, тектономагматическую активизацию кратонизированной области [Глубинное..., 1990; Контарь, 1988; Контарь, Либарова, 1997; Шуб, Левин, 1991]. Об этом может свидетельствовать также и облик гранитоидных интрузий, сопоставимых по морфологии с массивами центрального типа, свойственными устойчивым областям.

Такая трактовка места позднепалеозойского орогенеза на Урале соответствует современным взглядам на этот тектономагматический процесс. Так, И. Н. Томсон с соавторами [Металлогения..., 1992], анализируя развитие представлений об

орогенезе, отмечает следующее: орогенный режим возникает не только после геосинклинального, но и после платформенного режима; среди орогенных поясов различаются эпигеосинклинальные и эпиплатформенные; эпиплатформенные орогенные пояса соответствуют областям автономной тектоно-магматической активизации (в понимании А. Д. Щеглова).



Рис. 41. Глобальная геодинамическая реконструкция для поздней перми по палеомагнитным данным (по А. Н. Храмову)

В Валерьяновском поясе в среднем-позднем карбоне образована качарско-ухановская трахибазальт-трахиандезит-габбро-монцонит-граносиенитовая вулканогенно-интрузивная ассоциация, определившая образование месторождений молибден-меднопорфировых руд, близких казахстанско-среднеазиатскому типу. Рудоносные интрузии, как отмечалось, проявлены не только в этой структуре, где с ними связаны Северо- и Южно-Бенкалинское месторождения, но и выходят за ее пределы. В частности, в стабилизированном Катенинском вулканическом поясе они обусловили образование Михеевского, Тарутинского и Новониколаевского месторождений. О том, что средне-позднекаменноугольное молибден-меднопорфировое рудобразование на Урале совпадает по времени с развитием такого же оруденения в Центральном, Восточном Казахстане и Средней Азии, уже речь шла выше.

Из рассмотрения развития Урала в фамен-пермское время могут быть сделаны следующие выводы.

1. Происходило последовательное увеличение степени кратонизации Урала, на фоне которой неоднократно проявлялась тектоно-магматическая активизация.

2. Наибольшие процессы магматизма были реализованы в условиях континентальной коры. Фемический геосинклинальный магматизм был проявлен локально, но и он происходил не без участия континентальной коры.

3. Все осадконакопление характерно для платформенных (эпиконтинентальных) бассейнов.

4. Позднепалеозойские орогенез и гранитообразование представляли собой тектоно-магматическую активизацию кратонизированной области.

5. Все эндогенное оруденение (молибден-меднопорфировые, медно-никелевые и даже колчеданно-полиметаллические руды) образованы в условиях существования хорошо развитой континентальной коры. Все экзогенные виды минерального сырья (медистые песчаники, марганцевые руды, эвапориты, угли, флюорит) образованы в прибрежно-морских и лагунно-континентальных условиях при аридном климате.

Все изложенное в разделах 3.1-3.4 позволяет прийти к следующим основным выводам.

1. Геосинклинальный магматизм и обусловленное им рудообразование (колчеданные, меднопорфировые руды, хромиты) рифея, каледонид и герцинид происходили в протяженных относительно узких вулканических поясах и их системах, рассекавших стабилизированные области. Это обстоятельство не позволяет допускать существование на Урале обширных океанических пространств, хотя в геосинклинальных структурах формировалась кора океанического типа.

2. Отсутствие океанов в их типовом выражении не позволяет интерпретировать геосинклинальные палеовулканические пояса Урала в качестве островных дуг и (или) их систем. В этих палеовулканических поясах развиты формации и зональность островодужного типа; островные дуги как структурно выраженные элементы не существовали.

3. Заложение, развитие и кратонизация палеовулканических поясов и зон происходили по единому сценарию, но в разное время.

4. По крайней мере, для палеозойской истории закономерными были хронологическая сопряженность таких геологических событий, как заложение геосинклинальных вулканических поясов (и их последовательное развитие, завершающееся кратонизацией), стратиграфический перерыв на платформе и тектоно-магматическая активизация срединных массивов и (или) ранее стабилизированных вулканических поясов. Это не позволяет допускать, что геосинклинальные структуры образованы в результате тектонического скупивания формационно различных комплексов.

5. Для рифеид и каледонид характерны синхронное образование колчеданных месторождений в геосинклинальных комплексах и стратиформных свинцово-цинковых – в карбонатных отложениях платформенных чехлов.

6. Рифейским, каледонским и раннегерцинским геосинклинальным комплексам свойственно синхронное образование колчеданных и кремнисто-марганцевых руд (в рифейских комплексах они преобразованы в гондиты, в каледонских – в родониты). Эти руды располагаются на флангах и стратиграфически выше колчеданоносных систем.

7. Девонские колчеданные месторождения синхронны образованию бокситов и осадочных железных руд пашийского типа в платформенных карбонатных отложениях.

8. Имел место палеоклиматический контроль образования бокситов, осадочных железных, железо-марганцевых и марганцевых руд, медистых песчаников, углей, эвапоритов, стратиформных свинцово-цинковых руд, обусловленных нахождением Урала (по крайней мере, в палеозое) в гумидных и аридных условиях субтропического климата.

9. Важнейшие эпохи накопления меди, цинка, свинца на Урале удовлетворительно сопоставимы с глобальными закономерностями их размещения и формирования.

4. НАПРАВЛЕНИЯ И ЗАДАЧИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕДЬ, ЦИНК, СВИНЕЦ

Изложенное в предыдущих разделах позволяет определить направления и задачи геологоразведочных работ на различные рудноформационные типы месторождений меди, цинка и свинца. Применение одного из важнейших принципов металлогении, заключающегося в том, что однотипные по составу и условиям образования формации вулканогенных, интрузивных и осадочных пород генерируют месторождения однотипных рудноформационных семейств и типов, позволяет при прогнозировании широко применять геологические аналогии с учетом степени достоверности исходных данных, определяемых уровнем изученности оцениваемых объектов.

Колчеданное геолого-промышленное (рудноформационное) семейство. Урал является одной из крупнейших палеозойских колчеданосных провинций мира. Здесь сосредоточено около 20,6 % запасов колчеданных руд, содержащих около 25 % запасов меди, 9,1 % – цинка и 1,4 % – свинца, накопленных за всю геологическую историю Земли [Контарь, 1997; 2002].

Палеозойские колчеданные месторождения различных рудноформационных типов размещены на пяти стратиграфических уровнях (см. табл. 3).

На ранне-среднеордовикском уровне представлены месторождения, относящиеся к кипрскому и филизчайскому типам.

На Урале, как и во всем мире, месторождения кипрского типа являются мелкими. Так, модальные параметры мирового раннепалеозойского объекта этого типа составляют 3,6 млн т руды с 1,17 % меди и 0,35 % цинка, а на Урале – 4,9 млн т руды с 1 % меди и 0,1 % цинка (с присутствием никеля, кобальта и платиноидов). Объекты, которые представляют интерес для поисков этого типа, расположены: на Полярном Урале в Западно-Тагильской зоне (Нырдовоменшорская площадь в офиолитовом меланже северо-восточного обрамления ультрамафитового массива Рай-Из), на Среднем Урале – к северу от Пышминско-Ключевского месторождения, а также на Южном Урале в Присакмарской зоне Западно-Магнитогорского пояса.

Перспективы выявления объектов филизчайского типа связываются с Орангской зоной на Полярном Урале, в которой локализовано Нижне-Талотинское колчеданно-полиметаллическое месторождение, а также значительное количество проявлений.

Большинство объектов шемурско-медногорского (O_3-S_1) уровня расположено на Приполярном, Северном и Среднем Урале (в структурах Щучьинско-Тагильского пояса), а также на Южном Урале (в Кракинско-Медногорском поясе). По степени перспективности и подготовленности к проведению поисковых работ могут быть выделены три группы рудных районов.

К рудным районам первой группы отнесены Тарньерско-Шемурский, Саум-Яхтельинский и Валенторский, являющиеся приоритетными для поисков [Контарь, Либарова, 1997; Контарь, Сурин, 2002; Казаков и др., 2011].

В Тарньерско-Шемурском районе вероятно выявление объекта или группы объектов уральского типа с ресурсным потенциалом, сопоставимым с запасами Ново-Шемурского месторождения (на фоне максимального модального параметра объекта этого возраста в 5,5 млн т руды, см. рис. 10).

В Саум-Яхтельинском районе можно ориентироваться на колчеданные месторождения уральского типа, реальные параметры которых вряд ли будут значительно отличаться в большую сторону от модальных.

В Валенторском районе, как это следует из выполненных в последние годы обобщений, могут быть обнаружены мелкие или средние месторождения рудноалтайского (куроко) типа (Е. С. Контарь, 1989; Г. В. Петров, 1996; Г. К. Долматов, 1996; Е. С. Контарь, Г. К. Долматов, 1997, Е. С. Контарь, Т. Н. Сурин, 2002; И. И. Казаков и др., 2011). В частности, проведенные в 2006-2008 гг. поисковые и оценочные работы привели к открытию (на основе ранее известного рудопроявления) Галкинского колчеданно-полиметаллического месторождения, содержащего 68,2 тыс. т меди (среднее содержание 0,17 %), 455,4 тыс. т цинка (среднее содержание 1,17 %), 18,8 т золота (среднее содержание 0,48 г/т) и 905,6 т серебра (среднее содержание 23,2 г/т). При этом в отдельных блоках содержания меди достигают 0,41 %, цинка – 2,89 %, золота – 2,3 г/т, серебра – 359 г/т.

Ко второй группе принадлежит Павдинский потенциально колчеданосный район, который менее подготовлен к поисковым работам в силу недостаточной его геологической изученности и потому относится ко второй очереди. В этом районе можно ожидать преимущественно мелкие объекты, вероятнее всего вкрапленных руд.

К третьей группе отнесены Северо-Сосьвинский и Вольинский потенциально колчеданосные районы, расположенные на Приполярном Урале в западном борту Щучьинско-Тагильского пояса (Западно-Тагильская зона). Потенциальная рудоносность этих районов определяется развитием в их пределах вулканитов базальт-риолитовой формации, в ареалах которой расположены недостаточно изученные проявления колчеданных руд. Однако, в отличие от более южных колчеданосных районов Северного Урала с их пологими, изометричными рудоконтролирующими структурами, для обоих этих районов характерны линейные формы. В этом плане оба района скорее напоминают колчеданосные районы Среднего Урала (Левихинско-Карпушихинский и Тагило-Красноуральский), чем районы Северного Урала. Учитывая структурно-геологическое сходство этих колчеданосных районов со среднеуральскими, в них можно ожидать месторождения с небольшими крутопадающими рудными телами, которые в совокупности могут образовывать скопления, сопоставимые по параметрам с общими запасами колчеданных руд таких районов, как, например, Левихинско-Карпушихинский.

Что касается Щучьинской зоны, то перспективы ее колчеданосности остаются неясными в силу недостаточной разработанности формационной принадлежности раннепалеозойских вулканитов при общем принципиальном сходстве строения формационного ряда с Западно-Тагильской зоной.

На баймак-бурибаевском (S_2-D_1) уровне заслуживает проведения поисковых работ Красноборско-Горельская перспективная площадь, где прогнозируются мелкие, но богатые объекты рудноалтайского (куроко) типа. По своей геологической позиции и составу руд колчеданно-полиметаллические проявления этой площади

(Красный бор, Таволжанское и другие) сопоставимы с месторождениями Баймакского района (Западно-Магнитогорский палеовулканический пояс). Крутопадающие лентовидные тела преимущественно вкрапленных руд, а также зоны объемной минерализации, значительная распространенность оруденения (до 6 км по простиранию и до глубины 700 м, при ширине до 400 м), высокие содержания рудных компонентов (медь – 0,58-2,3 %, цинк – 11,7-31 %, свинец – 2,55-10 %, золото – 0,8-6 г/т, серебро – до 481 г/т). В ряде случаев обособляются свинцово-серебряные руды, содержащие до 1,5 кг/т серебра и до 8,2 г/т золота. Эта перспективная площадь совпадает с Невьянским золотоносным районом, ряд объектов которого также может быть отработан с применением той же геотехнологии.

Перспективные площади с ожидаемыми объектами уральского типа карамалыташского (среднедевонского) уровня принадлежат Каменскому палеовулканическому поясу и Медведевско-Свердловской зоне.

В Каменском палеовулканическом поясе наибольшие перспективы связываются с Режевским рудным районом, в частности с дальними флангами Сафьяновского месторождения, что следует из всего комплекса проведенных исследований (Е. С. Контарь, 1989; В. М. Седов, А. В. Коровко, 1996; Г. К. Долматов, 1996; Е. С. Контарь, Г. К. Долматов, 1997; Г. В. Петров, 1999; Е. С. Контарь, Т. Н. Сурин, 2002; И. И. Казаков и др., 2011). Продолжают оставаться недостаточно изученными структуры этого пояса, расположенные между Сафьяновским месторождением на севере и Султановским месторождением на юге.

Исходя из значительной общности строения этой структуры с девонскими колчеданоносными районами Западно-Магнитогорского палеовулканического пояса, здесь можно ориентироваться на выявление объекта или группы объектов, сопоставимых по размерам с Сафьяновским месторождением. Напомним при этом, что модальные параметры среднедевонского месторождения уральского типа составляют 25 млн т руды, содержащей 3,2 % суммы металлов, а такой же объект Западно-Магнитогорского пояса имеет 34 млн т руды с 4,2 % (см. рис. 10).

Медведевско-Свердловская зона, как неоднократно отмечал автор (1988; 1989 и др.), обладает многими чертами сходства с вулканическими трогами Северных Мугоджар, в которых локализованы колчеданные месторождения Среднеорского и Домбаровского рудных районов. Хотя эта зона в последних прогнозных оценках не участвует и к поисковым работам не подготовлена, тем не менее, ее следует рассматривать в качестве одной из вероятных колчеданоносных структур Среднего Урала.

Вероятно, не в полной мере реализованы перспективы Александринского колчеданоносного района в Восточно-Магнитогорском поясе.

Перспективы раннекаменноугольного уровня колчеданоносности относятся исключительно к Иргизскому палеовулканическому поясу, где наиболее вероятными представляются небольшие объекты рудноалтайского (куроко) типа.

Помимо проведения прямых поисков на подготовленных площадях, все колчеданоносные районы нуждаются в обновлении геологической основы масштаба 1: 50 000. Геологические карты этого масштаба многих колчеданоносных и потенциально колчеданоносных районов имеют не менее чем 25-30-летнюю давность. Говоря о необходимости проведения ГДП-50 колчеданоносных районов Урала, как важного этапа подготовки поисковых площадей, автор считает, что прекращение их

финансирования за счет средств федерального бюджета является крупной стратегической ошибкой. Достаточно напомнить, что именно в ходе этих работ в последние 15-17 лет XX века открыты: эксплуатируемое Сафьяновское колчеданное месторождение, входящее в число наиболее значительных объектов на Урале; Парнокское месторождение железо-марганцевых руд, являющееся в настоящее время крупнейшим на Урале; Гагарское месторождение золота на Среднем Урале, обрабатываемое методом подземного выщелачивания; Березняковское золото-меднопорфировое, Михеевское и Томинское молибден-меднопорфировые месторождения на Южном Урале и ряд других объектов.

При оценке колчеданности следует обратить внимание на поиски в обстановках, когда продуктивные комплексы перекрыты пластинами альпинотипных ультрамафитов. Опыт проведения геологоразведочных работ на Сафьяновском месторождении показал, что в подобных обстановках могут располагаться существенные запасы руд. Такие ситуации могут иметь место в районе Султановского месторождения; на южном фланге Калатинского района (Средний Урал), где продуктивные образования «ныряют» под Верхневинский массив; на обрамлении Сухтелинской структуры; в районе Уфалейского ультрамафитового массива; в районе Светлинского колчеданного месторождения (Южный Урал), где можно допустить погружение среднедевонских вулканитов под Буруктальский ультрамафитовый массив, а также в северной части Вольинского потенциально колчеданного района, где продуктивные вулканиты «перекрыты пластиной» Олесья-Мусюрского ультрамафитового массива и др.

Что касается перспектив допалеозойской колчеданности, то, вероятно, наиболее подготовленным для оценки является Тышор-Монтолорское рудное поле с ожидаемыми колчеданно-полиметаллическими объектами рудноалтайского (куроко) типа [Полярный Урал..., 1997], которое может являться объектом лицензирования. Остальные площади, перспективы которых могут связываться с колчеданнообразованием этого возраста, к прямым поискам не подготовлены. Для них необходима расшифровка их изначальной, дометаморфической, природы, определение рудноформационного типа развитого в них сульфидного оруденения, а также оценка влияния гранитного магматизма на масштабы и характер его преобразования. Эти задачи могут решаться при проведении ГДП-200.

На современном уровне изученности Урала площади распространения палеозойских колчеданносных формаций довольно надежно откартированы почти во всех палеовулканических поясах и зонах. Исключение, видимо, составляют Катенинский и Октябрьско-Денисовский пояса, где эти комплексы достоверно не отделены от инициальных базальтов. В этом видится одна из задач ГДП-200 в этих структурах. Традиционно площади с развитием продуктивных формаций при наличии благоприятных прямых и косвенных признаков оруденения представляют собой объекты поисков.

Дальнейшей важной задачей является оценка потенциальной продуктивности вулканических формаций. В настоящее время уже достоверно установлено, что как продуктивные вулканиты, так и залегающие в них колчеданные руды являются производными базальтоидного вулканизма ранних стадий развития эвгеосинклинали. Можно допустить, что в базальтах, наиболее близких к первоначальной магме, заложен, говоря биологическим языком, «генетический код» продуктивности, обу-

словливающий в тех или иных геологических ситуациях накопление разномасштабных сульфидных масс. Расшифровка этого «генетического кода» раннегеосинклинальных вулканитов может способствовать более целенаправленному прогнозированию, при котором возможен переход от выделения перспективных площадей к оценке природной продуктивности вулканогенных формаций. Необходима отработка такого механизма их изучения, чтобы на базе оптимальных петрогенетических исследований можно было оперативно решать вопрос о том, могут ли в пределах данного комплекса или разреза формации образовываться сульфидные залежи и в каких масштабах происходило сульфидообразование. Определенные шаги в этом направлении сделаны В. С. Шарфманом. Совершенно естественно, что такие исследования будут иметь смысл и принесут ощутимый результат, если они будут проведены в масштабе всего Уральского региона, а не замыкаться на его отдельные территориально-административные образования.

Медно-скарновый геолого-промышленный тип. Перспективы выявления медно-скарновых месторождений в целом достаточно ограничены, и они не выходят за пределы известных рудных районов. В более конкретном случае речь идет о двух районах, по которым проведена оценка прогнозных ресурсов.

Одним из них является Краснотурьинский район, где кроме медно-скарновых образованы также скарново-магнетитовые (Ауэрбаховское рудное поле) и золотые (Воронцовское месторождение) руды. Наиболее подготовлены к поисковым и оценочным работам участки, с севера и юга примыкающие к обрабатываемым месторождениям. Развитие перспектив района, учитывая его высокую комплексность (где наряду с известным, вероятно также меднопорфировое оруденение), связывается с проведением ГДП-50.

Другим медно-скарновым объектом с оцененными прогнозными ресурсами является Гумешевское месторождение. На нем возможно выявление новых небольших рудных тел, а также получение прироста запасов сульфидных руд и, так называемых медистых глин (руды зоны окисления).

Общей задачей изучения месторождений медно-скарнового семейства является расшифровка места, роли и взаимосвязей собственно скарнообразования и формирования рудных залежей. Вопрос заключается в выявлении источника рудного вещества скарновых месторождений, причин и способов его концентрирования.

Известны две генетические модели месторождений этого типа. Одна из них постулирует положение о том, что эти месторождения являются контактово-метасоматическими, и руды (железа, меди, свинца, цинка, молибдена, вольфрама и других металлов) обусловлены собственно скарновым процессом. Другая модель, апробированная, в частности, на уральских скарново-магнетитовых месторождениях, предполагает их полигенность, что неоднократно подчеркивалось в предыдущем изложении. За пределами Урала эта концепция обоснована С. В. Ежовым (1997) при изучении скарново-полиметаллических месторождений Алтын-Топканского рудного района в Северном Таджикистане. На основе обстоятельных исследований, включая эксперименты по моделированию процессов скарно- и рудообразования, С. В. Ежов убедительно показал, что источником оруденения в скарнах является стратиформная сульфидная минерализация во вмещающих карбонатных толщах. Роль интрузий при этом сводится к прогреву этих толщ, созданию конвективного потока растворов, переносящих металлы к контактам интрузий и отложению их в

зонах скарнообразования. Вероятно, что в связи с такой генетической интерпретацией «скарновые месторождения» следовало бы называть «месторождениями в скарнах» или «в связи со скарнами».

Эти обстоятельства предопределяют принципиально иные подходы к оценке перспективности рудоносных районов, а именно переход от поисков в околоконтактовых зонах к изучению определенных литолого-стратиграфических уровней.

Ванадий-железо-медный геолого-промышленный тип.. Все прогнозные ресурсы, относящиеся к рудному полю Волковского месторождения, приведенные в предыдущих оценках, реализованы в запасы категории С₂ и поставлены на баланс.

Поисковые работы на этот тип оруденения проводились в ограниченных объемах при геологическом доизучении масштаба 1:50 000. Положительных результатов при этом не получено. Целенаправленные поиски более 30 лет тому назад были выполнены на рудопроявлениях группы Серебрянского камня на Кытлымском массиве. Однако из-за сложных природно-географических и технических условий проведения работ их результаты остались неопределенными. Вероятно, в настоящее время эти рудопроявления являются единственными, заслуживающими внимания. Поиски на них могут быть проведены при вероятном ГДП-50 в Валенторском районе, за западным флангом которого они расположены.

Продолжают оставаться недостаточно выясненными перспективы рудоносности Озерно-Пятиреченской площади на Полярном Урале.

Меднопорфировое геолого-промышленное (рудноформационное) семейство. Постановка на Государственный баланс крупных месторождений молибден-меднопорфировых руд (Михеевского и Томинского) на Южном Урале (Челябинская область) показала, что Урал, наряду с традиционной колчеданосностью, является перспективным и на этот тип оруденения. Это обстоятельство обуславливает необходимость надежного прослеживания структур с молибден-меднопорфировым оруденением с Южного на Средний Урал, что является наиважнейшей задачей региональных работ.

Соответственно трем рудноформационным типам меднопорфировых проявлений выделены следующие группы перспективных площадей.

1. Площади с вероятным оруденением бошекульского типа, приуроченные к структурам, сопоставимым с барьерными зонами островных дуг: Именновская вулканическая гряда среднеуральской части Щучьинско-Тагильского пояса, Ирендыкская – в Западно-Магнитогорском, Гумбейская – в Восточно-Магнитогорском, Катенинский и Октябрьско-Денисовский пояса. Здесь интерес представляют малые массивы габбродиоритов, диоритов, кварцевых диоритов, монцодиоритов, завершающих базальт-андезитобазальтовый вулканизм. Металлогенический потенциал этих площадей пока остается не выясненным в силу недостаточной изученности, хотя может оказаться значительным. Об этом свидетельствуют параметры типовых месторождений: Бошекульское (Бозшакольское) в СВ Казахстане – около 1,3 млн.т меди (среднее содержание 0,72 %) [Нусипов, Ракишев, Полетаев, 1998]; Пангуна (Новая Гвинея) – около 4,4 млн т меди (среднее содержание 0,48 %) [Прогрессивные технологии..., 1987]; Салаватское (Республика Башкортостан) – около 800 тыс. т меди (среднее содержание примерно 0,4 %).

На Северном и Среднем Урале принципиальную оценку этого типа меднопорфирового оруденения целесообразно проводить при ГДП-50 колчеданосных

районов, ибо перспективные площади находятся на восточных флангах этих районов. Вероятно, наиболее подготовлены к такого рода работам Подовинное, Фестивальное и Спиридоновское рудопоявления в Октябрьско-Денисовском поясе, районы Салаватского и Вознесенского месторождений в Ирландской зоне Западно-Магнитогорского пояса, а также. Елкинская группа проявлений. Последняя расположена в среднеуральской части Щучинско-Тагильского пояса, где, по данным В. А. Майбороды (1984) и Л. И. Десятниченко (2002), приурочена, к одноименному телу монцодиоритов, завершающему накопление вулканитов базальт-андезитобазальтовой формации (именновская свита). Минерализация представлена вкрапленностью и прожилками халькопирита и пирротина, а также магнетита, мушкетовита и гематита, редко молибденита. Оцененные авторские прогнозные ресурсы меди по категории P_2 составляют 168 тыс. т при ее содержании 0,88 %. Кроме того, недостаточно ясными представляются перспективы некоторых структур Полярного Урала (Кызыгейская, Малоуральская площади) на этот тип оруденения.

2. Площади с вероятным оруденением майданпекского типа во вторично-геосинклинальных структурах. Среди площадей этой группы по степени изученности могут быть выделены две категории:

– северная часть Восточно-Тагильской зоны (с Лобвинскими и Латинскими рудопоявлениями), район Дrajного участка в Краснотурьинском районе (среднеуральская часть Щучинско-Тагильского пояса), район Алтынайских рудопоявлений в Каменском поясе; металлогенический потенциал этих площадей не выяснен, хотя он может оказаться значительным; эти площади нуждаются в геологическом доизучении;

– Биргильдинско-Поляновская (Биргильдинско-Томинский перспективный район) и Еленовско-Кумакская зоны с оцененными прогнозными ресурсами, в том числе высоких категорий, подготовленные к поисковым работам.

Типовое месторождение – Майданпек (Сербия) содержит около 2,1 млн т меди (среднее содержание 0,69 %) и 18 тыс. т молибдена (среднее содержание 0,006 %) [Прогрессивные технологии..., 1987]. Прогнозируемые на площадях второй категории параметры объектов и содержания меди и молибдена сопоставимы с приведенными.

3. Площади с оруденением, близким к классическим объектам. К ним относятся ареалы распространения средне-позднекаменноугольных интрузий габбро-монцит-граносиенитовой формации, проявленные в Катенинском, Октябрьско-Денисовском, Валерьяновском поясах и в Александровской зоне, где металлогенический потенциал реализован в ряде месторождений со значительными скоплениями руд, сопоставимыми с типовыми объектами. Среди них могут быть названы следующие: Коксай в Центральном Казахстане с 1,6 млн т меди (среднее содержание 0,51 %), Актогай и Айдарлы в Восточном Казахстане с суммарными запасами 11,7 млн т меди (среднее содержание 0,39 %) [Нусипов, Ракишев, Полетаев, 1998]. На ряде меднопорфировых объектов этой группы апробированы геотехнологические способы их отработки.

Общие задачи изучения проявлений меднопорфировых руд всех типов, помимо прямых поисков и оценки, видятся в продолжении изучения продуктивных вулcano-интрузивных ассоциаций и их места в тектоно-магматическом развитии;

выделении порфириновых интрузивных фаз, наиболее близких по времени образования рудоносным штокверкам, а также их морфологических особенностей.

Геолого-промышленный тип медистых песчаников. Согласно существующим оценкам, распределение мировых ресурсов медистых песчаников и сланцев по эпохам накопления характеризуется следующими цифрами (в процентах к их общему количеству): протерозой – 55,1, кембрий – 3,8, ордовик-силур – 0,6, девон-карбон – 15,5, пермь-триас – 21,7, юра-мел – 2,5, палеоген-неоген – 0,8 [Наркелюн, Салихов, Трубачев, 1983].

Судя по этим оценкам, металлогенический потенциал раннеордовикского уровня, представленного на Полярном Урале, ограничен, как и в ряде других регионов с медистыми песчаниками этого возраста. Они известны, в частности, на Сибирской платформе (Верхнеленская и другие меденосные зоны), где залегают в разрезе устькутской свиты раннего ордовика. Размеры рудных объектов не выходят за пределы мелких месторождений, не имеющих промышленного значения.

С учетом описанных в разделе 2.1.2 условий размещения пермских медистых песчаников, металлогенический потенциал Предуралья может быть сопоставим с общими запасами одновозрастных руд Предсудетско-Мансфельдской меденосной области. По некоторым данным они оцениваются в 28-30 млн т меди при средних ее содержаниях 2,5 % [Густафсон, Уильямс, 1987; Куча, 1982]. Положительным фактором является наличие подольско-филипповского карбонатного и верхнекаменноугольно-соликамского карбонатно-глинисто-сульфатно-соленосного нефтегазоносных комплексов, что с учетом седиментогенно-водородной модели формирования медистых песчаников служит дополнительным аргументом в пользу высокой потенциальной меденосности этой территории. Наиболее значительные месторождения медистых песчаников Предсудетской зоны (в районе городов Любин и Серошовице, Польша) были открыты при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ [Наркелюн, Салихов, Трубачев, 1983].

Сопряженные с меденосными отложениями карбонатные и, особенно, карбонатно-рифовые фации являются коллекторами углеводородного сырья, и они благоприятны также для формирования стратиформных свинцово-цинковых руд, подобно тому, как это установлено в Центрально-Европейской меденосной провинции [Горжевский, 1982; Парагенезис металлов..., 1990].

Реализация металлогенического потенциала меденосности Предуралья должна базироваться на обеспечении этой территории современными геологическими картами масштаба 1:200 000, составляемыми с учетом геологоразведочных работ на нефть и газ; расшифровке палеогеографических условий осадконакопления и восстановлении бассейнов седиментации и областей возможного сноса; анализе палеогидродинамических режимов; литолого-фациальном анализе рудовмещающих толщ и изучении их соотношений с нефтегазоносными и эвапоритоносными отложениями. Если в ходе такого комплексного изучения выявятся благоприятные обстановки, то они будут представлять собой объекты для поисковых работ. Такое изучение может дать положительный результат если будет проведено в пределах всего региона. Самостоятельной задачей является системное изучение благороднометальной минерализации в месторождениях и рудопроявлениях медистых песчаников, что может существенным образом повысить их экономическое значение.

Площади распространения красноцветных эвапоритонесных отложений средне-позднекаменноугольного возраста, развитые на восточном склоне Урала (см. разд. 2.2.1.6 и 2.3.3) и содержащие небольшие проявления медистых песчаников, не обладают, с точки зрения автора, крупным металлогеническим потенциалом. Учитывая относительно небольшие размеры средне-позднекаменноугольных мульд, а также судя по количеству меди, сосредоточенной в надрудной пестроцветной толще Качарского магнетитового месторождения, здесь можно ориентироваться лишь на скромные скопления медистых песчаников, вряд ли превышающие по размерам мелкие месторождения.

Стратиформное свинцово-цинковое геолого-промышленное (рудноформационное) семейство. Исходя из установленных на Урале типов палеотектонических обстановок, определяющих образование стратиформного свинцово-цинкового оруденения в терригенно-карбонатных и карбонатных отложениях, автору представляется вероятным выделение следующих групп перспективных площадей.

1. Площади распространения терригенно-карбонатных и карбонатных отложений с проявлениями свинцово-цинкового оруденения структурах чехла восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Наиболее значимыми на этих площадях являются среднерифейский, позднерифейский, средне-позднеордовикский и позднедевонско-раннекаменноугольный уровни. На первом из них находятся Кужинское, Злоказовское, Верхне-Аршинское месторождения и ряд рудопроявлений в районах Южного Урала; на втором – месторождение Амдерма на Полярном Урале, на третьем – Саурейское месторождение (Полярный Урал), Кожимское (Приполярный Урал) и Бойцовское (Средний Урал) рудопроявления; на четвертом – рудопроявления Красновишерского района (Северный Урал). Известны также проявления в отложениях раннего рифея и силура. Такая многоуровенность рудообразования дает основание сопоставлять металлогенический потенциал этой группы площадей с запасами свинцово-цинковых руд карбонатного чехла Северо-Американской платформы.

2. Площади распространения терригенно-карбонатных и карбонатных отложений рифея и нижнего карбона с проявлениями свинцово-цинкового оруденения в активизированном чехле срединных массивов и стабилизированных геосинклинальных палеовулканических поясов и зон восточного склона Урала. Рудоносность этого чехла изучена слабо, поэтому металлогенический потенциал пока остается неясным, хотя подобные обстановки в принципе весьма перспективны. Об этом свидетельствуют значительные скопления свинцово-цинковых руд в районах Верхней Силезии, Алжира, Туниса, Марокко, хребта Кугитанг в Туркмении.

3. Площади распространения терригенно-карбонатных отложений позднего силура-раннего девона в мульдах, наложенных на стабилизированный эвгеосинклинальный субстрат, с железо-марганец-(±барит)-свинцово-цинковым оруденением атасуйского типа. Эти образования, кроме Тагило-Кушвинского района, широко распространены и в североуральских районах Щучинско-Тагильского палеовулканического пояса (Центрально-Тагильская зона). В Тагило-Кушвинском районе прогнозные ресурсы свинца и цинка могут быть реализованы одновременно с поисковыми работами на магнетитовые и марганцевые руды. Металлогенический потенциал других площадей из-за их недостаточной изученности остается пока неясным,

хотя по аналогии с Атасуйским районом (с учетом уральской специфики) может представляться значительным.

Общими задачами изучения геологии стратиформных свинцово-цинковых проявлений на Урале помимо геологического картирования перспективных площадей являются выделение известковисто-доломитовых и глинисто-известковисто-доломитовых фаций, в том числе рифогенных, установление сопряжений этих фаций с разломами, что в совокупности определяет формирование таких скоплений, которые могут представить промышленный интерес, а также расшифровка соотношений этих образований с нефтегазоносными и эвапоритовыми толщами.

Для всех рудноформационных семейств месторождений меди, цинка, свинца важным представляется изучение взаимосвязей сингенетического и эпигенетического рудообразования, сочетания которых обеспечивают промышленные скопления.

Совершенно самостоятельной задачей является широкомасштабное изучение минерагении окраины Восточно-Европейской платформы, интерпретируемой как Предуральский осадочный бассейн, и ее комплексная оценка перспектив на стратиформные руды меди, свинца, цинка, марганца, железа, флюорита, барита и других видов минерального сырья, часто находящихся в парагенетических соотношениях с месторождениями нефти и газа.

Таковыми представляются основные направления и задачи геологоразведочных и научно-исследовательских работ на медь, цинк, свинец на Урале, реализация которых будет способствовать выявлению новых месторождений этих видов минерального сырья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Весь изложенный в предыдущих разделах материал свидетельствует о том, что на Урале присутствуют почти все известные в мировой и отечественной минерально-сырьевой практике геолого-промышленные (рудноформационные) семейства и типы месторождений меди, цинка, свинца, размещенные в трех минерагенических провинциях – на окраине Восточно-Европейской платформы, Уральской палеозойской геосинклинальной системе, Валерьяновском интрузивно-вулканическом поясе.

Ведущая роль при этом принадлежит колчеданному геолого-промышленному (рудноформационному) семейству. Выполненная количественная оценка показала, что на Урале сосредоточено несколько более 1/5 общих запасов колчеданных руд, образованных за всю геологическую историю Земли, содержащих почти 25 % запасов меди. Из этого количества на долю объектов уральского типа приходится почти 60 % запасов руды и примерно по 50 % запасов меди и цинка.

Поставленные на Государственный баланс запасы меднопорфировых месторождений однозначно свидетельствуют о том, что Урал, наряду с его традиционной колчеданоносностью, является перспективным и на этот тип оруденения.

Геотектонические обстановки формирования стратиформных свинцово-цинковых объектов и медистых песчаников обнаруживают значительные черты сходства с типовыми.

Охарактеризованы геологические условия размещения и локализации месторождений меди, цинка, свинца различных рудноформационных (геолого-промышленных) типов.

Составлена серия палеометаллогенических схем Урала, отражающих обстановки палеотектонического (геодинамического) развития и рудообразования в интервале от раннего протерозоя до перми включительно. Анализ этих схем позволил сделать нижеследующие выводы.

Палеозойский геосинклинальный магматизм и рудообразование происходили в протяженных относительно узких палеовулканических поясах, рассекавших стабилизированные области. На ранних стадиях развития этих поясов формировалась кора океанического типа, определяемая по наличию офиолитовой ассоциации, хотя океанические структуры в их типовом выражении не формировались.

В геосинклинальных палеовулканических поясах развиты формации и зональность островодужного типа; островных дуг как структурно выраженных элементов не существовало.

Развитие палеовулканических поясов происходило в разное время и по одному плану: растяжение – смена растяжения сжатием – сжатие – континентализация (кратонизация, стабилизация).

В палеозойской истории Урала установлена весьма четкая синхронизация заложения палеовулканических поясов, стратиграфического перерыва на платформе и тектоно-магматической активизации ранее стабилизированных поясов и (или) срединных массивов, что не позволяет допускать образование геосинклинальных структур в результате тектонического скупивания различных в формационном отношении комплексов.

Установлена хронологическая сопряженность образования колчеданных и кремнисто-марганцевых руд в геосинклинальных комплексах со стратиформными свинцово-цинковыми, карбонатно-марганцевыми, железными рудами пашийского типа и бокситами в платформенных карбонатных отложениях.

Подтвержден палеоклиматический контроль образования стратиформных свинцово-цинковых, марганцевых руд, медистых песчаников, а также углей и эвапоритов, обусловленный расположением Урала в гумидных и аридных условиях субтропического климата.

Подтверждено положение о парагенетических связях стратиформных свинцово-цинковых руд, медистых песчаников, карбонатных марганцевых руд с нефтегазоносными и эвапоритоносными формациями.

Установлено, что эпохи образования месторождений меди, цинка, свинца различных геолого-промышленных (рудноформационных) семейств и типов хорошо коррелируются с общемировыми закономерностями.

Разработана объемная пространственно-временная, историко-металлогеническая модель Урала применительно к различным геолого-промышленным (рудноформационным) типам месторождений меди, цинка, свинца.

По-иному рассмотрен ряд аспектов геологии Урала, таких как возраст альпинотипных ультрамафитов в девонских палеовулканических поясах и зонах; возраст и геодинамическая позиция мафит-ультрамафитовых массивов платиноносной ассоциации; палеотектоническая природа позднепалеозойского гранитообразования; начало перехода геосинклинальных палеовулканических поясов к платформенному развитию; структурно-формационное и металлогеническое районирование.

Определены перспективы, направления и задачи геологоразведочных и научно-исследовательских работ на медь, цинк, свинец.

Автор выражает надежду, что настоящая работа будет содействовать целенаправленному историко-металлогеническому анализу на всех стадиях геологоразведочного процесса, в том числе при подготовке к изданию Государственных геологических карт масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000 нового поколения, а сформулированные направления и задачи геологоразведочных работ на медь, цинк, свинец будут приняты к реализации.

ЛИТЕРАТУРА

- Агеева С. Т., Волчков А. Г.* Локализация меднопорфирового оруденения на Урале // Разведка и охрана недр. – 1982. – № 9. – С. 14-18.
- Алексеев А. А.* Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. – М.: Наука, 1984. – 136 с.
- Альпинотипные гипербазиты Урала:* информационные материалы / Д. С. Штейнберг, К. К. Золоев, М. Я. Шмаина и др. – Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1985. – 66 с.
- Андреичев В. Л.* Изотопная геохронология доуралид Приполярного Урала: научные доклады. Вып. 413. – Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1999. – 48 с.
- Атлас палеогеографических карт СССР* / гл. ред. А. П. Виноградов. Т. 1. – М., 1968; т. 2. – 1969.
- Атлас палеогеографических карт СССР.* Масштаб 1:7 500 000. Каменноугольный период / гл. ред. О. Л. Эйнон. АН УССР. – Киев, 1965.
- Баклаев Я. П.* Геологическое строение и перспективы Турьинских контактово-метасоматических месторождений меди на Северном Урале. – Свердловск: ГГИ УФАН СССР, вып. 37, 1959. – 142 с.
- Белковский А. И.* К природе эвгеосинклинальных образований восточной части Уфалейского блока // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 60-69.
- Бокситоносные комплексы Урала:* Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 334. – Л., 1987. – 229 с.
- Бородаевская М. Б., Кривцов А. И.* О структурной и возрастной асимметрии Урала на ранних стадиях герцинского развития // Докл. АН СССР. – 1974. – Т. 217, № 1. – С. 161-164.
- Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Ширай Е. П.* Основы структурно-формационного анализа колчеданосных провинций. – М.: Недра, 1977. – 152 с.
- Бочкарев В. В.* Магматические формации северной части Приполярного Урала. – Свердловск, 1990. – 67 с. (Препринт / УрО АН СССР).
- Булыкин Л. Д., Золоев К. К., Малахов И. А.* Офиолиты Урала // Геология и металлогения Урала: сб. науч. тр., кн. I. – Екатеринбург: КИП по Свердл. обл., 1998. – С. 83-99.
- Бучковский Э. С.* Основные черты сульфидной рудоносности ультраосновных массивов восточного склона Южного Урала // Мат-лы по геол. и полез. ископ. Южного Урала. Вып. 2. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – С. 94-105.
- Власов Г. М.* Островные дуги как геосинклинальные системы // Тр. СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. – 1977. – № 41/1. – С. 46-52.
- Воеводин В. Н.* Принципы рудноформационного анализа и генетическая классификация эндогенного вольфрамового оруденения // Сов. геология. – 1982. – № 4. – С. 34-48.
- Волочкович К. Л.* Металлогенический анализ с позиций концепций новой глобальной тектоники и геосинклинального развития // Геол. рудн. м-ний. – 1978. – № 5. – С. 89-98.
- Воробьев В. И., Контарь Е. С.* К вопросу о возможностях локализации меднопорфирового оруденения в Оренбургском Урале // Геология меднопорфировых месторождений. – Алма-Ата, 1971. – С. 98-100
- Вулканизм позднего девона* Магнитогорского мегасинклинория (геология, петрохимия, геохимия) / Д. Н. Салихов, А. В. Яркова, Р. Н. Салихова и др. – Уфа: БФАН СССР, 1987. – 33 с.
- Вулканизм Южного Урала* / И. Б. Серавкин, А. М. Косарев, Д. Н. Салихов и др. – М.: Наука, 1997. – 197 с.
- Вулканические формации Урала* / Е. С. Контарь, Н. А. Румянцева, Ю. С. Каретин и др. // Геология и металлогения Урала: сб. науч. тр., кн. I. – Екатеринбург: КИП по Свердл. обл., 1998. – С. 100-119.
- Вулканогенные породы* машакской свиты среднего рифея: геология и петрогеохимия / Д. Е. Савельев, В. Н. Пучков, Ф. Р. Ардисламов и др. // Литосфера. – 2009. – № 4. – С. 3-26.
- Геология и палеогеография западного склона Урала* / Ю. Д. Смирнов, Н. Г. Боровко, Н. П. Вербицкая и др. – Л.: Недра, 1977. – 199 с.
- Геология СССР*, т. XII. – М.: Недра, 1969, ч. I, кн. 1. – 723 с.; кн. 2. – 304 с.

Глубинное строение и металлогения подвижных поясов / К. К. Золоев, Б. А. Попов, М. С. Рапопорт и др. – М.: Недра, 1990. – 191 с.

Горелов Н. А. Маукское медноколчеданное месторождение // Мат-лы по геол. и полез. ископ. Урала. Вып. 7. – Свердловск, 1958. – С. 171-191.

Горжевский Д. И. Стратиформные месторождения цветных металлов. (Условия локализации и происхождение стратиформных месторождений свинца, цинка и меди) // ИНТ, сер. Рудные м-ния. – М., 1982, т. 12. – 168 с.

Горжевский Д. И., Макеева И. Т. Рудные формации // ИНТ, сер. Рудные месторождения. – М., 1986, т. 16. – 124 с.

Горжевский Д. И., Голева Г. А., Донец А. И. Происхождение свинцово-цинковых месторождений хребта Каратау // Геол. рудн. м-ний. – 1989. – № 1. – С. 66-77.

Горжевский Д. И. История возникновения и современное использование понятия «рудная формация» // Руды и металлы. – 1996. – № 5. – С. 5-10.

Грабежев А. И., Белгородский Е. И., Чащухина В. А. Меднопорфировая минерализация Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – 65 с.

Грабежев А. И., Краснобаев А. А. U-Pb возраст и изотопно-геохимическая характеристика Томинско-Березняковского рудного поля // Литосфера. – 2009. – № 2. – С. 14-27.

Гусев Г. С., Сироткина О. Н. Геодинамическая модель формирования Платиноносного пояса Урала // Геология и разведка. – 2012. – № 2. – С. 20-24.

Густафсон Л. Б., Уильямс Н. Стратиформные месторождения меди, свинца и цинка в осадочных породах // Генезис рудных месторождений, т. 1. – М.: Мир, 1987. – С. 156-244.

Гущин А. В., Гусев Г. С. Место платиноносных массивов в группе уральских ультрамафитов: диагностическая роль хромшпинелидов // Геология и разведка. – 2012. – № 2. – С. 24-29.

Дорофеев Б. В., Рыбалка В. М., Шмаков В. Н. Результаты сейсмических работ на Урале // Вопросы разведочной геофизики, вып. 75. – Свердловск, 1971. – С. 30-38.

Душин В. А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. – М.: Недра, 1997. – 213 с.

Душин В. А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200 000. 2-е изд. Серия Полярно-Уральская. Лист R-42-XXXI, XXXII. СПб.: Изд-во СПб картофабрики ВСЕГЕИ, 2006. – 197 с.

Ефимов А. А. «Горячая тектоника» в гипербазитах и габброидах Урала // Геотектоника. – 1977. – № 1. – С. 24-42.

Ефимов А. А., Таврин И. Ф. О генетическом единстве платиноносных дунитов Урала и Алданского щита // Докл. АН СССР. – 1978. – Т. 243, № 4. – С. 991-995.

Ефимов А. А., Флерова К. В., Маегов В. И. Платиноносный пояс Урала: новая трактовка петрогенезиса и истории развития // Петрология литосферы и рудоносность: тез. докл. VI Всес. петрограф. сов. – Л., 1981. – С. 190-191.

Ефимов А. А. Геодинамическая реконструкция глубинной зоны – места аккреции и метаморфизма Платиноносного пояса Урала // Магматизм и геодинамика. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – С. 71-83.

Ефимов А. А. Платиноносный пояс Урала: история древней глубинной зоны, записанная в ее фрагментах // Отеч. геология. – 1999. – № 3. – С. 31-39.

Закономерности размещения колчеданных месторождений на Южном Урале / М. Б. Бородаевская, А. И. Кривцов, Е. П. Ширай и др. // Изв. АН СССР, сер. геол. – 1969. – № 10. – С. 109-118.

Захаров А. М. Докембрий Зауралья // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 106-109.

Золоев К. К., Попов Б. А., Рапопорт М. С. Магматизм, металлогения и структурно-формационное районирование палеозойд Урала // Эволюция магматизма Урала. – Свердловск: УрО АН СССР, 1987. – С. 74-86.

Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И. Палеогеодинамика. – М.: Наука, 1993. – 192 с.

Ивлев А. И. Генезис цинкового месторождения Шаймерден и перспективы Валерьяновского синклиория на свинцово-цинковое оруденение // Урал. геол. журнал. – 2001. – № 5 (23). – С. 67-78.

Иванов К. С. Основные черты геологической истории (1,6-0,2 млрд лет) и строения Урала: дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 1998. – 252 с.

История развития и минерагения чехла Русской платформы / под ред. Ю. Г. Старицкого. – Л.: Недра, 1981. – 224 с.

История развития Уральско-палеоокеана / под ред. Л. П. Зоненшайна и В. В. Матвеевкова. – М., 1984. – 163 с.

Каленич А. П., Орго В. В., Семенов Ю. П. Полезные ископаемые архипелага Новая Земля // Разведка и охрана недр. – 2002. – № 9. – С. 14-20.

Кейльман Г. А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. – М.: Недра, 1974. – 200 с.

Клюжина М. Л. Литология и условия образования вендских формаций Урала // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 9-24.

Колчеданные месторождения мира / М. Б. Бородаевская, Д. И. Горжевский, А. И. Кривцов и др. – М.: Недра, 1979. – 284 с.

Колчеданные месторождения зарубежных стран / под ред. С. Н. Иванова. – М.: Наука, 1984. – 216 с.

Константинов Р. М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. – М.: Наука, 1973. – 214 с.

Контарь Е. С., Либарова Л. Е. Миграция латерально-вертикальных рядов геосинклинальных вулканогенных формаций и сопряженного с ними оруденения // Вопросы геологической корреляции и металлогении Урала. – М.: Росгеолфонд, 1983. – С. 60-72.

Контарь Е. С. О металлогеническом районировании Урала // Геологическое развитие Урала: достижения и проблемы. – М.: Росгеолфонд, 1988. – С. 19-34.

Контарь Е. С. Латеральные и вертикальные ряды месторождений цветных и черных металлов в геологической истории Урала // Руды и металлы. – 1996. – № 5. – С. 10-17.

Контарь Е. С. Об общих принципах рудноформационного анализа // Руды и металлы. – 1997. – № 3. – С. 3-10.

Контарь Е. С. Колчеданные руды в геологической истории Земли // Геология и минерагения подвижных поясов. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. – С. 79-96.

Контарь Е. С., Либарова Л. Е. Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. – 233 с.

Контарь Е. С. Минерагения чехла восточной окраины Восточно-Европейской платформы // Руды и металлы. – 1999. – № 2. – С. 5-12.

Контарь Е. С. Количественная оценка колчеданообразования // Геол. рудн. м-ний. – 2002. – Т. 44, № 6. – С. 543-555.

Контарь Е. С. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения Урала // Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование: сб. научных трудов. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. – С. 670-699.

Контарь Е. С. Количественная характеристика медно- и молибден-меднопорфирового рудообразования // Региональная геология и металлогения. – 2009. – № 38. – С. 82-91.

Коровко А. В. Магматизм и металлогения Мурзинской и Режевской зон (Средний Урал): автореф. дисс.... канд. геол.-минерал. наук. – Свердловск, 1988. – 29 с.

Коротеев В. А., Дианова Т. В., Кабанова Л. Я. Среднепалеозойский вулканизм восточной зоны Урала. – М.: Наука, 1979. – 130 с.

Костянов А. С. Модельный Re-Os-возраст платиновых минералов // Геол. рудн. м-ний. – 1998. – Т. 40, № 6. – С. 545-550.

Крашенинников Г. Ф. Генетические типы верхнепалеозойских угленосных формаций СССР // Тр. VIII Междунар. конгресса по стратиграфии и геологии карбона. – М.: Наука, 1979, т. 5. – С. 148-154.

Кривцов А. И. Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданообразование. – М.: Недра, 1979. – 168 с.

Кривцов А. И., Самонов И. З., Шабаршов П. Я. О продуктивности различных эпох для колчеданного оруденения // Геол. рудн. м-ний. – 1979. – № 1. – С. 97-102.

Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования поисков меднопорфировых месторождений. – М.: Недра, 1983. – 256 с.

Кривцов А. И., Мигачев И. Ф., Попов В. С. Медно-порфировые месторождения мира. – М.: Недра, 1986. – 236 с.

Кривцов А. И. Прикладная металлогения и мониторинг минерально-сырьевой базы // Смирновский сборник-95. – М.: Изд. МГУ, 1995. – С. 124-164.

Кривцов А. И., Мигачев И. Ф. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. Ч. I. М., 1997. – 326 с.

Кривцов А. И. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. Ч. II. М.: ЦНИГРИ, 1999. – 268 с.

Криницкий Д. Д., Криницкая В. М. Об открытии на юге Башкирии силурийских отложений среди древних толщ западного склона хр. УралТау // Мат-лы по геол. и полез. ископ. Юж. Урала. Вып. 4. – М.: Недра, 1965. – С. 37-39.

Кузнецов В. А. Магматизм и рудные формации // Проблемы магматической геологии. – Новосибирск: Наука, 1973. – С. 309-317.

Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. – М.: Недра, 1964. – 387 с.

Курбацкая Ф. А. О строении и развитии зоны сочленения западного Урала и Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 50-59.

Ксенофонтов О. К. Магматические формации области сочленения Урала и Казахстана и их металлогеническая специализация: автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Свердловск: 1982. – 37 с.

Кэннон Р. С., Пирс А. П., Антвейлер Д. К. Применение изотопов свинца при поисках месторождений полезных ископаемых // Геохимические поиски. – М.: Мир, 1973. – С. 228-236.

Ленных В. И., Белякова Л. Т. Рифтогенный и геосинклинальный доордовикский вулканизм западного склона Урала // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 25-49.

Ли В. Г. Бошекульское медно-молибденовое месторождение // Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана. – Алма-Ата, 1969. – С. 110-114.

Лурье А. М. Происхождение медистых песчаников и сланцев. – М.: Наука, 1988. – 182 с.

Магадеев Б. Д., Тимергазина А. К. Салаватское месторождение прожилково-вкрапленных медных руд // Вопросы геологии и магматизма Урала. – Свердловск: УФАН СССР, 1970. – С. 220-224.

Магматизм Восточно-Уральского пояса Южного Урала / В. И. Сначев, Е. П. Шулькин, В. П. Муркин и др. – Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1990. – 179 с.

Малюга В. И., Проскураков М. И., Козлов В. И. Прогнозные данные к поискам экзогенных месторождений меди в Приуралье // Мат-лы по геол. и полез. ископ. Оренбургской области. – Челябинск, 1967. – С. 102-127.

Марганцевые месторождения Урала / Е. С. Контарь, К. П. Савельева, А. В. Сурганов и др. – Екатеринбург: КИП по Свердл. обл., 1999. – 120 с.

Масленников В. В. Седиментогенез, гальмиролиз и эогенез колчеданосных палеогидротермальных полей (на примере Южного Урала): автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 1997. – 41 с.

Махлаев Л. В. Гранитоиды этапа тектоно-магматической активизации на Севере Урала // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала: тез. докл. VI Урал. петрограф. сов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997, ч. 2. – С. 177-178.

Медноколчеданные месторождения Урала. Геологические условия размещения / под ред. В. И. Смирнова. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. – 288 с.

Медноколчеданные месторождения Урала. Геологическое строение / под ред. В. И. Смирнова. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1988. – 241 с.

Медноколчеданные месторождения Урала. Условия формирования / под ред. С. Н. Иванова и В. А. Прокина. – Екатеринбург: УрО АН СССР, 1992. – 306 с.

Мелекесцева И. Ю. Гетерогенные кобальт-медноколчеданные месторождения в ультрамафитах палеоостроводужных структур. – М.: Наука, 2007. – 245 с.

Металлогения Южного Урала. – Уфа: БашФАН СССР, 1986. – 124 с.

Металлогения орогенов / И. Н. Томсон, В. С. Кравцов, Н. Т. Кочнева и др. – М.: Недра, 1992. – 272 с.

Металлогения складчатых систем с позиции тектоники плит. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 248 с.

Минеральные месторождения Европы. Т. 1. Северо-Западная Европа. – М.: Мир, 1982. – 583 с.

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

Нетрадиционные типы рудопоявлений платиноидов и золота на востоке Русской платформы и в Уральском регионе / В. М. Константинов, А. В. Заварзин, М. И. Фазлуллин и др. // Руды и металлы. – 1999. – № 4. – С. 13-21.

Новые данные о магматизме и металлогении Западного Тургая / М. Л. Сахновский, П. А. Литвин, М. Б. Рыбаков и др. // Вопросы петрологии и металлогении Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981, т. 1. – С. 13-15.

Новое месторождение серебросодержащих свинцово-цинковых руд на архипелаге Новая Земля / А. П. Каленич, В. Д. Крюков, А. В. Ласточкин и др. // Разведка и охрана недр. – 2002. – № 9. – С. 20-23.

Нусипов Е., Ракишев Б. М., Полетаев А. И. Некоторые проблемы и пути расширения медносырьевой базы Казахстана // Геология и разведка недр Казахстана. – 1998. – № 1. – С. 9-24.

Овчинников Л. Н. Контактново-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала. – Свердловск: ГГИ УФАН СССР, вып. 39. – 1960. – 495 с.

Обзор геологических понятий и терминов в применении к металлогении / отв. ред. Е. Т. Шаталов. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 182 с.

Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала / Л. Н. Овчинников, А. И. Степанов, А. А. Краснобаев и др. // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. – Свердловск: УФАН СССР, 1969, т. 1. – С. 173-204.

О возможной первичной природе гнейсов ильменогорского комплекса / Б. Н. Иванов, Т. Л. Нишанбаева, А. Г. Баженов и др. // Геохимия вулканических и осадочных пород Южного Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – С. 75-84.

О возрасте гранитизации и природе субстрата гнейсов сысертско-ильменогорского комплекса / А. А. Краснобаев, Ю. Л. Ронкин, А. И. Степанов и др. // Ежегодник-1977. – Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1978. – С. 3-6.

О возрасте и генезисе гранитоидных комплексов Приполярного Урала / В. П. Водолазская, Ю. П. Шергина, Б. К. Львов и др. // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала: тез. докл. VI Урал. петрограф. сов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997, ч. 2. – С. 154-156.

Ордовик Приполярного Урала. Геология, литология, стратиграфия / Б. Я. Дембовский, З. П. Дембовская, М. Л. Ключина и др. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 218 с.

Орогенный гранитоидный магматизм Урала / Г. Б. Ферштатер, Н. С. Бородина, М. С. Рапопорт и др. – Миасс: ИГГ УрО РАН, 1994. – 250 с.

Основные типы рудных формаций / под ред. Ю. А. Косыгина, Е. А. Кулиша. – М.: Наука, 1984. – 316 с.

Основные черты металлогении Южного Урала / И. Б. Серавкин, А. А. Макушин, В. И. Козлов и др. // Металлогения Южного Урала. – Уфа: ИГ БашФАН СССР, 1986. – С. 5-16.

Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала / под ред. А. Ф. Морозова, О. В. Петрова, А. М. Мельгунова. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. – 274 с.

Особенности химизма амфиболитов ильменогорского комплекса / А. Г. Баженов, Б. Н. Иванов, Л. Ф. Баженова и др. // Метаморфические породы в офиолитовых комплексах Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. – С. 90-100.

О строении и составе позднедокембрийских отложений Сысертско-Ильменогорской структуры (Южный Урал) / В. П. Парначев, В. И. Петров, Г. П. Кузнецов и др. // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 90-104.

Павлова И. Г. Меднопорфировые месторождения (закономерности размещения и критерии прогнозирования). – Л.: Недра, 1978. – 275 с.

Павлов Д. И. Связь осадочных месторождений железа и марганца с нефтегазоносными бассейнами // Геол. рудн. м-ний. – 1989. – № 2. – С. 80-91.

Павлов Д. И., Домбровская Ж. В. Осадочные месторождения марганца как продукты восходящей разгрузки подземных вод нефтегазоносных бассейнов // *Отечеств. геология*. – 1993. – № 8. – С. 21-26.

Павлов Д. И., Карцев А. А. Зоны катагенной разгрузки подземных вод нефтегазоносных бассейнов и осадочный рудогенез // *Геол. рудн. м-ний*. – 1995. – № 2. – С. 122-132.

Палеомагнитология / А. Н. Храмов, Г. И. Гончаров, Р. А. Комиссаров и др.; под ред. А. Н. Храмова. – Л.: Недра, 1982. – 312 с.

Парначев В. П. Фтор и хлор в позднедокембрийских осадочных породах Башкирского мегантиклинория в связи с вопросами их седиментогенеза // *Геохимия вулканических и осадочных пород Южного Урала*. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – С. 35-46.

Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / под ред. Д. И. Горжевского, Д. И. Павлова. – М.: Недра, 1990. – 269 с.

Полуаршинов Г. П., Константинов В. М. О новых типах платиноидного оруденения // *Минеральные ресурсы России*. – 1994. – № 4. – С. 20-23.

Положение магматизма и метаморфизма в геологической структуре и истории Урала / Д. С. Штейнберг, Б. А. Попов, К. К. Золоев и др. // *Эволюция магматизма Урала*. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – С. 7-60.

Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / под ред. А. И. Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.

Полярный Урал – новая минерально-сырьевая база России. – Тюмень: Тюменский ун-т, 1997. – 248 с.

Прогрессивные технологии оценки и разведки меднопорфировых месторождений / А. И. Кривцов, Ю. А. Сергейко, Л. У. Кадырбеков и др. – Алма-Ата: Южказгеология, 1987. – 215 с.

Прокин В. А., Огарин И. С. Среднепалеозойские вулканические пояса Урала // *Докл. АН СССР*. – 1975. – Т. 220, № 2. – С. 433-436.

Ромашова Л. Н. Биргильдинское меднопорфировое месторождение // *Геол. рудн. м-ний*. – 1984. – № 2. – С. 20-30.

Российский металлогенический словарь. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. – 320 с.

Рудные и рудоносные формации / под ред. Ю. А. Косыгина, Е. А. Кулиша. – М.: Недра, 1983. – 350 с.

Ручкин Г. В. Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. – М.: Недра, 1984. – 237 с.

Салихов Д. Н., Пшеничный Г. Н. Магматизм и оруденение зоны ранней консолидации Магнитогорской эвгеосинклинали. – Уфа: БашФАН СССР, 1984. – 110 с.

Самаркин Г. И., Пумпянский А. М., Самаркина Е. Я. Тектоника, магматизм и металлогения Тюменско-Кустанайского прогиба // *Металлогения Восточно-Уральского поднятия и Зауралья*. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – С. 147-149.

Свяжина И. А., Коптева Р. А. Палеомагнитные свидетельства существования Уральского палеоокеана в палеозое // *Глубинное строение и развитие Урала*. – Екатеринбург: Наука, УрО РАН, 1996. – С. 67-76.

Связь стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах с нефтепродуцирующими и галогенными толщами / Д. И. Павлов, Д. И. Горжевский, Л. Г. Богашова и др. // *Изв. АН СССР, сер. геол.* – 1988. – № 8. – С. 92-106.

Серавкин И. Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. – М.: Наука, 1986. – 268 с.

Сеславинский К. Б. Климаты и глобальные климатические пояса ордовика и силура // *Изв. АН СССР, сер. геол.* – 1978. – № 3. – С. 98-112.

Сеславинский К. Б. О климате ордовика // *Докл. АН СССР*. – 1975. – Т. 224, № 3. – С. 669-672.

Смирнов В. И. Эндогенная металлогения // *Тектоносфера Земли*. – М.: Наука, 1978. – С. 121-169.

Смирнов В. И. Проблемы металлогении // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. геол.* – 1979. – № 6. – С. 14-29.

Смирнов Г. А. Материалы к палеогеографии Урала. Визейский ярус. – Свердловск: ГТИ УФАН СССР, 1957. – 119 с.

- Смирнов Г. А., Смирнова Т. А.* Материалы к палеогеографии Урала. Очерк IV. Турнейский век. – Свердловск: ИГГ УФАИ СССР, 1967. – 205 с.
- Смирнов Г. А., Смирнова Т. А.* Материалы к палеогеографии Урала. Очерк III. Фаменский век, вып. 60. – Свердловск: ГГИ УФАИ СССР, 1961. – 85 с.
- Стратифицированные месторождения меди СССР* / Ю. В. Богданов, Е. З. Бурьянова, Э. И. Кутырев и др. – Л.: Недра, 1973. – 312 с.
- Страхов Н. М.* Основы теории литогенеза, т. II. – М.: Наука, 1960. – 574 с.
- Страхов Н. М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 565 с.
- Строна П. А.* К проблеме рудных формаций // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1982. – № 1. – С. 84-94.
- Структура и динамика становления плутона Кытлым на Северном Урале* / Г. Н. Савельева, А. Н. Перцев, О. В. Астраханцев и др. // Геотектоника. – 1999. – № 2. – С. 36-60.
- Твалчрелидзе Г. А.* Сравнительная характеристика колчеданной и меднопорфировой формаций // Геол. рудн. м-ний. – 1975. – № 3. – С. 3-18.
- Твалчрелидзе Г. А.* Металлогенические особенности главных типов вулканических поясов. – М.: Недра, 1977. – 110 с.
- Твалчрелидзе Г. А.* Опыт систематики эндогенных месторождений складчатых областей (на металлогенической основе). – М.: Недра, 1976. – 176 с.
- Твалчрелидзе Г. А.* Мобилизм или классическая геотектоника // ИНТ. Сер. рудн. м-ний, т. 9. – ВИНТИ, 1979. – 114 с.
- Термины и понятия*, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях / под ред. А. И. Кривцова и В. М. Терентьева. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1991. – 210 с.
- Федорова И. Б., Григорьева Г. Г., Компанец С. Н.* Условия размещения меднопорфирового оруденения на Урале // Геология меднопорфировых месторождений. – Алма-Ата, 1971. – С. 12-14.
- Филиппов В. А.* Новое полиметаллическое месторождение на западном склоне Южного Урала // Разведка и охрана недр. – 1975. – № 4. – С. 6-8.
- Филиппов В. А.* Новые данные о полиметаллическом оруденении западного склона Южного Урала // Докембрийские толщи Башкирского мегантиклинория на Урале и их металлогения. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. – С. 56-62.
- Формирование земной коры Урала* / отв. ред. С. Н. Иванов и С. Г. Самыгин. – М.: Наука, 1986. – 247 с.
- Хаин В. Е., Шейнманн Ю. М.* Сто лет учения о геосинклиналях // Сов. геология. – 1960. – № 11. – С. 3-44.
- Халезов А. Б.* Перспективы и проблемы промышленного освоения месторождений меди верхнепермской красноцветной формации Западного Предуралья (способами подземного и кучного выщелачивания) // Руды и металлы. – 2011. – № 5. – С. 5-14.
- Худяков А. П., Маливанчук Б. В.* Саурейское свинцовое месторождение (Полярный Урал). – Новосибирск: ЗапСибНИГНИ, 1972, вып. 52. – С. 211-224.
- Чувашов Б. И., Иванова Р. М., Колчина А. Н.* Верхний палеозой восточного склона Урала. Стратиграфия и геологическая история. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. – 230 с.
- Широбокова Т. И.* Стратиформное полиметаллическое и баритовое оруденение Урала. – Свердловск: УрО АН СССР, 1992. – 139 с.
- Штейнберг Д. С., Соболев И. Д.* Формационное деление магматических образований на Урале // Магматические формации. Тр. 3-го Всес. петрограф. сов. – М.: Наука, 1964. – С. 213-224.
- Штейнберг Д. С.* О специфике магматизма западного склона Урала / Вулканические образования Урала. – Свердловск: УФАИ СССР, 1968. – С. 14-24.
- Штейнберг Д. С.* Базальтоидный магматизм геосинклинальных областей и его металлогения. – М.: Тр. ЦНИГРИ, 1970, вып. 87. – С. 57-73.
- Штейнберг Д. С., Левин В. Я.* Основные проблемы геологического строения, истории формирования и состава Ильменогорского комплекса магматических и метаморфических пород // Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород: Тр. Ильменского гос. зап.-ведника, вып. IX. – Свердловск: УФАИ СССР, 1971. – С. 6-22.

Штейнберг Д. С. Направленность, цикличность и латеральные вариации магматизма // Унаследованность, направленность и цикличность магматизма. – Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1978, вып. 149. – С. 5-27.

Штейнберг Д. С., Попов Б. А. Магматизм и геологическое развитие Урала // Вопросы геологической корреляции и металлогения Урала. – М.: Росгеолфонд, 1983. – С. 5-19.

Щеглов А. Д. Основные проблемы современной металлогении (вопросы теории и практики). – Л.: Недра, 1987. – 231 с.

Щеглов А. Д. Современное состояние теоретических основ металлогении. – Л., 1989. – 24 с.

Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала / В. Я. Левин, Б. М. Роненсон, В. С. Самков и др. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. – 274 с.

Язева Р. Г., Бочкарев В. В. Войкарский вулcano-плутонический пояс (Полярный Урал). – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. – 159 с.

Язева Р. Г., Бочкарев В. В. Металлогения эпиокеанических вулканических и окраинно-континентальных вулcano-плутонических поясов Урала // Эволюция металлогении Урала в процессе формирования земной коры. – Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – С. 107-112.

Kucha H. Platinum-Group Metals in the Zechstein Copper Deposits, Poland // Econ. Geol., 1982, vol. 77, № 6. – P. 1578-1591.

Sverjensky D. A. Oil Field Brines – as Ore-Forming Solutions // Econ. Geol., 1984, vol. 79. – P. 23-35.