

На правах рукописи

ЕЛОХИН ВЛАДИМИР АСКОЛЬДОВИЧ

**МОЛИБДЕНОВОРУДНЫЕ И МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩИЕ ФОРМАЦИИ
УРАЛА**

**25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минерального сырья**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук**

Томск - 2010

Работа выполнена на кафедре геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях факультета геологии и геофизики ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Грязнов Олег Николаевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор, член-корреспондент РАН Золоев
Ким Карпович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор Мустафин Сабир Кабирович

доктор геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник Холоднов
Владимир Васильевич

Ведущая организация: Институт геологии и минералогии им.
В. С. Соболева СО РАН

Защита состоится «27» октября 2010 г. в 14-00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.07 при Национальном исследовательском Томском политехническом университете по адресу: 634050 г. Томск, ул. Советская, 73, корп. 1, ауд. 111.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Национального исследовательского Томского политехнического университета (г. Томск, ул. Белинского, 55)

Автореферат разослан « ____ » _____ 2010 г.

Ученый секретарь
совета по защите докторских и
кандидатских диссертаций Д 212.269.07 _____ С. И. Арбузов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Молибден широко используется в металлургии легированных сталей и сплавов. Основными промышленными типами месторождений Мо являются:

- собственно молибденовые молибденпорфирового (штокверкового) геолого-промышленного типа, в них заключено около 31 % подтверждённых мировых запасов и они обеспечивают приблизительно 29 % общемировой добычи;
- комплексные медно-молибденовые месторождения молибден-меднопорфирового типа (60 % подтверждённых запасов и 60,4 % добычи) и вольфрам-молибденовые – штокверкового и скарнового типов (6 % запасов и 6,5 % добычи).

Месторождения молибденпорфирового типа сосредоточены в основном в США (Гендерсон, Клаймакс, Куэста и Куотс-Хилл, Томпсон-Крик, Маунт-Эммонс, Маунт-Толмен), России (Бугдаинское, Жирекенское, Сорское, Агаскырское), Канаде (Эндако, Китсолт), известны также в Китае (Луанчуань, Циндуичен), Казахстане (Шалгиинское), Монголии и др.

Молибден-меднопорфировые месторождения сконцентрированы преимущественно в Чили (Чукикамата, Эль-Теньенте, Эскондида, Андина, Эль-Сальвадор, Кольяуаси, Лос-Пеламбрес и др.), Перу (Куахоне, Антамина, Мичикильяй, Токепала), Мексике (Ла-Каридад), Канаде (Хаклберри, Гибралтар, Хайленд-Валли и др.), Казахстане (Коунрад, Актогай, Айдарлы), Армении (Каджаранское, Агаракское, Анкаванское, Дастакертское, Джиндаринское, Парагачайское, Айгедзорское), Узбекистане (Кальмакыр, Сары-Чеку, Дальнее), Монголии (Эрдэнэтийн-Ово, Цаган-Сувурга), США (Бингем, Багдад, Сьеррита, Чинно, Минерал-Парк, Каса-Гранде, Твин-Бьюттс и др.), Аргентине (Эль-Пачон, Агуа-Рика), а также на Филиппинах, в Японии, Малайзии и др.

Вольфрам-молибденовые штокверковые и скарновые месторождения находятся в Китае (Сихуашань, Янцзячжанцзы, Хуанподи и др.), России (Ореkitканское, Малоойногорское, Джидинское, Шахтаминское, Тырныауз и др.), Казахстане (Коктенкольское, Северо-Катпарское, Акчатауское, Восточно- и Северо-Коунрадские и др.), Монголии (Ондор-Цаган, Йэгзер, Арин-Нур) и др.

Различными аспектами геологии молибденовых и молибденсодержащих месторождений на глобальном и региональных уровнях в разное время занимались: Берзина А. П., Боголепов В. Г., Грабежев А. И., Денисенко В. К., Дистлер В. В., Золоев К. К., Кривцов А. И., Ларичкин В. А., Макеев Б. В., Мовсисян С. А., Павлова И. Г., Павловский А. Б., Перваго В. А., Повилайтис М. М., Покалов В. Т., Попов В. С., Пэк А. В., Рехарский В. И., Рундквист Д. В., Сотников В. И., Хрущов Н. А., Чухров Ф. В., Шанин Л. Л., Шипулин Ф. К., Щерба Г. Н., Яковлев П. Д., Field C. W., Hodder R. W., Hollister V. F., Hutchinson R. V., Gustafson L. B., Guild P. W., Kesler S. E., Kirkham R. V., Lowder G.G., Lowell J.D., Sillitoe R. H. и др.

Актуальность исследований. Урал являлся и является одним из наиболее богатых минеральным сырьем регионов страны. В настоящее время из его недр добывается более 50 видов минерального сырья, но Уральский складча-

тый пояс не принадлежал к числу значительных TR и W-Mo областей Мира. Тем не менее, Урал явился пионером в создании минерально-сырьевой базы TR и W в нашей стране. В 1930-1940 г. г. в Вишневых горах началась и многие годы продолжалась разработка россыпных месторождений циркона и коренных месторождений пироклора. Первые в России W рудники в конце девятнадцатого века были открыты на Урале, а добыча W продолжалась до второй половины 50-х годов прошлого столетия. Перед Великой Отечественной Войной и в годы войны на Урале добывались небольшие количества Мо. В настоящее время Урал не исчерпал свой TR и W-Mo потенциал.

На Урале имеются серьезные предпосылки создания долгосрочной минерально-сырьевой базы Мо и W. Так геологами Уральской геологосъемочной экспедиции открыты и в разной мере изучены: Южно-Шамейское месторождение Мо; Партизанское – W и Мо; Талицкое Cu-Mo месторождение; комплексное TR месторождение «Сибирка». Геологами Курганской геологоразведочной экспедиции выявлено и предварительно изучено крупное Коклановское месторождение W-Mo руд, к югу от которого протягивается широкая полоса геохимических аномалий Мо, W и Be, заканчивающаяся на юге месторождением «Восток» и позволяющая прогнозировать выявление нескольких подобных месторождений. Кроме того, на Урале известны средние по запасам Мо-Cu месторождения порфирового семейства, активно подготавливаемые к промышленному освоению.

Сложившаяся структура в молибденовой подотрасли РФ, когда подавляющая часть разрабатываемых месторождений Мо расположена на востоке страны, а металлургические предприятия – на Урале и западе страны, свидетельствует о целесообразности дальнейшего ведения поисковых работ, как в экономически освоенных районах Урала, так и на территории Приполярного и Полярного Урала. Строительство новой железнодорожной ветки в рамках программы «Урал промышленный - Урал Полярный» только ускорит этот процесс. В настоящее время объемы добычи минерального сырья из недр Урала превышают приросты их запасов.

Цель и задачи исследований: оценка эндогенной, экзогенной и техногенной молибденовой рудоносности Уральского складчатого пояса; выявление обстановок формирования и функционирования рудообразующих систем; установление закономерностей распределения месторождений в структурах разного порядка; выявление генетических особенностей, состава и строения рудных тел. Для достижения этой цели решались следующие задачи: 1) определение региональных и локальных геолого-структурных факторов локализации молибденовых и молибденсодержащих месторождений; 2) изучение геологического строения месторождений, вещественного состава руд и их структурно-текстурных особенностей; 3) выявление геохимических особенностей руд и метасоматитов; 4) определение изотопного состава серы сульфидов для решения вопросов источников рудного вещества; 5) изучение масштабов развития и особенностей проявления окolorудных гидротермально-метасоматических пород, их минерального, химического состава и зональности как признаков, от-

ражающих условия формирования рудных месторождений; 6) определение места и значимости молибденовой минерализации в геологической истории Урала; 7) исследование рынков молибдена и вольфрама.

Методика исследований: полевое геологическое, минералогическое, геохимическое картирование пород, руд и околорудных метасоматитов; петрографическое, петрохимическое, геохимическое, петрофизическое, минералогическое исследование пород, руд и околорудных метасоматитов; применение современных компьютерных программ количественной обработки материалов; сбор опубликованных и фондовых материалов по геологии рудных месторождений Урала; установление формационной принадлежности рудных объектов; разработка и составление генетической типизации молибденовых проявлений Урала; обобщение и систематизация на формационном уровне молибденовых и молибденсодержащих месторождений в связи с проявлением магматизма в геологической истории Урала; изучение нетрадиционных для Урала экзогенных и техногенных молибденовых проявлений; анализ рынков вольфрама и молибдена.

Фактический материал, использованный в работе, получен автором за период с 1976 по 1990 г. г., при самостоятельных хозяйственных работах и в составе Северной научно-исследовательской геологической экспедиции (СНИГЭ). За этот период автором с коллективом исследователей были посещены и с разной степенью детальности изучены, описываемые в работе объекты Севера Урала. Кроме того, автор в содружестве с геологами Полярно-Уральской геологоразведочной экспедиции задокументировал, опробовал и в последующем обработал материалы по рудным объектам Хараматолоуской площади и Янослорскому рудопроявлению. В период с 1990 по 2004 г. г. автор познакомился с месторождениями Среднего и Южного Урала обработал, с применением корреляционного, кластерного, факторного анализов, результаты геохимического опробования Михеевского, Южно-Шамейского и Коклановского месторождений, любезно предоставленные геологами-производственниками.

Научная новизна работы: 1) диссертация представляет собой первое теоретическое обобщение по проблеме геологии молибденовых и молибденсодержащих месторождений Урала; 2) предложена генетическая типизация молибденовых и молибденсодержащих месторождений Урала; 3) выявлены закономерности размещения основных рудно-формационных типов месторождений в структурах Урала; 4) установлена принадлежность уральских месторождений порфирового семейства к четырем рудно-метасоматическим формациям, одна из которых в геологической истории региона проявилась неоднократно; 5) впервые выделены нетрадиционные типы молибденсодержащих объектов: коры выветривания, молибденсодержащие торфа, отходы горного производства, обогащения, пирометаллургических и энергетических производств.

Практическая значимость работы:

- принципы построения генетической типизации молибденовых месторождений могут быть использованы при изучении других рудных полезных иско-

паемых;

- выделены перспективные площади для поисков новых молибденовых и молибденсодержащих месторождений;
- составлена карта рудоносных метасоматических формаций Полярного Урала масштаба 1:200000, как основа прогнозной оценки территории на молибденовые и молибденсодержащие месторождения;
- составлена карта рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма Малопатокской площади масштаба 1:200000, как основа прогнозно-поисковых работ на молибден;
- предложенная методика анализа рынков молибдена и вольфрама применима для любых видов минерального сырья.

Реализация результатов исследования осуществлялась в ходе выполнения хозяйственных работ по заказу ПГО «Полярноуралгеология», «Главтюменьгеология», Полярно-Уральской геологоразведочной экспедиции, ПГО «Уралкварцсамоцветы». Результаты работ приняты заказчиком и внедрены в производство для повышения эффективности геологоразведочных работ. Методические и теоретические аспекты исследования используются в лекциях по курсам: «Маркетинг минерального сырья», «Основы малого бизнеса в геологии» на кафедре ГлЗЧС и «Геология месторождений полезных ископаемых» на кафедре ГПР МПИ.

В целом результаты исследований приняты для использования в работах в структурных подразделениях ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция» (акт внедрения от 16 июня 2009 г.)

Публикации и апробация работы. Основные положения диссертации изложены в восьми статьях в журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных изданий, в двух монографиях, одной коллективной монографии и в 80 работах в журналах, сборниках и материалах конференций.

Основные научные и практические выводы докладывались и обсуждались на Международных, Всесоюзных и Всероссийских совещаниях, симпозиумах и конференциях: «Эндогенное оруденение в подвижных поясах» (Екатеринбург, 2007), «Рудоконтролирующие факторы и условия образования месторождений редких и цветных металлов в осадочных породах» (Москва, 1979), «Металлогения Урало-Монгольского складчатого пояса» (Алма-Ата, 1983), «Стратиформные месторождения цветных металлов» (Алма-Ата, 1985), «Генетические модели эндогенных рудных формаций» (Новосибирск, 1985), «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейского северо-востока СССР» (Сыктывкар, 1988), «Комплексное использование вольфрамовых месторождений в СССР» (Ленинград, 1981, 1986), «Метасоматизм и рудообразование» (Ленинград, 1982, 1987, Екатеринбург, 1997), «IX Всесоюзный симпозиум по стабильным изотопам в геохимии» (Москва, 1982), «Теория и практика геохимических поисков в современных условиях» (Ужгород, 1988), «Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений цветных, редких и благородных металлов» (Фрунзе, 1985), Уральская минералогическая школа – 2007: «Под знаком марганца и железа» (Екатеринбург, 2007),

«Наука и технологии. XXVII Российская школа, посвященная 150-летию К. Э. Циолковского, 100-летию С. П. Королева и 60-летию Государственного ракетного центра «КБ им. академика В. П. Макеева» (Миасс, 2007); на межрегиональных и региональных конференциях: «Рудоносные метасоматические формации Урала» (Свердловск, 1981, 1986, 1991), «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и ее складчатого обрамления» (Тюмень, 1982, 1983, 1985), «Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала (Екатеринбург, 2000), «Наука и оборонный комплекс – основные ресурсы российской модернизации» (Екатеринбург, 2002) и др.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы, общим объемом 409 страниц машинописного текста, содержит 102 таблицы и 95 рисунков. Библиографический список включает 320 опубликованных и фондовых источников.

Глава 1 посвящена систематике молибденовых и молибденсодержащих месторождений и определению их места в геологической истории развития региона. В главе 2 рассматриваются эндогенные молибденоваторудные формации. Приводится систематика и описание месторождений порфирового семейства, включающего объекты медно-молибденовой кварц-полевошпатовой, молибденово-медной кварц-серицитовый, молибденово-медной пропилитовой и медной пропилитовой формаций. Описаны месторождения и проявления вольфрам-молибденовой грейзеновой и кварц-молибденовой грейзеновой формаций. Дается сравнительная характеристика месторождений, сформировавшихся в различные металлогенические эпохи, определена их практическая значимость. В главе 3 описываются эндогенные молибденсодержащие формации: редкометалльная альбититовая, редкометалльно-вольфрамовая грейзеновая, редкометалльная пегматитовая, редкометалльная карбонатитовая, медно-магнетитовая скарновая, а также месторождения колчеданного семейства. Глава 4 посвящена описанию нетрадиционных проявлений молибдена. Рассматриваются коры выветривания, молибденсодержащие торфы. Приводится характеристика некоторых молибденсодержащих техногенных образований: отходов обогащения, шлаков и зол. В главе 5 на основе маркетингового исследования Азиатского, Американского, Европейского, Российского и Мирового рынков вольфрама и молибдена, с применением корреляционного, кластерного, регрессионного и факторного анализов, определены особенности рынков и сделан прогноз их развития. Определена товарная стоимость эндогенных молибденоваторудных объектов различной формационной принадлежности и выполнена прогнозная оценка территории Урала в масштабе 1:1000 000 на выявление объектов вольфрам-молибденовой грейзеновой формации.

Достоверность защищаемых положений определяется значительным числом изученных месторождений и рудопроявлений различной формационной принадлежности и представляющих различные рудные районы Урала, большим количеством используемого фактического геологического материала, получен-

ного как лично соискателем, так и заимствованного из многочисленных отчетов и публикаций.

Благодарности. Работа выполнена в Уральском государственном горном университете на кафедре «Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях». Руководству университета и кафедры: профессорам Носыреву Б. М., Талалаю А. Г., Болтырову В. Б. за внимание, поддержку и помощь автор выражает свою искреннюю признательность. Исследования автора начинались под руководством профессора О. Н. Грязнова, доцента В. И. Чеснокова, профессора В. А. Душина и долгие годы проводились в содружестве с коллегами по университету и специалистами других научно-исследовательских и производственных организаций. На характер проведенных исследований оказали существенное влияние принципы и идеи многих исследователей: А. И. Грабежева, О. Н. Грязнова, К. К. Золоева, Е. С. Контаря, И. К. Кривцова, Б. И. Омеляненко, М. С. Рапопорта, Д. В. Рундквиста, В. Н. Сазонова, И. Д. Соболева, и др. Написанию работы способствовали совместная работа и общение с В. П. Алексеевым, В. В. Бабенко, В. В. Григорьевым, А. Б. Макаровым, А. А. Малюгиным, В. Н. Огородниковым, В. Ф. Рудницким, В. Н. Сазоновым и многими другими. Значительную помощь в математической обработке материалов оказал В. С. Балахов. Автор выражает благодарность всем, кто помогал проведению и завершению исследований.

Особую благодарность автор выражает научному консультанту О. Н. Грязнову.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Положение 1. Эндегенные молибденовые и молибденсодержащие месторождения Урала принадлежат к группам плутоногенных, плутоногенно-вулканогенных, вулканогенных и метаморфогенных рудно-метасоматических формаций. Разновозрастный и разнофациальный магматизм и метаморфизм при конкретных параметрах физических полей контролируют положение месторождений в региональных структурах.

В пределах Уральского складчатого пояса известно несколько сотен молибденовых и молибденсодержащих месторождений и рудопроявлений. Концентрации Мо встречаются в кварцевых жилах и штокверках, грейзенах, скарнах, гумбеитах и других метасоматически измененных породах. На одних месторождениях Мо ассоциирует с W и TR, на других - с Cu и Fe. Метасоматические породы, с которыми связано Мо оруденение, также весьма разнообразны. Разнообразна и геодинамическая обстановка, в которой формировались эндегенные месторождения Мо. Кроме того, повышенные концентрации Мо отмечаются в корах выветривания, в углях, торфах, а также в отходах пирометаллургических производств и золоотвалах электростанций. В связи с вышеизложенным, возникает необходимость генетической типизации молибденовых и молибденсодержащих месторождений Урала.

Существующие классификации молибденовых месторождений (Покалов, 1972, 1997, Хрущев, 1961, Грабежев, 1980, Павлова, 1978 и др.) как прави-

ло, рассматривают только эндогенные месторождения. Предлагаемая типизация молибденовых и молибденосодержащих месторождений Урала включает в себя эндогенные и экзогенные объекты (табл. 1). Молибденосодержащие техногенно-минеральные образования изучены слабо. Они требуют постановки специализированных исследований и находятся в стадии геологического, технологического, экологического доизучения.

Таблица 1

Генетические типы молибденовых и молибденосодержащих
месторождений Урала

Серия	Группа	Класс	Полезное ископаемое	Практическая значимость в отношении Мо	Примеры месторождений
Эндогенная	Плутогенная	Пегматитовый	TR, Мо	Незначительная	Полуденское
		Карбонатитовый	TR	Мо-попутный	Сибирка
		Известково-скарновый	Fe, Cu, Мо	Мелкие месторождения	Немурьюганское
		Альбититовый	TR	Мо-попутный	Тайкеуское
		Грейзеновый	Mo, W, TR	Крупные и средние месторождения	Южно-Шамейское, Коклановское
		Гумбеитовый	W	Незначительная	Гумбейское
	Плутогенно-вулканогенная	Пропилитовый	Cu	Незначительная	Салаватское
		Кварц-серицитовый (оксеталитовый)	Cu, Мо	Средние месторождения	Михеевское, Лекын-Тальбейское
		Кварц-полевошпатовый	Mo, Cu	Средние месторождения	Талицкое
		Лиственит-березитовый	Au, Pb, Zn, TR	Мо-примесь в сульфидах	Березовское
		Аргиллизитовый	U, Мо, Au	Мо-попутный	Объекты Урала
	Вулканогенная	Кварц-серицит-хлоритовый	Cu, Zn, Pb, Ba	Мо-примесь в сульфидах	Тышорское
		Гидрослюдистый	U, Мо	Незначительная	Объекты Урала
	Метаморфогенная	Метаморфический	TR, Мо	Не ясна	Кедровский участок
Экзогенная	Осадочная	Биохимический	Уголь, торф	Не ясна*	Кизеловское, Адуйский торфяник
	Остаточная	Коры выветривания	Cu, Мо	Значимая на промышленных объектах	Михеевское, Южно-Шамейское

* - возможный источник Мо в недалеком будущем

Эндогенные месторождения предлагается систематизировать на основе рудно-метасоматических формаций.

При средне-крупномасштабных металлогенических исследованиях, как правило, рудные объекты рассматриваются на формационном уровне (месторождения объединяются в рудные формации, а околорудноизмененные породы - в метасоматические формации). По характеру временных и простран-

ственных взаимоотношений метасоматические формации сопровождаются синхронным, сопряженным (или сопутствующим) и наложенным оруденением. Это свидетельствует о необходимости выделения рудно-метасоматических формаций (ассоциаций). Последние отвечают генетически или парагенетически (по происхождению или сонахождению) связанным системам гидротермально измененных пород и руд (скарновая железорудная, альбититовая редкометалльная, грейзеновая вольфрам-молибденовая и др.) (Грязнов, 1988, 1992). Подобный подход был применен при классификации золоторудных и золотосодержащих месторождений Урала (Сазонов, Мурзин, 1989).

Вопросам металлогении Урала и ее эволюции в процессе формирования земной коры посвящены работы Алексеева А. А., Баклаева Я. П., Баранникова А. Г., Болтырова В. Б., Верховцева В. А., Грабежева А. И., Грязнова О. Н., Душина В. А., Дымкина А. М., Захарова А. А., Захаровой А. А., Золоева К. К., Исмагилова М. И., Казака А. П., Камалетдинова М. А., Контаря Е. С., Коротеева В. А., Левина В. Я., Лучинина И. Л., Львова Б. К., Мареичева А. М., Мормиля С. П., Мурзина В. В., Нечеухина В. Н., Овчинникова Л. Н., Огородникова В. Н., Охотникова В. Н., Попова Б. А., Прокина В. А., Рапопорта М. С., Рудницкого В. Ф., Рундквиста Д. В., Сазонова В. Н., Серавкина А. А., Силаева В. И., Смирнова С. С., Тимергазиной А. Г., Ферштатера Г. Б., Фишмана М. В., Штейнберга Д. С., Шуба В. С., Юшкина Н. П. и др.

Рудные месторождения Урала формировались в различные металлогенические эпохи и в различных геодинамических обстановках. Естественно, что на их генезис существуют различные точки зрения. Это обусловлено объективными и субъективными факторами (развитие науки и техники, конъюнктура, мировоззрение, приверженность определенным направлениям, различная трактовка понятий и терминов и др.).

Анализ опубликованной и фондовой литературы, а также собственных материалов позволил выделить рифейско-раннекембрийскую, раннепалеозойскую, среднепалеозойскую, средне-позднепалеозойскую, позднепалеозойскую и позднепалеозойско-мезозойскую металлогенические эпохи формирования молибденоваторудных и молибденсодержащих формаций на Урале (Елохин, 2006).

В рифейско-раннекембрийскую металлогеническую эпоху в условиях островодужной обстановки образовались месторождения молибденово-медной кварц-серицитовой, медно-цинково-колчеданной кварц-серицит-хлоритовой и серно-медно-колчеданной кварц-серицит-хлоритовой формаций. Развитие месторождений вольфрам-молибденовой грейзеновой и медно-молибден-магнетитовой скарновой формаций обусловлено проявлением коллизионного магматизма. Молибденовые и молибденсодержащие месторождения этого возрастного диапазона зафиксированы в пределах Центрально-Уральской мегазоны, в Полярно-Уральском и Ляпинско-Кутимском мегаблоках.

Раннепалеозойской металлогенической эпохе свойственны рифтовые редкометалльная углеродисто-кремнистая, редкометалльная карбонатитовая, редкометалльно-вольфрамовая грейзеновая формации и островодужная медно-

цинково-колчеданная кварц-серицит-хлоритовая (уральский тип) формация. Собственно молибденовых месторождений этого возраста на Урале не установлено.

Формирование молибденовых и молибденосодержащих месторождений в среднепалеозойское время происходило в островодужных условиях, океанического спрединга и рифтогенной активизации. В связи с проявлением островодужного магматизма развиты месторождения молибденово-медной пропилитовой, барит-медно-цинково-колчеданной кварц-серицит-хлоритовой (алтайский тип), медно-цинково-колчеданной кварц-серицит-хлоритовой (уральский тип), меднопорфировой пропилитовой, молибденово-медной кварц-серицитовой формаций. В условиях океанического спрединга развивались медно-колчеданные кварц-серицит-хлоритовые (кипрский тип) месторождения. Объекты редкометалльно-полиметаллической березит-лиственитовой и уран-молибденовой кварц-гидрослюдистой формаций установлены в связи с проявлением магматизма рифтогенной активизации (Душин, 1997).

В средне-позднепалеозойскую металлогеническую эпоху в условиях активной окраины формировались месторождения железа и медно-железорудной скарновой, золотосульфидно-кварцевой березит-лиственитовой формаций (Сазонов и др., 1999), а также молибденоносные угли. Коллизионный магматизм этого возрастного периода обусловил развитие объектов вольфрам-молибденовой грейзеновой формации.

Позднепалеозойской металлогенической эпохе свойственны месторождения, относящиеся к шеелитовой гумбеитовой, редкометалльным пегматитам, кварц-молибденовой грейзеновой, редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой и редкометалльной альбититовой формациям. Их формирование связано с проявлением коллизионного магматизма. В условиях позднепалеозойской переходной и раннеколлизионной геодинамической обстановки образовывались месторождения молибденово-медной кварц-серицитовой и медно-молибденовой кварц-полевошпатовой формаций.

Позднепалеозойско-мезозойская внутриплитная активизация обусловила формирование месторождений уран-молибденовой аргиллизитовой и вольфрам-молибденовой грейзеновой формаций.

Эволюцию молибденовых и молибденосодержащих месторождений иллюстрирует таблица 2.

Урал характеризуется сложным блоковым строением, которое подчеркивается наличием многочисленных разломов диагональных и ортогональных систем, различающихся порядком, возрастом заложения и подновления.

Участки пересечения, сопряжения или подновления структурных форм различного происхождения и порядков контролировали развитие полихронного магматизма и постмагматической деятельности. Так, наибольшим разнообразием эндогенной минерализации отличаются формации коллизионного этапа развития с редкометалльно-вольфрам-молибденовой металлогенической специализацией литофильного (редкометалльная альбититовая, вольфрам-молибденовая грейзеновая, редкометалльно-вольфрамовая грейзеновая, ред-

кометалльная пегматитовая) и халькофильно-литофильного (шеелитовая гумбеитовая, медно-молибден-магнетитовая скарновая, медно-молибденовая кварц-полевошпатовая) профиля. Размещение серно-медно-колчеданных и медно-цинково-колчеданных кварц-серицит-хлоритовых месторождений обязано развитию раннеостроводужных базальтоидов натровой серии. Некоторые молибденоворудные и молибденсодержащие формации в истории геологического развития Урала проявлялись неоднократно, что объясняется полихронностью магматических процессов.

Таблица 2

Эволюция молибденовых и молибденсодержащих месторождений Урала

Шкала геологического времени		Генетические классы молибденоворудных и молибденсодержащих месторождений												
Период	Возраст млн. лет	Пегматитовый	Карбонатитовый	Скарновый	Альбититовый	Грейзеновый	Гумбентовый	Пропилитовый	Кварц-серицитовый	Кварц-полевошпатовый	Березит-лиственитовый	Кварц-серицит-хлоритовый	Аргиллизитовый	Гидрослюдистый
T	200±1 251±3					Mo W							U Mo	
P	295±5	TR Mo				TR W								
C	(360)			Fe Cu	TR		W		Cu Mo	Mo Cu		Au TR		
D	418±2					Mo W		Cu Mo	Cu Mo		Pb Zn	Cu Zn Ba		U Mo
S	443±2											Cu Zn		
O	490±2		TR Mo			TR W Mo					Pb Zn Ba			
Є	535±1			Fe Cu Mo		Mo								
V	600±10													
R ₃	1030±30								Cu Mo			Cu Zn Pb		

Блоки земной коры, к которым приурочены молибденовые и молибденсодержащие месторождения характеризуются различными параметрами физических полей. Их характеристики будут показаны ниже, при рассмотрении конкретных рудных формаций.

Общеизвестно значение структурных факторов (дизъюнктивные и пликативные структуры I, II, III и более высоких порядков) в размещении месторож-

дений. Так, структурой I порядка контролирующей положение медно- и медно-цинково-колчеданных кварц-серицит-хлоритовых месторождений является Тагильско-Магнитогорский прогиб (мегазона), в пределах которого сосредоточено подавляющее большинство рудных объектов. Значительная часть вольфрам-молибденовых грейзеновых проявлений пространственно приурочена к Восточно-Уральскому поднятию (мегазоне), в то время как наиболее крупные месторождения данного формационного типа выявлены в пределах Зауральского поднятия (мегазоны). Структурами III и более высоких порядков, контролирующими собственно молибденовые объекты являются антиклинорные структуры (вольфрам-молибденовая грейзеновая формация).

Таким образом, положением молибденоворудных и молибденосодержащих месторождений Урала в региональных структурах; связью (генетической и парагенетической) с определенным типом магматизма; пространственной приуроченностью к блокам, характеризующимися различными значениями параметров физических полей; сменой температур, давления и концентраций во времени и пространстве объясняется эволюция молибденовых и молибденосодержащих месторождений в истории геологического развития региона.

Положение 2. Среди эндогенных молибденоворудных формаций Урала практическую значимость, в отношении молибдена, определяют месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации, а также месторождения порфирового семейства, которые включают объекты медно-молибденовой кварц-полевошпатовой и молибденово-медной кварц-серицитовой формаций.

К собственно молибденовым объектам автор относит месторождения, в которых молибден является основным или одним из основных полезных компонентов. Среди молибденовых объектов Урала выделяются проявления вольфрам-молибденовой грейзеновой, кварц-молибденовой грейзеновой формаций и месторождения порфирового семейства.

Вольфрам-молибденовая грейзеновая формация

На генезис и формационную принадлежность молибденовых месторождений Урала существуют различные точки зрения. Не вдаваясь в дискуссию отметим, что автор, как и в работе [Рундквист, 1970], к месторождениям грейзеновой формации относит месторождения, в которых рудообразование сопряжено (пространственно и во времени) с процессами грейзенизации вмещающих пород (метасоматоз с участием летучих F, B, Cl, протекающий в широком диапазоне давлений при эволюции кислотности-щелочности растворов и проявляющийся в связи с постмагматической деятельностью гранитных интрузий). Естественно, что эти месторождения могут подразделяться по набору наиболее распространенных метасоматических фаций (кварц-мусковитовые, мусковитовые, кварц-флюоритовые и т. д.), по морфологии рудных тел (жилые, штокверковые, прожилково-вкрапленные и т. д.), по составу главных и второстепенных рудных минералов (минеральный тип или рудная фация), по геохимической специализации (вольфрам-молибденовые оловоносные, молибденовые с

висмутом и бериллием и т. д.), по способу образования (замещение, выполнение) и др. Таким образом, исходя из минерального состава околорудных метасоматитов (метасоматических колонок), химизма процесса метасоматического преобразования вмещающих пород, геохимической и металлогенической специализации, связи с магматическими породами, структурных позиций и геодинамических обстановок рассматриваемые объекты отнесены к вольфрам-молибденовой грейзеновой формации.

На Урале известно несколько десятков месторождений и рудопроявлений, принадлежащих к вольфрам-молибденовой грейзеновой формации. Большинство объектов расположено в Восточно-Уральской мегазоне — 56,4 %, меньше - в Центрально-Уральской - 28,2 % и Зауральской мегазонах - 10,3 % и лишь несколько проявлений выявлены в пределах Тагильско-Магнитогорской мегазоны — 5,1 %. Следует отметить, что значительная часть вольфрам-молибденовых грейзеновых проявлений тяготеет к переходным зонам (границам структур I порядка). Практически все объекты приурочены к приподнятым блокам (антиклинорным структурам III порядка).

В истории развития Урала устанавливается несколько металлогенических эпох, с которыми связано формирование месторождений вольфрам-молибденовой грейзеновой формации: рифейско-раннекембрийская, средне-позднепалеозойская и позднепалеозойско-мезозойская. Следует отметить, что в направлении с севера на юг и с запада на восток отмечается «омоложение» молибденовой минерализации. Кроме того, в направлении с запада на восток происходит «укрупнение» молибденовых объектов. Так, наиболее значимые по запасам месторождения (Коклановское, Дрожиловское, Смирновское) выявлены в Зауральской мегазоне, а Южно-Шамейское месторождение приурочено к восточной границе Восточно-Уральской мегазоны.

С целью выяснения положения месторождений и рудопроявлений вольфрам-молибденовой грейзеновой формации в физических полях Урала использованы материалы (карты масштаба 1:1 000 000) Е. М. Ананьевой, Н. Г. Берлянд, М. Б. Бородаевской, В. С. Дружинина, З. И. Дудкиной, Н. Я. Екидиной, А. Н. Калабурдиной, Н. С. Кузнецовой, А. И. Кривцова, П. С. Ревякина, Э. А. Ревякиной, В. М. Рыбалки, Б. Г. Семенов и др. и выполнены корреляционный, кластерный и факторный анализы.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- наиболее значимые по запасам месторождения сосредоточены в Зауральской мегазоне;
- параметры физических полей отражают неоднородность земной коры Урала и ее блоковое строение, месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации различных металлогенических эпох характеризуются пространственной приуроченностью к определенным блокам;
- 51,3 % месторождений находятся в блоках, у которых мощность коры составляет 55,0-60,0 км; 23,1 % - с мощностью коры 50,0-55,0 км; 23,0 % месторождения в блоках с мощностью коры 45,0-50,0 км и 2,6 % - с мощностью 60,0-65,0 км;

- 61,5 % Мо объектов расположены в блоках, основность которых составляет 1,8-2,0 г/см³; 38,5 % объектов в блоках с основностью 2,0-2,4 г/см³;

- блоки, в которых стратоизогипсы поверхности базальтового слоя находятся в пределах от -20,0 до -25,0 км содержат 53,8 % рудных объектов, блоки, в которых поверхность базальтового слоя находится на глубинах от -15,0 до -20,0 км, вмещают 43,6 % молибденовых проявлений;

- в блоках с плотностью коры 2,85-2,89 г/см³ находится 71,8 % рудных объектов, а в блоках с плотностью 2,90-2,93 г/см³ установлено 28,2 % рудопроявлений;

- масштабы объектов не зависят от интенсивности физических полей, но имеют обратную связь с мощностью земной коры;

- отсутствие связей между физическими полями и масштабом объектов, по-видимому, объясняется тем, что физические поля отражают современное состояние Урала, в то время как месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации формировались в три металлогенические эпохи (рифейско-раннекембрийскую, средне-позднепалеозойскую и позднепалеозойско-мезозойскую).

Месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации рифейско-раннекембрийской металлогенической эпохи развиты в пределах Центрально-Уральской мегазоны, в Полярно-Уральском (рис. 1) и Ляпинско-Кутимском (Малопатокская площадь) мегаблоках (рис. 2).

Полярный Урал характеризуется сложным блоковым строением, обусловленным сопряжением добайкальских и байкальских северо-западных структур с каледоно-герцинскими структурами близмеридионального северо-восточного направления. Древние складчатые сооружения переработаны уральской складчатостью и плутонометаморфизмом, что существенно затушевало первичный структурный план. Мозаичность территории подчеркивается наличием многочисленных разломов диагональных, ортогональных систем, различающихся порядком, возрастом заложения и подновления. Участки пересечения, сопряжения или подновления структурных форм различного происхождения и порядков контролировали развитие полихронного магматизма и постмагматической деятельности. В структурно-вещественных комплексах Полярного Урала достаточно отчетливо проявилась латеральная и вертикальная полиформационная метасоматическая зональность. Латеральная зональность фиксируется последовательной сменой от центра к периферии высокотемпературных рудоносных метасоматитов средне-и низкотемпературными.

Кроме полихронной формационной зональности, имеются примеры развитая температурной зональности (смена грейзенов березитами на фланге Харбейского месторождения, смена альбититов грейзенами на Тайкеуском месторождении и др.). Естественно, что внутри полиформационной зональности всегда появляется моноформационная (монофациальная) зональность отложения, обусловленная сменой физико-химических условий минералообразования.

В пределах Малопатокской площади Ляпинско-Маньхамбовского антиклинория (Приполярный Урал) также проявлена метасоматическая

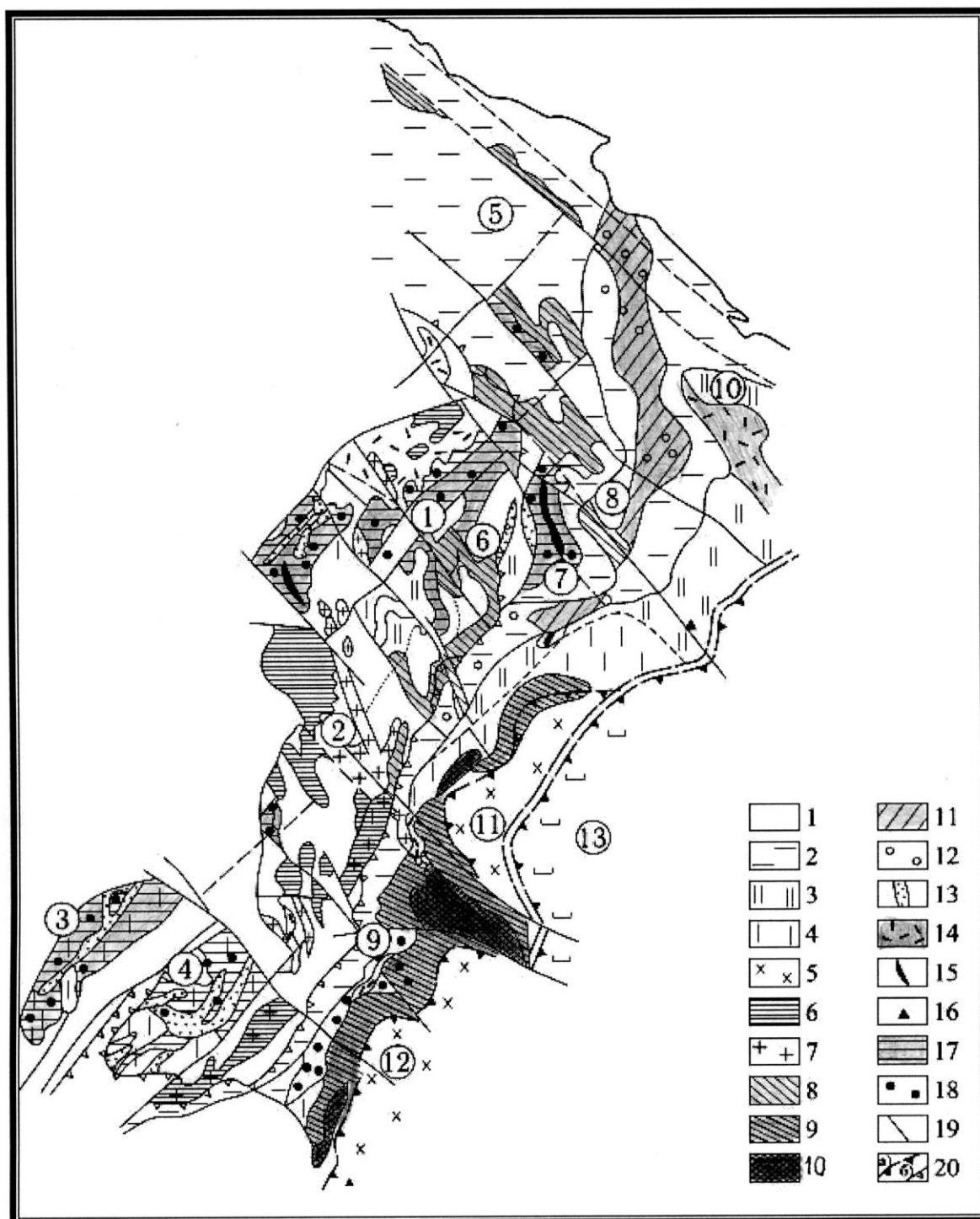


Рис. 1. Схематическая карта метасоматических формаций Полярно-Уральского мегаблока

(по В. В. Григорьеву, О. Н. Грязнову, В. А. Елохину, В. И. Чеснокову)
 Геологические формации (название формаций по Душин, 1997). Верхний структурный этаж: 1 – известняково-песчано-алевритовая (O_{2-3}), алеврито-песчаная (O_{1-2}). Зеленосланцевый метаморфизм эпидот-хлоритовой фации. 2 – известняково-песчано-алевритовая (O_{1-2}), песчано-глинисто-алевритовая углеродистая (O_{1-2}), натриевых базальтов-риолитов (O_{1-2}), песчано-галечная (C_3-O_1), трахибазальтовая (C_3-O_1), зеленосланцевый метаморфизм эпидот-хлорит-актинолитовой фации. Средний структурный этаж (зеленосланцевый метаморфизм эпидот-хлоритовой, эпидот-хлорит-мусковитовой фаций по метапелитам; зеленосланцевый метаморфизм эпидот-хлорит-актинолитовой фации по метабазитам): 3 – галечно-алеврито-

песчаная (V-Є), алевроито-песчаная (V-Є), базальт-риолитовая (V-Є), известняково-алеврито-глинистая углеродисто-кремнистая (R₄-V), известняково-песчано-глинисто-алевритовая (R₄-V), базальт-андезит-дацитовая (R₄-V); 4 - глинисто-песчано-алевритовая углеродистая (R₃₋₄), натриевых базальтов-риолитов (R₃₋₄). Нижний структурный этаж (эклогитовая и амфиболитовая фации метаморфизма): 5 – алевроито-глинисто-песчаная (PR), метабазальтовая (PR). Рудоносные метасоматические формации: 6 – гидрослюдистая редкометалльно-полиметаллическая и регенерированных медистых песчаников; 7 – березит-лиственитовая полиметаллическая; 8 – березит-лиственитовая барит-полиметаллическая; 9 – грейзеновая вольфрам-молибденовая; 10 – альбититовая редкометалльная; 11 – лиственит-березитовая колчеданно-полиметаллическая; 12 – пропилитовая с непромышленной вкрапленностью сульфидов; 13 – лиственит-березитовая золото-сульфидно-кварцевая; 14 – кварц-серицитовая (березитовая ?) редкометалльно-полиметаллическая; 15 – кварц-серицитовая (оксеталитовая) молибденово-медная; 16 – известковистых скарнов с медно-магнетитовым и полиметаллическим оруденением; 17 – кварц-серицит-хлоритовых метасоматитов медно-цинково-колчеданная; 18 – пропилитовая с непромышленной вкрапленностью сульфидов. 19 – геологические границы. 20 – разломы: а) 1-го порядка, б) П-Ш порядков. Региональные структуры (цифры в кружках): 1 – Оченырская антиклиналь. 2 – Саурипейская антиклиналь. 3 – Енганэпейская антиклиналь. 4 – Манитанырдская антиклиналь. 5 – Талотинский прогиб. 6 – Саурейская синклиналь. 7 – Лекын-Тальбейская антиклиналь. 8 – Хала-Тальбейская синклиналь. 9 – Пайпудынская синклиналь. 10 – Нундерминская антиклиналь. 11 – Марункеуская антиклиналь. 12 – Ханмейско-Харбейская антиклиналь. 13 – Щучьинский синклиорий.

зональность, выразившаяся, в региональном плане, в развитии различных рудно-метасоматических формаций в зависимости от истории становления отдельных ее структур и проявления в их пределах определенного типа магматизма (рис. 2).

W-Мо грейзеновые месторождения Урала, сформировавшиеся в различные металлогенические эпохи, характеризуются рядом общих признаков, но в то же время имеются и определенные отличия (табл. 3).

Все без исключения месторождения приурочены к антиклинальным структурам и контролируются зонами тектонических нарушений, имеющих различное физическое выражение: зоны дробления, брекчирования, повышенной удельной трещиноватости, катаклаза, милонитизации. Минерализация развита в апикальных частях гипабиссальных гранитных массивов и расположена в их эндо- и экзоконтактах. Гранитные массивы, с которыми генетически связана рудная минерализация, специализированы на молибден и серебро. Сопряженные с рудами метасоматиты принадлежат к грейзеновой формации окорудных метасоматитов. Грейзены занимают вполне определенное положение в региональной полиформационной зональности. Процесс грейзенизации на месторождениях начинается с ранней щелочной стадии (кварц-полевошпатовая фация) и завершается жиллообразованием и рудоотложением. Основными рудными минералами на всех месторождениях являются молибденит и, в меньшей степени, шеелит. Руды характеризуются близкими геохимическими спектрами. В зависимости от физико-химических условий образования, уровня эрозионного среза, состава исходных пород, подвергшихся метасоматическому преобразованию, выделяются различные метасоматические и рудные фации

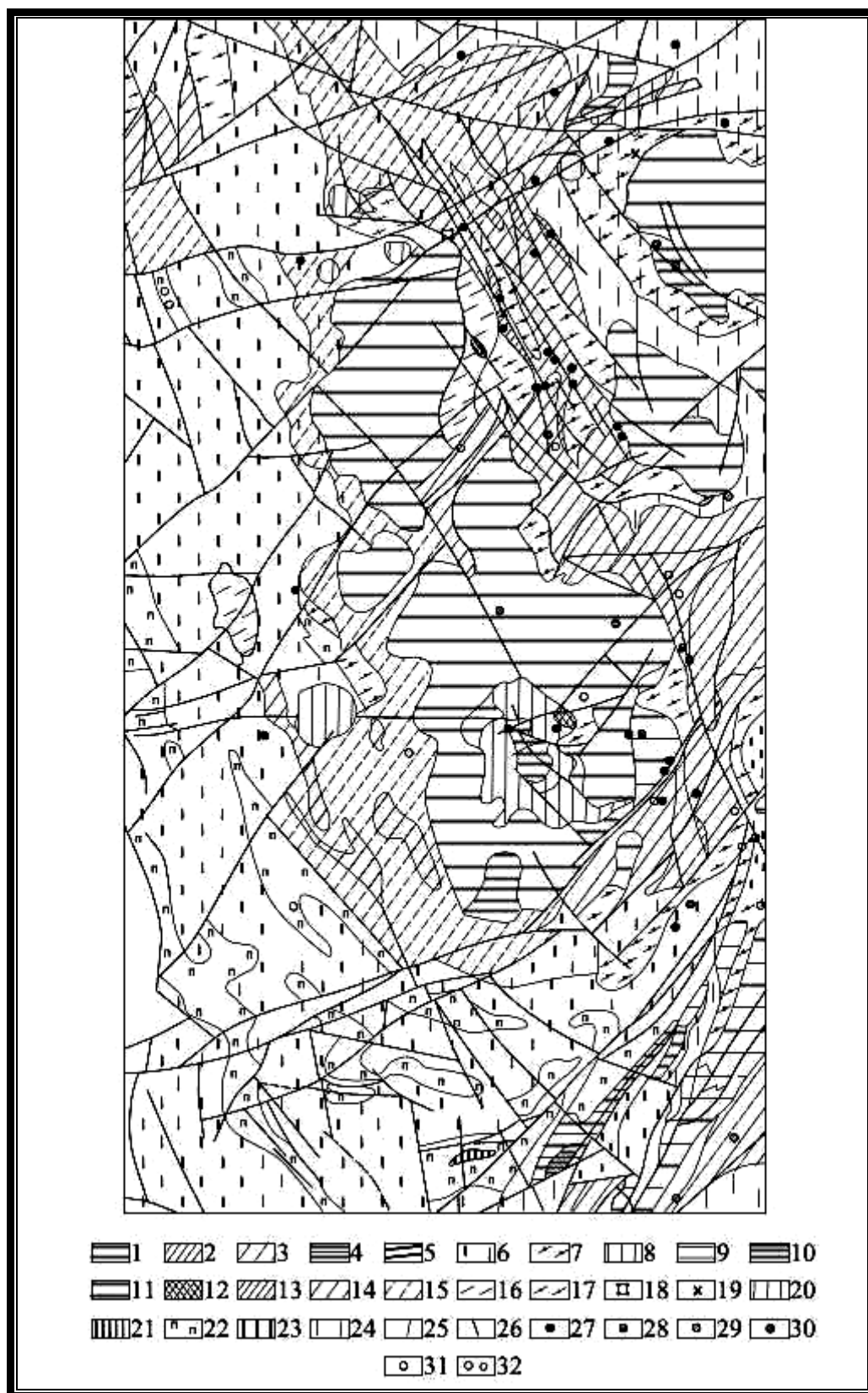


Рис. 2. Карта рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма
Малопатокской площади Приполярного Урала

(по В. И. Чеснокову, В. В. Григорьеву, В. А. Елохину, О. Н. Грязнову)

Метасоматические формации и фации метаморфизма. 1 – грейзеновая формация, грейзенизированные гранитоиды кулемшорского габбро-гранитного комплекса* (C_3-O); 2-5 – листовит-березитовая формация: 2 – березиты, связанные с пайпудынским трахириолитовым ком-

плексом (Є₃-О); 3 – ареал возможного развития березитизации в вулканогенных породах пайпудинского комплекса; 4 – березиты, связанные с лорцемпейским трахибазальтовым комплексом (Є₃-О); 5 – березитизированные породы лорцемпейского комплекса; 6 – пропили-
 товая формация, связанная с лорцемпейским комплексом; 7 – ороговикованные породы (кварц-биотитовая минеральная ассоциация), связанные с внедрением кулемшорских грани-
 тоидов; 8 – зеленокаменноизмененные породы (актинолит-эпидот-хлорит-серицитовая ми-
 неральная ассоциация) сивъягинско-манарагского габбро-сиенит-монцонитового комплекса
 (Є-О); 9 – зеленокаменноизмененные габброиды (актинолит-эпидот-хлоритовая минеральная
 ассоциация) кулемшорского комплекса (Є₃-О); 10 – грейзены и интенсивно грейзенизи-
 рованные гранитоиды потемьюского адамелит-гранитного (V-Є) и нямгинского гранитного
 (R₂-V) комплексов; 11 – слабогрейзенизированные гранитоиды потемьюского и нямгинского
 комплексов; 12 – альбититовая формация; 13-15 – листовит-березитовая формация, связан-
 ная с саблегорским базальт-риолитовым комплексом (R₃-V): 13 – березиты; 14 –
 слабоберезитизированные породы; 15 – ареалы возможного развития березитизации; 16 –
 магнезиальные метасоматические изменения в гранитоидах (биотитизация, актинолитиза-
 ция); 17 – ороговикование (кварц-биотитовые, кварц-биотит-эпидотовые минеральные ассо-
 циации), связанное с внедрением гранитоидов потемьюского комплекса; 18 – известковые
 скарны; 19 – скарноиды; 20 – зеленосланцевый метаморфизм (актинолит-эпидот-хлоритовая
 минеральная ассоциация) по гранодиоритам потемьюского комплекса; 21 – формация кварц-
 серицит-хлоритовых метасоматитов; 22 – пропилитовая формация, связанная с малопаток-
 ским габбро-диабазовым комплексом (R₃-V); 23 – 24 – зеленосланцевый метаморфизм: 23 –
 измененные породы мороинского трахибазальтового (R₃), раннесаблегорского вулканогенно-
 нижнемолассоидного (R₂-V) и саблегорского вулканогенного (R₃-V) комплексов (актинолит-
 эпидот-хлоритовая минеральная ассоциация); 24 – измененные породы мороинского (R₃)
 терригенно-вулканогенного комплекса (эпидот-хлоритовая минеральная ассоциация); 25 –
 границы развития формаций и зон; 26 – тектонические нарушения; 27-32 – рудные объекты:
 27 – березитовые колчеданно-полиметаллические; 28 – грейзеновые вольфрам-
 молибденовые; 29 – грейзеновые и березитовые редкометально-редкоземельные; 30 – редко-
 металльные альбититовые; 31 – неясной формационной принадлежности; 32 – рудопроявле-
 ния, точки минерализации.

* Название комплексов и их возраст по В. А. Душину.

(минеральные типы), которые и определяют отличия месторождений, сформировавшихся в различные металлогенические эпохи.

Практический интерес в настоящее время представляют Южно-Шамейское месторождение и месторождение Восток.

Кварц-молибденовая грейзеновая формация

Месторождения и рудопроявления кварц-молибденовой грейзеновой формации представлены как отдельными жилами, так и жильными полями. Подавляющая их часть расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны. Блоки земной коры, в которых выявлены кварц-молибденовые жилы характеризуются следующими параметрами физических полей: мощность коры – 45-54 км, магнитное поле – -3 – -1 мЭ, стратоизогипсы поверхности базальтового слоя – -15 – -20 км, плотность коры – 2,87-2,89 г/см³, основность коры – 2,0-2,2 г/см³, поле силы тяжести – +10 – -12 х 10⁻² мм/с².

Типичными представителями объектов кварц-молибденовой грейзеновой формации являются месторождения и рудопроявления: Пийское, Благодатное, Исеть,

Таблица 3

Сравнительная характеристика месторождений W-Мо грейзеновой формации
Урала

Параметры	Месторождения рифейско- раннекембрийской металлогенической эпохи	Месторождения средне- позднепалеозойской металлогенической эпохи	Месторождения позднепалеозойско- мезозойской металлогенической эпохи
1	2	3	4
Геодинамический режим	Коллизионный	Коллизионный	Тектоно-магматической активизации
Структуры I порядка	Центрально-Уральская мегазона	Восточно-Уральская мегазона	Центрально-Уральская, Тагильско-Магнитогорская, Восточно-Уральская, Зауральская мегазоны
Структуры II порядка	Мегантиклинории (мегаблоки) – 100 %	Мегантиклинории (мегаблоки) – 100 %	Мегантиклинории (мегаблоки) – 87,5 % Мегасинклинории (мегаблоки) – 12,5 %
Структуры III порядка	Антиклинории – 100 %	Антиклинории – 100 %	Антиклинории – 83,3 % Синклинории – 16,7 %
Структуры более высоких порядков	Антиклинальные структуры, системы тектонических нарушений	Антиклинальные структуры, системы тектонических нарушений	Антиклинальные структуры, системы тектонических нарушений
Региональные физические поля: Поле силы тяжести, 10^{-2} мм/с ² Мощность коры, км Основность коры, г/см ³ Напряженность магнитного поля, мЭ Плотность коры, г/см ³ Стратоизогипсы поверхности базальтового слоя, км	+8 - +90 57,5 - 63,0 2,0-2,4 -0,1 - -2,0 2,86-2,93 -17,5 - -20,0	+4 55,0 2,2 -3,0 2,91 -20,0	-1 - -44 45,0 - 57,5 1,8-2,2 -2,0-+1,0 2,85 - 2,90 -15,0 - -27,5
Продуктивная магматическая формация	Гранит-лейкогранитовая, адемантит-гранитовая	Адемантит-гранит-лейкогранитовая	Гранитовая, гранит-лейкогранитовая
Абсолютный возраст гранитов, млн. лет	500-210	375-353	278-211
Геохимическая специализация гранитов	Ag, Cr, U, Th, Mo	Mo, W, Ag, Bi, Ni	Mo, Pb, Ag, Be, Cu, Nb, W, Bi
Глубина формирования гранитов	Гипабиссальные	Гипабиссальные	Гипабиссальные

Продолжение табл. 3

1	2	3	4
Положение оруденения относительно интрузивных пород	Зоны экзоконтактов гранитов, реже эндоконтактовые зоны	Зоны эндоконтактов гранитов	Зоны экзо и эндоконтактов гранитов
Морфологический тип рудных тел	Жильный, вкрапленный, прожилковый	Вкрапленный, прожилковый, прожилково-вкрапленный, штокверковый	Вкрапленный, прожилковый, прожилково-вкрапленный, жильный, штокверковый
Рудная фация (минеральный тип)	Шеелит-молибденитовая, молибденитовая, халькопирит-молибденитовая	Шеелит-молибденитовая, касситерит-шеелит-молибденитовая	Шеелит-молибденитовая, вольфрамит-молибденитовая, молибденитовая
Минеральный состав руд	Молибденит, пирротин, халькопирит, шеелит, пирит, висмутин, сфалерит, галенит	Молибденит, шеелит, базовисмутит, галенит, касситерит	Молибденит, шеелит, пирит, халькопирит, вольфрамит, сфалерит, висмутин, магнетит, гематит, галенит, пентландит, пирротин, блеклые руды, уранинит, урановая смолка
Геохимический спектр руд	Mo, Bi, W, Ag, Pb, Sn, Be, Cu	Mo, Pb, Cu, W, Ag, Bi, Sn	Mo, Ag, Cu, Nb, W, Be, Sn
Содержание рения в молибденитах, г/т	165-758	Н.д.	2,2 - 220
Содержание селена в молибденитах, г/т	59 - 160	Н.д.	12,6-15,9
Содержание теллура в молибденитах, г/т	5-33	Н.д.	<5
Отношение меди к молибдену в рудах	0,01 - 10,2	0,п	0,05 - 2,0
Отношение W к Mo в рудах	0,04-0,2	1,0-38,0	0,01-1,4
Отношение серебра к золоту в рудах	10,0-13,0	Н. д.	10,0-46,0
Положение оруденения в обобщенной полиформационной метасоматической зональности	Пропилиты - контактовый метаморфизм – грейзены – березиты - дислокационный метаморфизм	Контактовый метаморфизм - автометасоматоз - дислокационный метаморфизм – грейзены - березиты	Региональный метаморфизм фации зеленых сланцев - сиалический плутонометаморфизм - дислокационный метаморфизм – контактовый метаморфизм - автометасоматоз - биметасоматоз – грейзены – березиты-листвениты - аргиллизиты

1	2	3	4
Околорудная метасоматическая формация	Грейзеновая	Грейзеновая	Грейзеновая
Метасоматическая фация грейзеновой формации	Кварц-полевошпатовая, кварц-мусковитовая, кварц-турмалин-мусковитовая	Кварц-полевошпатовая, кварц-мусковитовая, кварц-флюорит-мусковитовая	Кварц-полевошпатовая, кварц-мусковитовая, кварц-флюорит-мусковитовая, мусковит-кварцевая, кварц-флогопитовая
Миграция вещества при метасоматозе: + привнос - вынос	Si, K, F, S, Al, H Fe ⁺³ , Fe ⁺² , Na, Ti, Mg, Mn, Ca	Al, K, Fe ⁺³ , F, Ca Si, Na, Fe ⁺²	Al, K, Ca, Fe ⁺³ , Mg, F Si, Na, Fe ⁺² , Mg, Ca
Геохимическая специализация метасоматитов	Mo, Bi, W, Sn	Mo, Pb, W, Ag, Bi, Sn	Mo, Ag, Cu, Nb, W, Be, Sn
Примеры месторождений	Харбейское, Лонготьюганское, Холодное и др.	Ащисайское и др.	Южно-Шамейское, Коклановское, Восток и др.

Палкино, Белоярское, Хвощевская жила, жилы района Баженовского месторождения и многие другие.

Рудные жилы развиты как в гранитах, так и во вмещающих породах. Количество жил варьирует от одной до нескольких десятков, при протяженности от первых метров до нескольких сот метров. Мощность жил также варьирует в широких пределах (п0 см – 2-3 м).

Рудная минерализация в основном представлена шеелитом, молибденитом, висмутином, магнетитом, пиритом, халькопиритом, при содержаниях молибдена от 0,10 % до 0,50 %.

Главными нерудными минералами являются кварц, полевой шпат, мусковит, реже турмалин, биотит.

Практического значения, в настоящее время, объекты кварц-молибденовой грейзеновой формации в связи с малыми ресурсами и существующими ценами на молибденовую продукцию не имеют.

Молибденоворудные и молибденсодержащие формации порфирового семейства

Месторождения медно-порфирового типа занимают своеобразное положение в эндогенной металлогении. Руды этих месторождений, как правило, характеризуются невысокими содержаниями полезных компонентов, но в то же время на долю медно-порфировых месторождений приходится значительная часть мировых запасов и добычи меди и молибдена. Наряду с основными полезными компонентами руды этих месторождений содержат такие ценные

примеси, как Au, Ag, Re, Se, Tl, Bi и др.

В настоящее время существует четыре модели формирования месторождений порфирового семейства, причем каждой модели соответствуют свои геохимическая и металлогеническая специализация, тип окколрудно-измененных пород, связь с определенными магматическими формациями, геодинамические условия образования, свои рудно-метасоматические формации.

Исходя из вышеизложенного, порфировые месторождения рассматриваются автором в качестве промышленного типа прожилково-вкрапленного медного, молибденово-медного, медно-молибденового, молибденового, золото-содержащего оруденения.

Различным аспектам геологии порфировых месторождений Урала посвящены работы Агеевой Т. С., Азовской О. Б., Белгородского Е. А., Воробьева В. И., Грабежева А. И., Григорьевой Г. Г., Грязнова О. Н., Исмаилова М. И., Компанец С. Н., Контаря Е. С., Кузнецова В. И., Магадеева Б. Д., Сазонова В. Н., Салихова Д. Н., Чашухиной В. А., Павловой И. Г., Перминова И. Г., Ромашовой Л. Н., Силаева В. И., Тимергазиной А. К., Федоровой И. Б. и др.

Уральские месторождения порфирового семейства формировались в рифейско-раннекембрийскую, среднепалеозойскую и позднепалеозойскую металлогенические эпохи в условиях субдукционного и коллизионного геодинамических режимов. К субдукционным месторождениям принадлежат объекты, сформированные по диоритовой и гранодиоритовой моделям, к коллизионным - объекты, сформированные по монцонитовой и гранитовой моделям. Каждой модели соответствуют свои рудно-метасоматические формации. Характерной особенностью уральских месторождений молибденово-медной кварц-серицитовой формации является развитие в ореолах окколрудно-измененных пород слюд натриевого и кали-натриевого типа (Грабежев и др., 1998). В общем виде уральские месторождения порфирового семейства представляют ряд месторождений от собственно медных, до собственно молибденовых месторождений.

Типизация уральских месторождений порфирового семейства приведена в таблице 4.

Общим для всех месторождений порфирового семейства Урала являются:

- приуроченность к малым порфировым интрузиям гипабиссальной или субвулканической фации глубинности;
- комагматичность интрузивных образований вмещающим вулканитам;
- субизометричная, линейная или овально-удлиненная форма рудоносных штоков, коррелируемая с морфологией рудоносных порфировых тел и тектонических зон;
- вкрапленный, прожилково-вкрапленный тип оруденения;
- простой минеральный состав руд (пирит, халькопирит, молибденит);
- низкая концентрация основных рудных элементов в первичных рудах.

Таблица 4

Типы уральских молибденовых и молибденсодержащих месторождений порфирового семейства (с использованием работ: Агеева, 1982, Грабежев и др., 1992, Грязнов, 1989, 1992, Золоев и др., 2004, 1992, Кон-
тарь, 2001, Костеров и др., 1976, 1975, Кривцов, 1983, Кривцов и др., 1986, Тимиргазина, 1975, Федорова и др., 1971
и др.)

Признаки	Типы месторождений			
	Медно-порфиновый, золото-медно- порфиновый	Молибден-медно-порфиновый	Медно-молибден- порфиновый	Молибден-порфиновый
1	2	3	4	5
Генетическая модель	«Диоритовая» по В. Холлистеру	«Гранодиоритовая» По А. И. Кривцову	«Монцонитовая» по Дж. Ловеллу и Дж. Джелберту	«Гранитовая» по К. Кларку и А. И. Кривцову
Геодинамический режим	Островодужный (эвгео- синклинальный)	Островодужный (позднеэвгеосин- клинальный), переходный, ранняя коллизия (раннеорогенный)	Переходный Ранняя коллизия	Ранняя коллизия
Мощность коры, км	50-60	40-45; 50-55	45-50; 60	50-55
Основность коры, г/см ³	2,1-2,4	1,9-2,1; 2,4	2,1-2,2	2,2-2,4
Структуры I поряд- ка	Тагильско- Магнитогорская мегазона	Центрально-Уральская, Восточно- Уральская, Зауральская, Тюмен- ско-Кустанайская мегазоны, Вос- точно-Уральский прогиб (мегазо- на),	Восточно-Уральская, Тагильско- Магнитогорская мегазоны	Тагильско- Магнитогорская мега- зона
Структуры более высоких порядков	Тектонические зоны	Антиклинали, синклинали, круп- ные тектонические зоны (зоны дробления, трещиноватости, брекчирования)	Пересечение текто- нических зон	Пересечение крупных тектонических зон
Металлогеническая эпоха	Среднепалеозойская	Позднепалеозойская Среднепалеозойская Рифейско-раннекембрийская	Позднепалеозойская	Позднепалеозойская

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
Магматическая формация	Габбро-диоритовая	Габбро-диорит-гранодиоритовая, диорит-гранодиоритовая	Монцодиорит-гранитовая	Диорит-гранодиорит-гранитная
Геологический возраст	D ₂	R ₃ ; S ₂ -D ₁ ; D; C	C ₂₋₃	C ₂₋₃
Рудоносные порфировые фазы	Диориты, кварцевые диориты, порфириновые габбро-диориты, плагиограниты	Гранодиориты, плагиограниты, гранодиорит-порфиры, порфириновые диориты, плагиогранодиорит-порфиры, адамелит-порфиры	Гранодиорит-порфиры, граносиенит-порфиры, гранит-порфиры	Порфировидные биотитовые граниты, аплиты
Рудно-метасоматическая формация	Медная пропиловитовая	1. Молибденово-медная пропиловитовая. 2. Молибденово-медная кварц-серицитовая	Медно-молибденовая кварц-полевошпатовая	Медно-молибденовая кварц-полевошпатовая
Морфологический тип оруденения	Вкрапленный, прожилково-вкрапленный	Вкрапленный, прожилковый, прожилково-вкрапленный	Вкрапленный, прожилковый, прожилково-вкрапленный	Гнездовый, вкрапленный, штокверковый
Основные рудообразующие (второстепенные) минералы	Халькопирит, пирит, (молибденит, пирротин, галенит, сфалерит, магнетит)	Пирит, халькопирит, молибденит, магнетит, (галенит, сфалерит, блеклые руды, магнетит, борнит, гематит, пирротин, гематит)	Пирит, молибденит, халькопирит, (магнетит, галенит, сфалерит, блеклые руды, пирротин)	Пирит, молибденит, халькопирит, магнетит
Отношение Cu/Mo в рудах	250-600	70-350	2-15	3-6
Содержание Re в молибденитах, г/т	Н.д.	760 до 2500-3025	40-280	7-127
Примеры месторождений	Салаватское, Вознесенское, Андрюшинское и др.	1. Спиридоновское 2. Лекын-Тальбейское, Михеевское, Биргильдинское, Еленовское, Баталинское, Бенкалинское и др.	Талицкое, Верхнеуральское	Янословское, Каменское

Медно-молибденовая кварц-полевошпатовая формация

Среди представителей медно-молибденовой кварц-полевошпатовой формации на Урале выделяется две группы месторождений. К первой группе относятся месторождения, сформировавшиеся по монзонитовой модели (Талицкое, Верхнеуральское и др.), ко второй – по гранитовой модели (Янослорское и др.).

Талицкое месторождение по данным Золоева К. К., Букрина Г. А., Азовской О. Б., Грабежева А. И. расположено в Первомайском антиклинории, в переходной зоне между Тагильским мегаблоком и Восточно-Уральской мегазоной. Молибденовое оруденение пространственно и генетически связано с дайками граносиенит-порфиоров, петрохимически близким граносиенитам и кварцевым монцодиоритам.

Рудная минерализация представлена редкой вкрапленностью молибденита в зонах калишпатизации и калишпат-кварцевых, кварцевых прожилках, иногда с флюоритом, халькопиритом и пиритом. Фиксируются также пленки молибденита по трещинам. Кроме того, прожилково-вкрапленная минерализация пирита, молибденита и халькопирита фиксируется в телах кварц-альбитовых метасоматитов. Повышенными содержаниями меди и молибдена характеризуются серицит-кварцевые метасоматиты. В периферических частях тел метасоматитов наблюдается полиметаллическая минерализация с теллуридами (тетрадимит, гессит, алтаит и другие) и золотом.

Рудные тела выделяются по результатам опробования. Оруденение крайне неравномерное, контрастное и зависит от характера и интенсивности метасоматических изменений и плотности кварцевых прожилков. Молибденовая минерализация тяготеет к внутренним зонам метасоматитов, а медная в значительной части расположена во внешней зоне. Содержания Мо в рудных интервалах меняются от 0,04 % до 0,339 %, Си - от 0,09 % до 0,47 %. Наиболее часто встречающиеся содержания Мо - 0,04-0,07 %, Си - 0,10-0,13 %.

На месторождении выделяются три рудные штокверковые зоны (Золоев, Видусов и др., 1993): штокверк 1 имеет максимальную ширину выхода на дневную поверхность около 80 м и протягивается на 400 м; штокверк 2 - длиной до 500 м и шириной около 100 м; штокверк 3 носит линейный характер, аналогичный штокверку 2 и имеет размеры 300 м x 80 м. Насыщенность штокверков рудной минерализацией различная.

По результатам геологических исследований на Полярном Урале обнаружено большое количество проявлений медно-молибденовой минерализации, среди которых наиболее интересным в промышленном отношении является Янослорское рудопроявление.

В геологическом строении рудопроявления, по Перминову И. Г. и др., участвуют гранитоиды янослорского комплекса, прорывающие кварцевые диориты, которые в свою очередь ассимилируют породы основного состава.

Оруденение приурочено к контактовым частям гранитов и кварцевых диоритов. В зависимости от положения в разрезе структуры выделяются три типа медно-молибденовой минерализации: 1) в аляскитовых гранитах - халькопирит-молибденовые гнезда и примазки по трещинам и плоскостям отдельно-

сти; 2) в мелкозернистых биотитовых гранитах — равномерная мелкая порфировая вкрапленность; 3) в измененных диоритах, гранодиоритах - калишпат-кварц-сульфидный штокверк с жилами и гнездами халькопирита и молибденита.

Гидротермальные изменения пород выражены в развитии порфиробластической калишпатизации и окварцевания вокруг тел аляскитовых гранитов. Внутренние части метасоматической колонки представлены мусковит-калишпатовыми породами с карбонат-сульфидно-кварцевыми прожилками.

Прогнозные ресурсы оценены на уровне среднего - крупного объекта.

Практическое значение среди объектов медно-молибденовой кварц-полевошпатовой формации в связи с выявленными ресурсами и существующими ценами на молибденовую продукцию в настоящее время может представлять Талицкое месторождение.

Молибденово-медная кварц-серицитовая формация

Большинство объектов, принадлежащих к молибденово-медной кварц-серицитовой формации, расположено в Тагильско-Магнитогорской мегазоне — 32,1 %, в Восточно-Уральской и Центрально-Уральской мегазонах — по 17,9 %, в Зауральской мегазоне — 14,3 %, в Восточно-Уральском прогибе — 10,7 % и Тюменско-Кустанайском мегазоне — 7,1 %. Из них 44,4 % объектов приурочено к антиклинорным структурам, 42,9 % - к синклинорным структурам и 10,7 % - к моноклинорным структурам третьего порядка (табл. 5).

В истории развития Урала устанавливаются рифейско-раннекембрийская, среднепалеозойская и позднепалеозойская металлогенические эпохи формирования объектов молибденово-медной кварц-серицитовой формации.

Корреляционный анализ позволил установить, что в блоках, в которых расположены молибденово-медные объекты, устанавливаются следующие типы связей. Поле силы тяжести имеет прямую положительную связь с мощностью коры, основностью коры, глубиной залегания базальтового слоя и обратную связь с плотностью коры. В свою очередь, плотность коры связана с основностью коры и глубиной залегания базальтового слоя. Кроме того, основность коры коррелируется с глубиной залегания базальтового слоя. Масштаб молибденово-медного оруденения имеет значимую отрицательную связь с плотностью и основностью коры и глубиной залегания базальтового слоя. Факторный анализ позволил выделить факторы, определяющие расположение региональных физических полей в Уральском складчатом поясе и месторождений молибденово-медной кварц-серицитовой формации в физических полях Урала и определить вклад каждого параметра в эти факторы.

Все месторождения контролируются зонами тектонических нарушений. Минерализация развита в гипабиссальных гранитоидных массивах и во вмещающих вулканитах. Сопряженные с рудами метасоматиты принадлежат к кварц-серицитовой формации и занимают вполне определенное положение в региональной полиформационной зональности. Основными рудными минералами являются пирит и халькопирит и, в меньшей степени, молибденит.

Таблица 5

Сравнительная характеристика месторождений молибденово-медной кварц-серицитовой формации Урала

Параметры	Месторождения рифейско- раннекембрийской металлогенической эпохи	Месторождения среднепалеозойской металлогенической эпохи	Месторождения позднепалеозойской металлогенической эпохи
1	2	3	4
Геодинамический режим	Островодужный (эвгеосинклинальный)	Островодужный (позд-неэвгеосинклинальный)	Переходный, ранняя коллизия (раннеорогенный)
Структуры I порядка	Центрально-Уральская мегазона	Тагильско-Магнитогорская, Восточно-Уральская мегазона, Восточно-Уральский прогиб	Зауральская, Тюменско-Кустанайская мегазоны
Структуры II порядка	Мегантиклинории (мегаблоки) – 100 %	Мегантиклинории (мегаблоки) – 37 % Мегасинклинории (мегаблоки) – 63 %	Мегантиклинории (мегаблоки) – 34 % Мегасинклинории (мегаблоки) – 66 %
Структуры III порядка	Антиклинории – 100 %	Антиклинории – 43 % Синклинории – 38 % Моноклинории -19 %	Антиклинории – 34 % Синклинории - 66 %
Структуры более высоких порядков	Антиклинали, крупные тектонические зоны (зоны дробления, трещиноватости, брекчирования)	Антиклинали, синклинали, крупные тектонические зоны (зоны дробления, трещиноватости, брекчирования)	Антиклинали, грабен-синклинали, крупные тектонические зоны (зоны дробления, трещиноватости, брекчирования)
Региональные физические поля: Поле силы тяжести, 10^{-2} мм/с ² Мощность коры, км Основность коры, г/см ³ Напряженность магнитного поля, мЭ Плотность коры, г/см ³ Стратоизогипсы поверхности базальтового слоя, км	-5 - -16 45- 50 2,0 – 2,1 -1 - -3 2,88 – 2,90 -20	-11 - +41 50 – 57 2,0 – 2,45 -2 - +5 2,85 – 2,92 -10 – -22,5	-18 - -42 45 - 49 1,8 – 1,95 -0,1 - +2 2,86 – 2,89 -22,5 – -25
Продуктивная магматическая формация	Габбро-диорит-гранодиоритовая, базальт-андезит-дацитовая	Габбро-плагиогранитная, базальт-андезит-дацит-риолитовая	Диорит-гранодиоритовая
Геологический возраст гранитоидов	R ₃	S ₂ - D	C ₁₋₃
Абсолютный возраст гранитоидов, млн. лет	370 (возраст метаморфизма?)	310-410	284-316

Продолжение табл. 5

1	2	3	4
Глубина формирования гранитоидов	Гипабиссальные	Гипабиссальные, гиповулканические	Гипабиссальные, гиповулканические
Рудовмещающие породы	Порфировые андезидациты, диориты, кварцевые порфиры, риолиты	Кварцевые диориты, диориты, порфиритовые андезибазальты, пироксен-амфиболовые порфиритовые андезиты, амфиболовые порфиритовые габбро-диориты, плагиогранодиорит-порфиры	Кварцевые порфиритовые диориты, плагиогранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, амфиболовые гранодиорит-порфиры
Морфологический тип рудных тел	Вкрапленный, прожилково-вкрапленный	Вкрапленный, прожилковый, прожилково-вкрапленный	Вкрапленный, прожилковый, прожилково-вкрапленный
Рудная фация (минеральный тип)	Пиритовая, молибденово-медная, медно-полисульфидная	Пиритовая, пирит-халькопиритовая, халькопирит-молибденитовая, полисульфидная	Пиритовая, пирит-халькопиритовая, халькопирит-молибденитовая, полисульфидная
Минеральный состав руд: основные, (второстепенные)	Пирит, халькопирит, борнит, молибденит, магнетит, (пирротин, блеклые руды, галенит, сфалерит, гематит)	Пирит, халькопирит, (молибденит, магнетит, пирротин, борнит, блеклые руды, галенит, сфалерит, гематит, кобальтин, марказит)	Пирит, халькопирит, молибденит, (магнетит, борнит, блеклые руды, галенит, сфалерит, кубанит)
Геохимический спектр руд	Mo, Cu, Ag, Sn, Ba	Cu, Mo, Co, Au, Zn	Cu, Mo, Ag, Au, Ti, Sn, Zr
Среднее содержание меди в рудах, %	0,46 – 0,54	0,4 - 2,88	0,36-0,64
Среднее содержание молибдена в рудах, %	0,008 – 0,0089	0,002- 0,24	0,002-0,005
Содержание рения в молибденитах, г/т	До 760	Н.д.	До 2500-3025
Отношение меди к молибдену в рудах	60-90	145-250	70-200 200-500
Положение оруденения в обобщенной полиформационной метасоматической зональности	Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации → кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты → кварц-серицитовые метасоматиты → дислокационный метаморфизм	Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации → контактовый метаморфизм → пропилиты → кварц-серицитовые метасоматиты → дислокационный метаморфизм	Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации → контактовый метаморфизм → пропилиты → кварц-серицитовые метасоматиты → аргиллизиты → дислокационный метаморфизм
Околорудная метасоматическая формация	Кварц-серицитовая	Кварц-серицитовая	Кварц-серицитовая

1	2	3	4
Метасоматическая фация кварц-серицитовой формации	Кварц-серицитовая, турмалин-кварц-серицитовая	Калишпатовая, кварц-серицитовая, кварц-турмалиновая, кварц-серицит-карбонатная	Кварц-полевошпатовая, кварц-серицитовая, кварц-турмалиновая, карбонат-серицитовая
Миграция вещества при метасоматозе: + привнос - вынос	+ Ti, Fe ⁺³ , Mg, K, S, H, Si - Si, Al, Fe ⁺² , Na, Mn, P, Ca	+ K, S, CO ₂ ± Na, Al, Si - Ca, Fe ± Na, Al, Si	+ K, S, CO ₂ , Fe ⁺³ - Mg, Fe ⁺² , Ca ± Na, Al, Si
Геохимическая специализация метасоматитов	Mo, Cu, Ag, Ba, Sn, Y, Yb	Cu, Mo, Co, Au, Zn	Cu, Mo, Co, Ni, Ag, Au, Sn, Bi, Pb, Zn, Se, Te, B
Примеры месторождений	Лекын-Тальбейское, Солнечное и др.	Биргильдинское, Еленовское, Зеленодольское и др.	Михеевское, Баталинское, Бенкалинское и др.

Руды характеризуются близкими геохимическими спектрами. В зависимости от физико-химических условий образования, уровня эрозионного среза, состава исходных пород, подвергшихся метасоматическому преобразованию, выделяются различные метасоматические и рудные фации (минеральные типы), которые и определяют отличия месторождений различных металлогенических эпох.

Среди объектов молибденово-медной кварц-серицитовой формации практический интерес могут представлять Михеевское, Лекын-Тальбейское и Бенкалинское месторождения.

Молибденово-медная пропилитовая формация

Месторождения молибденово-медной пропилитовой формации на Урале развиты ограниченно. Наиболее крупные объекты выявлены в пределах Денисовской структурно-фациальной зоны.

Проявления медной минерализации выявлены на площади более 500 км². Наибольший интерес представляет Спиридововская меденосная площадь.

Спиридововская меденосная площадь по (Костеров и др., 1975, 1976) представляет собой тектонический блок площадью более 20 км². Блок сложен базальт-андезит-дацит-риолитовыми эффузивами силура, с широким развитием пирокластического материала. Породы в значительной степени преобразованы процессами зеленокаменного метаморфизма, а также локально изменены процессами контактового метаморфизма и околорудным гидротермальным метасоматозом.

Вулканогенные образования прорваны многофазной Спиридововской габбро-гранодиоритовой интрузией, вытянутой в субмеридиональном направлении.

нии. Ореолы гидротермального изменения пород (кварц-эпидот-хлоритовая фация) приурочены к участкам развития трещиноватости и развиваются параллельно контактам гранодиоритов и вмещающих вулканогенных пород.

Состав рудных минералов: магнетит, ильменит, лейкоксен, пирит, халькопирит, молибденит, сфалерит, галенит, вторичные минералы меди и железа.

Оруденение претерпело интенсивный метаморфизм, проявившийся в замещении рудных минералов нерудными, в замещении рудных минералов ранних стадий минералами более поздних, прожилково-вкрапленного типа связано с околотрещинным метасоматозом пропилитовой формации (кварц-хлорит-эпидотовая фация).

Парагенетические ассоциации минералов в гранитоидах и вулканитах аналогичны, отличие заключается в количественном преобладании молибденита в гранодиоритах, а сфалерита и галенита в вулканогенных образованиях.

Для сульфидной минерализации Спиридоновской меденосной площади устанавливается идентичность изотопного состава серы сульфидов.

Объекты данного формационного типа практического значения в отношении молибдена не имеют.

Медная пропилитовая формация

Месторождения медной пропилитовой формации развиты в пределах Тагильско-Магнитогорской мегазоны. Наиболее крупными представителями данной формации являются Салаватское и Вознесенское месторождения.

Салаватское месторождение расположено в западном борту Магнитогорского мегаблока в породах андезит-базальтовой формации, прорванных интрузивом габбро-диоритовой формации. Поздние рудоносные интрузивные комагматы представлены дайкообразными интрузиями габбро, габбро-диоритов и диоритов, которые отчетливо тяготеют к долгоживущим тектоническим зонам. Возраст гранитоидов доживетский, ибо они не поднимаются в разрезах Магнитогорского прогиба выше туфогенных флишоидов D₂ (Грабежев, 1992).

Рудные тела имеют меридиональное простирание при западном падении под углом 50 - 70°. По простиранию оруденение прослежено на 1000 м, по падению разведано до глубины 600 м и не оконтурено. Главные рудные минералы - пирит и халькопирит, второстепенные - молибденит, пирротин, редкие - борнит, халькозин, ковеллин, теннантит, сфалерит, галенит, магнетит, гематит и ильменит. Медь - главный полезный компонент, заслуживающий промышленного освоения.

Минерализованная зона охватывает почти всю площадь массива и представлена слабо контрастным метасоматическим ореолом пропилитового типа (ассоциация хлорита, клиноцоизита, пренита, серицита, альбита), характеризующимся густой вкрапленностью пирита. Тела прожилково-вкрапленных руд локализуются в ореолах гидротермально измененных пород, развивающихся по всем разновидностям интрузивных образований, но в большей мере по порфировым андезидацитам.

Объекты данного формационного типа практического значения в отноше-

нии молибдена не имеют.

Таким образом, среди эндогенных молибденовородных формаций промышленное значение имеют вольфрам-молибденовая грейзеновая, медно-молибденовая кварц-полевошпатовая и молибденово-медная кварц-серицитовая формации.

Положение 3. Молибденсодержащие рудно-метасоматические формации представлены редкометалльной альбититовой, редкометалльной пегматитовой, редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой, редкометалльной карбонатитовой, вольфрамовой гумбеитовой, молибден-урановой аргиллизитовой, медно-железородной скарной, а также месторождениями колчеданного семейства. Практический интерес в отношении молибдена могут представлять редкометалльная альбититовая, редкометалльная карбонатитовая и редкометалльно-вольфрамовая грейзеновая формации.

Среди эндогенных молибденсодержащих формаций на Урале выделяются следующие формации: редкометалльная альбититовая, редкометалльно-вольфрамовая грейзеновая, редкометалльная пегматитовая, редкометалльная карбонатитовая, железо- и медножелезородная скарная, и молибденсодержащие формации колчеданного семейства.

Формация редкометалльных альбититов

Изучению гранитного магматизма и связанного с ним редкометалльного оруденения на Урале посвящены работы Апельцина Ф. Р., Вигоровой В. Г., Голдина Б. А., Грабежева А. И., Грязнова О. Н., Душина В. А., Золоева К. К., Калиновского А. В., Караченцева С. Г., Краснобаева А. А., Левина В. Я., Лучинина И. Л., Львова Б. К., Мормиля С. И., Охотникова В. Н., Рапопорта М. С., Самаркина Г. И., Старкова В. Д., Ферштатера Г. Б., Чашухиной В. А., Штейнберга Д. С., Юшкина Н. П. и других геологов.

Редкометалльные апогранитные альбититы установлены в Полярно-Уральском и Ляпинско-Кутимском мегаблоках Центрально-Уральской мегазоны (см. рис. 1-2), Сысертско-Ильменогорском, Сосьвинско-Коневском и Адамовско-Мугоджарском мегаблоках Восточно-Уральской мегазоны. Гранитные массивы, в пределах которых зафиксирована редкометалльная альбититовая минерализация относятся к гранитной и адамеллит-гранитной формациям позднепалеозойского возраста коллизионной стадии развития. Перечислим основные гранитные массивы, в связи с которыми проявлены редкометалльные альбититы. Это Тайкеуский, Маньхамбовский, Ильяизский, Малопатокский на Севере Урала, Шамейский, Кварцевогорский, Галочьегорский, Зенковский на Среднем Урале, Борлинский на Южном Урале.

Метасоматические образования альбититовой формации Полярного Урала (месторождения Тайкеуское, Устьмраморское, Лонгот-Юганское) приурочены к западному крылу Харбейского антиклинория, осложненного поперечной

структурой северо-западного (Пайхойского) направления и ограниченной разломами глубинного заложения. Вмещающие породы представлены эпидот-хлоритовыми, хлорит-амфиболовыми сланцами и метаэффузивами с прослоями известняков и гравелитов няровейской свиты (R_{2-3}) (Грязнов, 1992, Душин, 1997), претерпевших региональный зеленокаменный (пренит-пумпеллеитовая субфация) и зеленосланцевый (биотит-эпидот-актинолитовая и эпидот-хлоритовая субфации) метаморфизм. Интрузивные образования площади по (Грязнов и др., 1986, Грязнов, 1992, Душин, 1997) относятся к габбро-диорит-гранодиоритовой (R_3), гранит-лейкогранитовой (V-Є) и гранитной (C_3 -P) формациям. Последняя представлена телами микроклин-пертитовых гранитов и гранитогнейсов. Их геохимический спектр характеризуется повышенными (надкларковыми) содержаниями Nb, Ta, Be, Y, Yb.

Граниты и гранитогнейсы практически во всем объеме массивов в той или иной степени альбитизированы. Альбититы образуют зональный ореол, в котором выделяются внешняя (кварц-альбит-микроклиновая), промежуточная (кварц-альбитовая) и внутренняя (альбититовая) зоны.

Кварц-альбитовые метасоматиты и альбититы проявлены локально и слагают линейно вытянутые тела в центральных и эндоконтактных частях массивов. Дальнейшее изменение P-T условий и кислотности-щелочности гидротермальных растворов обусловило формирование мусковит-кварцевых, флюорит-мусковитовых и кварцевых метасоматитов, представляющих собой грейзеновые фации формации апогранитных редкометалльных альбититов.

Геохимические спектры всех фаций альбититов качественно близки, что может свидетельствовать о принадлежности их к единой метасоматической формации. В направлении от кварц-альбит-микроклиновых к слюдистым метасоматитам идет последовательное увеличение концентраций рудных элементов. Рудная минерализация прожилково-вкрапленного и вкрапленного типов характеризуется относительно высокими концентрациями Pb, Mo, Cu, Ti, Zn. Молибден в редкометалльных альбититах образует линейные ореолы, развитые как в телах гранитов и гранито-гнейсов, так и за их пределами, в сланцевом обрамлении (рис. 3). Наиболее интенсивные ореолы молибдена фиксируются в зонах развития грейзеновой фации альбититовой формации.

На Среднем Урале тела метасоматитов альбититовой формации по (Грабежев, 1995, 1981) распространены в пределах Шамейского, Зенковского, Кварцевогорского, Галочьегорского массивов.

Граниты Шамейского массива характеризуются повышенными содержаниями Be и Mo. Максимальные концентрации молибдена в минералах Шамейского массива фиксируются в наложенных грейзеновых фациях. Количество молибденита в гранитах варьирует от 10 г/т до 1400 г/т.

Геохимическая специализация редкометалльных альбититов Среднего Урала определяется повышенными содержаниями (в кларках концентрации) F(6,37), Mo (4,27), Nb (3,12), Be (2,89), Ta (2,12), Cs (2,52). Грейзеновым фациям альбититовой формации свойственны повышенные концентрации Mo (10,87), F (4,82), Sn (3,62), Be (3,26), Cs (2,6), Li (2,23), B (2,14), Rb (1,8), Nb (1,56), Pb

(1,18).

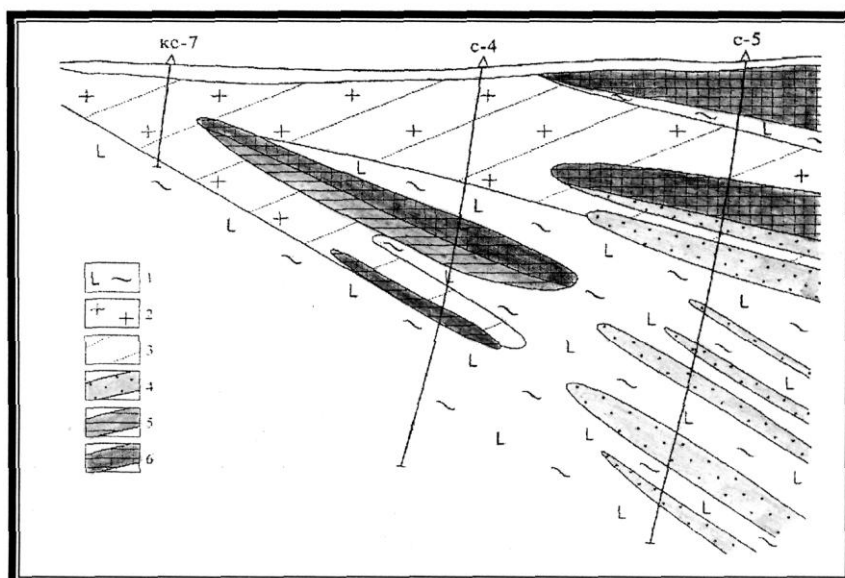


Рис. 3. Геохимические ореолы молибдена по профилю IV Устьмраморного месторождения редкометалльных альбититов

(по Ю.А. Дворникову, О.Н. Грязнову, В.И. Чеснокову, В.А. Елохину)

1 - сланцы эпидот-хлоритовые, хлорит-амфиболовые; 2 - граниты, гранитогнейсы микроклин - пертитовые; 3 - ореол альбититов; 4-6 - ореолы молибдена: 4 - $>Ca_1 - <Ca_2$; 5 - $>Ca_2 - <Ca_3$; 6 - $>Ca_3$

Редкометалльно-вольфрамовая грейзеновая формация

В пределах Уральского региона месторождения редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой формации формировались в две металлогенические эпохи: раннепалеозойскую и позднепалеозойскую. Раннепалеозойские объекты формировались в условиях рифтогенеза, в связи с проявлением магматизма граносиенит-габбро-гранитной формации (Душин, 1997), а позднепалеозойские – в связи с проявлением коллизионного магматизма гранитной формации.

Месторождения редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой формации раннепалеозойской металлогенической эпохи развиты в Ляпинском антиклинории Центрально-Уральской мегазоны и сосредоточены в Торговском рудном узле, включающем более 79 проявлений, связанных с Торговским, Кефталыкским, Хартесским, Малопатокским гранитными массивами и окружающими их кислыми эффузивами. Наиболее крупным и изученным объектом рудного узла является Торговское редкометалльно-вольфрамовое грейзеновое месторождение.

Жильное поле Торговского месторождения приурочено к блоку сильно дислоцированных и метаморфизованных рифейско-кембрийских пород, зажато между крупными гранитными массивами (Юшкин и др., 1972).

В экзоконтактной зоне гранитных массивов в эффузивно-осадочных породах широко развиты кварцевые жилы нескольких генераций. Жилы имеют сложное строение с частыми перерывами и раздувами, и прослеживаются по

простирацию на 300-400 м. Основным морфологическим типом являются линзовидно-четкообразные жилы.

Вольфрамовая и сопутствующая ей минерализация контролируется зоной разлома, в пределах которой жильные образования и вмещающие породы в той или иной степени минерализованы. На месторождении выделяют два этапа формирования жил - дорудный и рудный. Дорудный этап характеризуется образованием четковидных жил, сложенных кварцем с мелкочешуйчатым хлоритом и пластинчатым ильменитом в зальбандах. Рудный этап наложился как на жилы дорудного этапа, так и на вмещающие их породы. Рудный этап разделяется на четыре стадии минерализации. Характерными элементами берилл-шеелитовой стадии являются W, Be, Y, La, Ce, P, Ga, Ge, V, Ti, Ba, Zr; касситерит-пиритовой и молибденит-халькопиритовой — Sn, Си, As, Ni, Co, Mn, Ba, Mo; айкинитовой — Bi, Pb, Cu, Ag, Sb, La. Изменения вмещающих пород, синхронные рудной стадии, выражаются в их незначительной альбитизации, сменившейся во времени интенсивной мусковитизацией, хлоритизацией и окварцеванием.

Наиболее значительная зона развития редкометалльно-вольфрамовых грейзеновых месторождений позднепалеозойской металлогенической эпохи представлена Боевско-Биктимировским рудным районом, исследованию которого посвящены работы Грабежева А. И., Двоглазова, Ионовой Т. Н., Калугина В. И., Коровко А. В., Кузовкова Г. Н., Овчинникова Л. Н., Олерского П. К., Олерской Р. С., Покровского П. В., Попова Б. А., Поташко К. А., Рапопорта М. С., Рундквиста Д. В., Щулькина Е. П. и др.

Месторождения обладают различным набором рудных минералов: Пороховское и Юго-Коневское месторождения являются молибденит-гюбнеритовыми, Карасьевское и Боевское содержат берилл-гюбнеритовую минерализацию. В последнем вольфрамоносные кварцевые жилы пересекают флюорит-мусковитовые метасоматиты с берилловым оруденением одноименного бериллового месторождения. Всем месторождениям свойственна малостадийность минералообразования (не более 2-4 стадий) и преимущественно жильный характер минерализации. Жилы месторождений имеют небольшие размеры, не выдержаны по мощности и простираю, содержат линзы рассланцованных вмещающих пород, часто сложно ветвятся.

В пределах рудного района почти все известные редкометалльно-вольфрамовые месторождения находятся в местах пересечения рудоконтролирующих субмеридиональных разрывных нарушений близширотными, либо в непосредственной близости от мест их пересечения (табл. 6).

Для редкометалльно-вольфрамовых грейзеновых месторождений Боевско-Биктимировского рудного района характерно (Золотов и др., 2004): залегание среди пород разного состава и возраста; разные геолого-структурные условия образования; различная удаленность от гранитных тел; разнообразная морфология рудных жил; наличие минералов-спутников продуктивной редкометалльно-вольфрамовой минерализации: молибденита, висмутита, сульфидов халькофильных элементов и железа. Выше отмеченные особенности свидетельствуют о том, что формирование редкометалльно-вольфрамовых месторождений в

Таблица 6

**Сравнительная характеристика месторождений редкометалльно-вольфрамой
грейзеновой формации Урала**

Параметры	Месторождения раннепалеозойской металлогенической эпохи	Месторождения позднепалеозойской металлогенической эпохи
1	2	3
Геодинамический режим	Рифтовый	Коллизионный
Структуры I порядка	Центрально-Уральское под- нятие (мегазона)	Тагильско-Магнитогорская Восточно-Уральская, За- уральская мегазоны, Восточ- но-Уральский прогиб (мега- зона)
Структуры II порядка	Мегантиклинории (мегабло- ки) – 100 %	Мегантиклинории (мегабло- ки) – 36 % Мегасинклинории (мегабло- ки) – 64 %
Структуры III порядка	Антиклинории – 100 %	Антиклинории – 52,2 % Синклинории – 47,8 %
Структуры более высоких порядков	Синклинальные структуры, системы тектонических на- рушений	Антиклинальные структуры, системы тектонических на- рушений
Физические поля: Поле силы тяжести, $n \times 10^{-2}$ мм/с ² Мощность коры, км Основность коры, г/см ³ Напряженность магнитного поля, мЭ Плотность коры, г/см ³ Стратоизогипсы поверхно- сти базальтового слоя, км	1-10 57,0-57,5 2,0-2,1 -3 - +0,1 2,87-2,89 -20	-38 - +22 46-60 1,9-2,2 -2 - +3 2,84-2,89 -25 - -12,5
Продуктивная магматиче- ская формация	Граносиенит-габбро- гранитная	Гранитовая
Геологический возраст гранитов	Є ₃ - О	С ₃ -Р
Геохимическая специали- зация гранитов	Sc, Sn, Y, Be, Pb, Zr, Cu, Nb	Mo, Pb, Be
Глубина формирования гранитов	Гипабиссальные	Мезо-гипабиссальные
Положение оруденения от- носительно интрузивных пород	Зоны экзоконтактов гранитов, реже эндоконтактовые зоны	Зоны эндоконтактов грани- тов, зоны экзоконтактов гра- нитов
Морфологический тип руд- ных тел	Жильный, прожилково- вкрапленный	Жильный, прожилковый, прожилково-вкрапленный, штокверковый
Рудная фация (минераль- ный тип)	Берилл-шеелитовая, кассите- рит-пиритовая, молибденит- халькопиритовая, айкинито- вая	Берилл-гюбнеритовая, мо- либденит-вольфрамитовая, вольфрамитовая

1	2	3
Минеральный состав руд	Шеелит, вольфрамит, берилл, пирит, молибденит, халькопирит, пирротин, касситерит, галенит, тетраэдрит, айкинит, сфалерит, барит, монацит, алланит, апатит, титанит, рутил, гематит, магнетит	Пирит, вольфрамит, шеелит, халькопирит, берилл, висмутин, молибденит, сфалерит, галенит, касситерит, арсенопирит, блеклая руда, гюбнерит, кубанит
Геохимический спектр руд	W, Bi, Mo, Sn, Be, Y, La, Cu	W, Be, Bi, Sn, Mo, Pb
Отношение вольфрама к молибдену в рудах	4,7	5 - 60
Положение оруденения в обобщенной полиформационной метасоматической зональности	Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации → автометасоматическая альбитизация → метасоматиты грейзеновой формации → дислокационный метаморфизм	Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации → автометасоматоз → метасоматиты грейзеновой формации → дислокационный метаморфизм
Околорудная метасоматическая формация	Грейзеновая	Грейзеновая
Метасоматическая фация грейзеновой формации	Кварц-мусковитовая, мусковит-полевошпатовая	Мусковит-полевошпатовая, мусковитовая, мусковит-флюоритовая
Миграция вещества при метасоматозе: + привнос - вынос	K, Al, Fe, F, $\pm$ Si, $\pm$ Si, Na	K, Al, Fe, F, $\pm$ Si, $\pm$ Si, Na
Геохимическая специализация метасоматитов	W, Bi, Mo, Sn, Be, Y, La, Cu	F, Be, Rb, Cs, Sn, W, Mo, Pb
Примеры месторождений	Торговское, Малопатокское и др.	Пьянковское, Юго-Коневское, Игишанское и др.

районе происходило на разных глубинах, в разных по составу, физико-химическим и физико-механическим свойствам горных породах. Благодаря этому, каждое месторождение обладает своими специфическими особенностями.

В зависимости от физико-химических условий образования, уровня эрозионного среза, состава исходных пород, подвергшихся метасоматическому преобразованию, выделяются различные метасоматические и рудные фации (минеральные типы), которые и определяют отличия месторождений, сформировавшихся в различные металлогенические эпохи.

Редкометалльные пегматиты

Редкометалльные пегматиты Урала развиты в экзоконтактовых зонах крупных батолитов позднепалеозойских гранитов Восточно-Уральской мегазоны и приурочены к блокам земной коры, характеризующимся вариациями параметров физических

полей. Пегматитовые жилы представлены микроклиновыми, микроклин-альбитовыми и альбитовыми разностями, протяженностью от десятков метров до первых километров, при мощности от десятков сантиметров до десятков метров. Форма жил обычно сложная с многочисленными раздувами, пережимами, разветвлениями.

Изучением пегматитов Урала в разное время занимались Аринштейн М. Б., Вертушков Г. Н., Власов К. А., Грабежев А. И., Григорьев Н. А., Еремеев П. В., Еселевич Л. В., Зубов М. А., Каткалов А. В., Коган И. С., Кокшаров Н. И., Ласковенков А. Ф., Львов Б. К., Мамаев И. Н., Машаров А. А., Мормиль С. И., Олерский П. К., Петрова Н. И., Подногин А. К., Рапопорт М. С., Савеня Н. В., Самсонов А. В., Сергеев Н. С., Скобелкин В. И., Солодов Н. А., Таланцев А. С., Ферсман А. Е., Чистяков Н. Е., Шерстюк А. И., Юринский Н. А. и др.

Классическим примером редкометалльных пегматитов является Адуйское рудное поле.

Адуйское рудное поле включает серию пучков-свит сближенных пегматитовых тел в зонах восточного и южного экзоконтактов Адуйского гранитного массива. В пределах поля установлено несколько сот пегматитовых жил, объединенных в 11 пучков. Степень дифференциации пегматитов, их полевошпатовый состав, интенсивность метасоматических изменений и насыщенность редкими металлами коррелируется с удалением пегматитов от кровли массива (Золотов др., 2004). В эндоконтактах гранитного массива залегают фациальные и фазовые пегматиты. В средней части экзоконтактной зоны Адуйского массива расположены слабо дифференцированные, нередко линейно дифференцированные пегматиты. Максимально дифференцированные зональные пегматиты с преобладанием первичного альбита над микроклином, с интенсивно проявленным метасоматозом и наиболее высокими содержаниями редких металлов концентрируются в краевых восточных частях пучков, наиболее удаленных от гранитного массива. Здесь кварц-мусковитовый парагенезис с флюоритом (грейзеновая ассоциация) и молибденитом слагает отдельные гнезда и прожилки. В альбитизированных участках фиксируются самые высокие содержания Та. Дифференцированные пегматиты наиболее богаты танталит-колумбитом, гранатом, апатитом, циртолитом, бериллом, ганитом, флюоритом, сульфидами, турмалином. В них часто присутствуют пироксеноиды, самарскит, фергусонит, эвксенит, иногда встречаются топаз, лепидолит, розовый мусковит, рутил, ильменит.

Формация редкометалльных карбонатитов

Проблема карбонатитов и их рудоносности освещена в ряде обобщающих работ и в многочисленных статьях: Е. М. Еськовой, А. Г. Жабина и Г. Н. Мухитдинова, А. Г. Жабина, Н. В. Свяжина, В. Я. Левина и др. Жильный тип карбонатитов, связанных с щелочными комплексами, установлен на Урале достаточно давно. Они выявлены в щелочной провинции Ильменских-Вишневых гор (месторождения: Потанинское, Булдымское, Светлоозерское, Вишневогорское и др.) и на западном склоне Урала (месторождение «Сибирка»). Наиболее

крупным месторождением этого формационного типа является месторождение «Сибирка».

По данным (Золоев и др., 2004) месторождение «Сибирка» сложено полевошпатовыми, фельдшпатоидно-полевошпатовыми и карбонатитовыми метасоматитами с тонкозернистой редкометалльной минерализацией, развитыми по трахиандезибазальтам небольшой вулканической структуры и вмещающим ее осадочным породам бакальской и саткинской свит нижнего рифея на Западной континентальной окраине Урала на стыке двух крупных структур: Башкирского и Уралтауского мегаблоков. Оруденение контролируется зоной тектонического нарушения, опояривающей глубинный Юрюзано-Зюраткульский разлом. Месторождение является комплексным с промышленными содержаниями каждого из металлов: Nb_2O_5 - 0,12-0,9 %; Ta_2O_5 - 0,011-0,030 %; ZrO_2 - 0,01-2,6 %; Th_2O_3 - 0,010-0,50 %; Mo - 0,034-0,80 %; BeO - 0,02-0,1 %. Главными металлами являются Nb, Ta, Zr, Mo.

В рудах месторождения находятся 20 минералов с Ta и Nb. Особое положение занимает Mo, образующий примесь в редкометалльных рудах и формирующий отдельные рудные тела с собственными и совмещенными редкометалльно-молибденитовыми рудами. Основные руды месторождения редкометалльно-гематитовые, редкометалльные, редкометалльно-молибденовые, молибденовые и флюоритовые. Для всех типов редкометалльных руд характерна высокая тонкозернистость рудных минералов и их тесное срастание с породообразующими минералами, включая гематит. Содержания Mo изменяются от 0,001 до 0,8 %, при среднем содержании в собственных рудах 0,38 %. В пробах встречаются Au - от следов до 0,2 г/т и Ag - от следов до 7,6 г/т. Флюорит в рудах образует прожилковые выделения и мелкую вкрапленность (0,3-0,5 мм в поперечнике) темно-фиолетового цвета, большей частью в ассоциации с эгиринитом, апатитом, дернитом. Рудные тела на месторождении оконтурены по результатам опробования (Nb_2O_5 - 0,10 %; Ta_2O_5 - 0,01 %), для руд молибдена - по содержанию 0,1 %. Молибденовое оруденение на месторождении сосредоточено в его центральной части в 4 рудных телах между профилями VI и IX, но встречается и в других местах. Размеры рудных тел: длина – 100 – 150 м, мощность 9 - 20 м. Содержания Mo в отдельных пробах колеблется от 0,1 до 2,85 %.

Таким образом, проведенные исследования молибденсодержащих редкометалльных месторождений позволяют сделать следующие основные выводы:

1) метасоматиты альбититовой формации развиты в связи с проявлением позднепалеозойского гранитного магматизма коллизионной стадии, геохимически специализированного на Nb, Be, Ta; 2) Mo на альбититовых объектах Урала ведет себя по-разному, но отмечается одна характерная особенность, выражающаяся в накоплении Mo на стадии кислотного выщелачивания; 3) на объектах редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой формации молибденовая минерализация проявлена по-разному (от кларковых содержаний до значимых концентраций); 4) наиболее значимыми объектами в отношении Mo являются месторождения, сформировавшиеся в менее глубинных условиях и характеризующихся полистадийностью образования; 5) месторождения редкометалльно-

вольфрамовой грейзеновой формации являются более древними по отношению к месторождениям вольфрам-молибденовой грейзеновой формации; 6) месторождения редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой формации характеризуются относительно более высокими температурами образования; 7) наиболее богатая редкометалльная минерализация в пегматитах связана с процессами альбитизации, сопоставимыми с формацией редкометалльных альбититов; 8) молибденовая минерализация в пегматитах развивается в связи с проявлением процессов грейзенизации, являющихся фацией альбититовой формации; 9) молибденовая минерализация на карбонатитовых объектах развита в связи с проявлением щелочного метасоматоза, точнее с грейзеновыми фациями формации щелочных метасоматитов.

Железо- и медно-железорудная скарновая формация

Среди скарновых месторождений на Урале выделяются магнетитовые, халькопирит-магнетитовые и молибденит-халькопирит-магнетитовые месторождения, которые сформировались в две металлогенические эпохи: рифейско-нижнекембрийскую и средне-верхнепалеозойскую. В рифейско-нижнекембрийскую металлогеническую эпоху, в условиях коллизионного геодинамического режима и в связи с проявлением магматизма адамеллит-гранитовой формации (Душин, 1997) развиты объекты молибденит-халькопирит-магнетитового типа, типичным представителем которого является Немурюганское рудопроявление, расположенное на границе Изъяхойского антиклинория и Талота-Пайпудынского синклинория Полярно-Уральского мегаблока Центрально-Уральской мегазоны. Оно приурочено к блоку, характеризующемуся следующими значениями параметров физических полей: мощность коры - 55, 0 км, плотность коры - $2,91 \text{ г/см}^3$, напряженность магнитного поля - $+2,0 \text{ мЭ}$, основность коры - $2,3 \text{ г/см}^3$, поле силы тяжести - $+40,0 \times 10^{-2} \text{ мм/с}^2$, глубина залегания поверхности базальтового слоя - -20,0 км.

Участок рудопроявления сложен породами немурьюганской свиты - кварц-серицит-хлоритовыми сланцами с прослоями туфов кислого состава, телами кварцитов мощностью до 60 м и протяженностью до 700 м, доломитами, реже известковыми доломитами и известняками и включает 5 скарновых тел с повышенными содержаниями Sn, Mo, WO_4 и Си. В верхней, существенно карбонатной части разреза сланцы изменены и имеют кварц-полевошпат-мусковитовый, альбит-кварц-актинолитовый, кварц-альбит-хлорит-мусковитовый состав. Рудная минерализация представлена молибденитом, шеелитом, молибдошеелитом, халькопиритом.

В средне-верхнепалеозойскую металлогеническую эпоху формировались халькопирит-магнетитовые (медно-железорудные) и магнетитовые (железорудные) скарновые месторождения. Их образование происходило в условиях активной окраины и связано с проявлением магматизма тоналит-гранодиоритовой и габбро-гранитной формаций (Сазонов и др., 2000) (Ауэрбахо-Турьинское рудное поле, Вадимо-Александровская, Фроловская группы месторождений и др.).

Скарны, обладая повышенной хрупкостью и пористостью, развиваясь в благоприятных тектонических обстановках, нередко являются той средой, на которую накладывается более позднее, иногда значительно оторванное во времени, оруденение (например, Коклановское месторождение).

Выполненные исследования позволяют сделать следующий основной вывод:

- промышленный интерес в отношении молибдена представляют скарново-рудные поля с наложенной сульфидной минерализацией.

Молибденсодержащие формации колчеданного семейства

Колчеданные месторождения формировались на всем протяжении геологической истории Земли и известны на всех континентах. Вопросам геологического строения, условиям размещения, генезиса и рудно-формационной типизации колчеданных месторождений посвящены многочисленные работы (Бородаевская и др., 1975, 1977, 1979, Заварицкий, 1963, Медноколчеданные ..., 1985, 1988, 1992, Прокин, 1977, Серавкин, 1986 и др.).

Руды этих месторождений составляют основу минерально-сырьевой базы медной промышленности Урала.

Месторождения колчеданного семейства на Урале выявлены в пределах Центрально-Уральской, Тагильско-Магнитогорской, Восточно-Уральской мегазоны и Восточно-Уральского прогиба (мегазоны). Подавляющая часть объектов (более 75 %) установлена в Тагильско-Магнитогорской мегазоне, значительно меньше (около 20 %) в Центрально-Уральской мегазоне. Более 80 % месторождений расположено в опущенных структурах второго порядка. Следует отметить, что все средние, крупные и уникальные месторождения выявлены только в Тагильско-Магнитогорской мегазоне. Блоки земной коры, в которых выявлены месторождения колчеданного семейства характеризуются следующими параметрами физических полей: мощность коры – 50 – 60 км, плотность коры – 2,84–2,92 г/см³; магнитное поле - -5 - +2 мЭ; стратоизогипсы поверхности базальтового слоя - -10 - -22,5 км, при модальном значении - -15 км; основность коры – 1,9 – 2,5 г/см³. Более 90 % месторождений приурочено к блокам земной коры, характеризующимся положительными значениями поля силы тяжести (+4 - +75 x 10⁻² мм/с²).

Корреляционный анализ позволил установить, что в блоках, в которых расположены колчеданные объекты, устанавливаются следующие типы связей. Поле силы тяжести имеет прямую положительную связь с плотностью и основностью коры и глубиной залегания поверхности базальтового слоя. Плотность коры, в свою очередь, коррелируется с мощностью и основностью коры. Мощность коры связана с основностью коры и имеет отрицательную связь с величиной магнитного поля.

Факторный анализ, выполненный на основе корреляционной матрицы, позволил выделить три основных фактора, определяющих расположение региональных физических полей и месторождений в Уральском складчатом поясе.

Наибольший вклад в общую дисперсию вносит фактор 1 (суммарная дисперсия равна 37,82 %). Суммарная дисперсия фактора 2 и фактора 3 составляют соответственно, 15,71 и 21,29 %.

Значительный вклад в фактор 1 вносят: поле силы тяжести, плотность и основность коры. Значительный вклад в фактор 2 вносит масштаб объекта. Мощность коры и напряженность магнитного поля являются определяющими параметрами фактора 3.

В докембрийских отложениях Урала в настоящее время не выявлено промышленных колчеданных месторождений, но известны небольшие колчеданные залежи и многие рудопроявления, например, Хараматалоуская площадь Полярного Урала.

В пределах Хараматалоуской площади известно несколько рудопроявлений и ряд точек минерализации относящихся к серно-медноколчеданной кварц-серицит-хлоритовой и медно-цинковоколчеданной кварц-серицит-хлоритовой рудным формациям. Эти рудопроявления формировались в условиях островодужной геодинамической обстановки и развиты в связи с проявлением вулканизма формации натровых базальтов-риолитов (R_3), (Душин, 1997).

Выполненные геохимические исследования позволяют утверждать, что Мо в колчеданных рудах Хараматалоуской площади является типоморфным элементом. Установленные геохимические спектры различных геохимических типов руд колчеданных объектов Хараматалоуской площади могут быть использованы при геохимических поисках. Наличие концентраций Мо в колчеданных рудах следует учитывать при определении формационной принадлежности прожилково-вкрапленной и вкрапленной медной минерализации.

Таким образом, промышленный интерес могут представлять объекты редкометалльной альбититовой, редкометалльной карбонатитовой и редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой формаций, где молибден может извлекаться попутно.

Особую категорию молибденсодержащих объектов представляют техногенно-минеральные образования. Их практическое значение не выяснено. Они находятся в стадии геологического, технологического и экологического изучения.

Положение 4. Маркетинговые исследования Азиатского, Американского, Европейского, Российского и Мирового рынков характеризуют положительную тенденцию потребления вольфрама и молибдена. Структура молибденовой подотрасли в Российской Федерации и геолого-экономическая оценка объектов Урала свидетельствуют о целесообразности освоения месторождений молибдена. Выполненные прогнозные исследования позволили выделить площади, перспективные на выявление промышленных месторождений вольфрам-молибденовой грейзеновой формации.

Любое предприятие, в том числе и предприятие минерально-сырьевого комплекса, действует в условиях внутренних и внешних факторов, оказываю-

щих непосредственное влияние на результаты его деятельности. Изменения, происходящие в рыночной среде, требуют проведения маркетинговых исследований. Одним из направлений таких исследований является изучение объема рынка и прогноз его развития. Под исследованием рынка понимается систематический сбор, сортировка и анализ данных, необходимых для принятия решений. Целью настоящей работы является анализ рынков вольфрама и молибдена. Совместное рассмотрение W и Mo обусловлено тем, что оба металла используются для производства различных видов сталей. Исходным материалом для решения поставленной задачи послужили данные, опубликованные в открытой печати: монографии, учебники, обзоры, доклады, статьи, Интернет-сайты. Исследования проведены по крупным региональным рынкам W и Mo: Российскому, Американскому, Азиатскому, Европейскому и в целом по Миру и охватывают период с 1991 по 2002 г. г. (табл. 7). Параметры, которые использовались при анализе рынков: производство стали, производство W, потребление W, экспорт W продуктов, экспорт W, экспорт W руд, импорт W, импорт W руд и концентратов, цена на W концентрат, цена на паравольфрамат аммония, цена на ферровольфрам, производство Mo, потребление Mo, экспорт Mo, импорт Mo, цена на оксид молибдена на Американском рынке, цена на оксид молибдена на Западноевропейском рынке, цена на ферромolibден.

С целью выявления связей между основными показателями, установления факторов, оказывающих влияние на рынок, выяснения зависимостей между показателями выполнены корреляционный, кластерный, факторный и регрессионный анализы.

Прогнозные ресурсы Mo в России оцениваются в 1580 тыс. т (около 7 % мировых), из них ресурсы категории P_1 составляют менее 2 % и сосредоточены в Свердловской области. Более 70 % ресурсов категорий P_2 и P_3 локализовано в Сибирском федеральном округе (Государственный доклад ..., 2002).

Балансовые запасы Mo в России учитываются по 9 месторождениям, на пять из которых к началу 2002 г. были выданы лицензии на добычу. Наиболее значимым является Сорское месторождение в меньшей степени — Жирекенское месторождение. Обеспеченность действующих предприятий разведанными запасами варьирует от 10 до 30 лет. Почти три четверти добычи руд и производства молибденового концентрата осуществляется компанией АО «Молибден» на Сорском месторождении. Чуть менее четверти руды добывается ОАО «Жирекенский молибден» на Жирекенском месторождении. В незначительных объемах молибден добывается на Тырныаузском месторождении.

Переработка концентратов ведется на Скопинском гидрометаллургическом заводе в Рязанской области, Челябинском электрометаллургическом комбинате, металлургическом предприятии компании АО «Победит» в г. Владикавказ.

Любые прогнозы имеют вероятностный характер, т. к. решения принимаются при частичной, а иногда и полной неопределенности информационных факторов и показателей. Прогнозы использования и развития минерально-сырьевой базы, несмотря на многовариантные значения показателей, например,

Таблица 7

Сравнительная характеристика рынков вольфрама и молибдена

Азиатский рынок	Американский рынок	Европейский рынок	Мировой рынок	Российский рынок
1	2	3	4	5
Подтвержденные запасы Мо на конец 2003 г. - 3870 тыс. т	Подтвержденные запасы Мо на конец 2003 г. - 4606 тыс. т	Подтвержденные запасы Мо на конец 2003 г. - 10 тыс. т	Подтвержденные запасы Мо на конец 2003 г. - 8854 тыс. т	Подтвержденные запасы Мо на конец 2003 г. - 240 тыс. т
Подтвержденные запасы W на 01.01.02. - 1473 тыс. т	Подтвержденные запасы W на 01.01.02. - 530 тыс. т	Подтвержденные запасы W на 01.01.02. - 92 тыс. т	Подтвержденные запасы W на 01.01.02. - 2352 тыс. т	Подтвержденные запасы W на 01.01.02. - 250 тыс. т
На рынок W и Мо оказывают влияние спрос и предложение.	На рынок W и Мо оказывают влияние спрос и предложение	На рынок W и Мо оказывают влияние спрос и предложение, отсутствие собственной минеральной базы, реэкспортная деятельность некоторых европейских стран	На рынок W и Мо оказывают влияние спрос и предложение, а также экономическая ситуация	На рынок W и Мо оказывают влияние спрос и предложение, на рынок W оказывает влияние общее положение в вольфрамовой отрасли
Спрос на W и Мо является неэластичным	Спрос на W и Мо является неэластичным	Спрос на W и Мо является неэластичным	Спрос на W и Мо является неэластичным	Спрос на W и Мо является неэластичным
Рынок Мо является экспортно-импортным с преобладанием импортного направления. Рынок W имеет четко выраженную экспортную направленность	Рынок Мо носит явно выраженную экспортную направленность	Рынок вольфрама и молибдена носит явно выраженную импортную направленность	Рынок W и Мо носит явно выраженную экспортную направленность	Рынок имеет экспортно-импортную направленность
Объемы производства стали не зависят от производства и потребления Мо и W	Производство стали зависит от импорта W	Производство стали зависит от производства и потребления Мо и импорта W	Производство стали связано с потреблением Мо	Производство стали не зависит от объемов производства Мо и W
Объем производства Мо зависит от его потребления и импорта	Объем производства Мо зависит от его потребления и экспорта	Производство Мо связано с его потреблением	Производство Мо связано с его потреблением, экспортом, импортом	Производство Мо имеет связь с производством W

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5
Производство W связано с его импортом	Производство W связано с его экспортом	Производство W не связано с его потреблением	Производство W имеет обратную связь с его экспортом	Производство W связано с его потреблением
Импорт W руд и концентратов зависит от потребления W и производства и потребления Мо	Объемы импорта W определяются объемами производства стали	Объемы импорта W определяются объемами производства стали	Объемы импорта W определяются объемами производства и потребления Мо и W	Импорт Мо связан с его экспортом
Экспорт Мо связан с экспортом W продуктов	Экспорт Мо зависит от импорта W руд и концентратов	На экспорт Мо не оказывают влияние рассмотренные факторы	На экспорт Мо влияют экспорт и импорт W продуктов	Экспорт Мо связан с экспортом W
На экспорт W оказывают влияние цены на паравольфрамат аммония	Экспорт W руд зависит от производства W;	Экспорт W связан с производством и потреблением Мо	Экспорт W руд связан с ценами на них	Экспорт W связан с ценами на него
Отмечается зависимость потребления W от потребления Мо	Объемы потребления W определяются объемами его импорта;	Потребление W не связано с рассматриваемыми параметрами	Потребление W связано с импортом и экспортом W	Объемы потребления Мо зависят от объемов производства стали

прогноз добычи минерального сырья при разных ценах на него, являются объективной необходимостью. Обычно в основе прогнозов лежат приемы экстраполяции трендов и тенденций различной ретроспективной глубины на ближнюю и дальнюю перспективу.

С целью прогнозной оценки рынков вольфрама и молибдена применен метод экстраполяции трендов и регрессионный анализ, из которых следует: 1) Несмотря на колебания цен, потребления, производства, Мировой рынок Мо несет все признаки развивающегося рынка; на рынке W намечился определенный спад. 2) Американский рынок W и Мо может характеризоваться как растущий рынок. 3) На Европейском рынке, так же как и на Американском, отмечался рост производства стали, но здесь более отчетливо проявлена зависимость производства стали от потребления и импорта Мо и импорта W, а если учесть, что в Европе практически отсутствует своя минеральная база, но в то же время, имеются значительные мощности по производству стали, то на этом рынке всегда будет спрос на Мо и W. 4) Российский рынок Мо и W отличается от других рынков. С 1997 года намечился рост потребления Мо. В пересчете на душу населения уровень потребления молибдена в 1997 году составил 4 г (в развитых странах этот показатель составляет 100-140 г). В то же время в этот

же период с небольшими колебаниями нарастал экспорт Мо и W. Вероятно, это связано с поставками из резерва и за счет импорта (в счет государственного долга) из стран ближнего зарубежья. В целом, на Российском рынке наметилась тенденция роста потребления Мо. Но если посмотреть на структуру молибденовой подотрасли, то можно увидеть, что минерально-сырьевая база расположена на востоке РФ, а металлургические заводы на Урале и западе РФ. В то же время Урал обладает всеми необходимыми предпосылками для создания собственной молибденовнорудной базы, что подтверждает актуальность данной работы.

Подавляющая часть минерально-сырьевого потенциала Мо на Урале представлена прогнозными ресурсами, доля запасов весьма незначительна. Запасы и ресурсы, как правило, авторские, значительная часть которых была определена для условий плановой экономики, поэтому в настоящее время они подлежат пересмотру и уточнению с учетом реалий рыночной экономики.

Минерально-сырьевой потенциал Мо представлен разнообразными месторождениями. Их степень изученности и подготовленности к освоению варьируют в широком диапазоне: от практически слабоизученных до практически готовых к использованию.

В соответствии с методическими разработками для оценки природных ресурсов применяется несколько видов: оценка валовой потенциальной стоимости запасов и прогнозных ресурсов; оценка извлекаемой ценности запасов и прогнозных ресурсов минерального сырья (оценка товарной стоимости); оценка по чистому доходу.

Валовая потенциальная стоимость минерального сырья рассчитывается путем перемножения суммарного количества сырья, вне зависимости от степени его подготовки к извлечению, на среднемировую цену, при этом условно считается, что все полезные ископаемые добыты, переработаны и складированы в виде конечного товарного продукта, готового к продажам по мировым ценам.

При определении товарной стоимости запасов и прогнозных ресурсов минерального сырья в недрах применяются поправочные коэффициенты к потенциальной стоимости, учитывающие степень надежности оценки количества запасов и ресурсов различных категорий, предполагаемый уровень извлечения полезного компонента в конечный продукт.

С целью определения практической значимости молибденовых и молибденосодержащих объектов Урала рассчитана их товарная стоимость. Из расчетов следует, что наиболее значимыми (в стоимостном выражении) являются месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации. Товарную стоимость месторождений других формационных типов определяют Cu, W, Au, Re и др. металлы. Исходя из вышеизложенного, выполнена прогнозная оценка Урала (на количественной основе) в масштабе 1:1000000 по выявлению перспективных, на вольфрам-молибденовый грейзеновый тип, площадей. В результате выполненных исследований, на территории Урала выделилось 28 участков, содержащих различные количества прогнозных ресурсов молибдена.

Наиболее значимыми и заслуживающими первоочередного изучения являются площади, включающие Южно-Шамейское месторождение и месторождение «Восток». Пространственно перспективные площади распределились следующим образом: четырнадцать участков приурочены к Зауральской мегазоне, тринадцать участков – к Восточно-Уральской мегазоне и один – к Центрально-Уральской мегазоне (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Молибденовые и молибденосодержащие месторождения Урала имеют эндогенное и экзогенное происхождение.

Анализ опубликованной и фондовой литературы, а также собственных материалов позволил выделить рифейско-раннекембрийскую, раннепалеозойскую, среднепалеозойскую, средне-позднепалеозойскую, позднепалеозойскую и позднепалеозойско-мезозойскую металлогенические эпохи формирования молибденоваторудных и молибденосодержащих формаций на Урале.

Среди эндогенных молибденоваторудных месторождений наибольший практический интерес представляют месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации а также месторождения порфирового семейства.

На объектах редкометалльно-вольфрамовой грейзеновой формации молибденовая минерализация варьирует в широких пределах (от кларковых содержаний до значимых концентраций). Наиболее значимыми объектами в отношении молибдена являются месторождения, сформировавшиеся в менее глубинных условиях и характеризующиеся полистадийностью образования.

Наиболее богатая редкометалльная минерализация в пегматитах связана с процессами альбитизации, сопоставимыми с формацией редкометалльных альбититов. Мо минерализация в пегматитах развивается в связи с проявлением процессов грейзенизации, представляющей фацию кислотного выщелачивания альбититовой формации.

Молибденовая минерализация на карбонатитовых объектах развита в связи с грейзеновыми фациями формации щелочных метасоматитов.

Скарны, обладая повышенной хрупкостью и пористостью, нередко являются той средой, на которую накладывается более позднее, иногда значительно оторванное во времени оруденение. Промышленный интерес в отношении Мо представляют скарново-рудные поля с наложенной сульфидной минерализацией.

В колчеданных рудах Мо чаще всего присутствует в виде элемента-примеси, преимущественно в составе сульфидов, но и встречается в виде спорадических выделений молибденита. Наличие концентраций Мо в колчеданных рудах следует учитывать при определении формационной принадлежности прожилково-вкрапленной и вкрапленной медной минерализации.

Для изучения и оценки практической значимости молибденосодержащих техногенно-минеральных образований необходима постановка специализированных работ.



Рис. 4. Положение перспективных площадей в региональных структурах

Ситуация, складывавшаяся до экономического кризиса 2008 года на Азиатском, Американском, Европейском, Российском и Мировом рынках, а также структура молибденовой подотрасли в Российской Федерации свидетельствуют о целесообразности освоения Уральских месторождений вольфрама и молибдена.

Основные положения диссертации изложены в восьми статьях в журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных изданий, в двух монографиях, одной коллективной монографии и в более чем 80 работах в журналах, сборниках и материалах конференций. Основные из них следующие:

В журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий:

1. Амдур, А. М. Железорудные месторождения Уральского региона / А. М. Амдур, В. А. Елохин, С. В. Корнилов, В. Ф. Рудницкий // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2006, № 3. – С. 128-136.
2. Елохин, В. А. Молибденоваторудные и молибденосодержащие формации Урала, их эволюция во времени и пространстве / В. А. Елохин // Литосфера, 2006, № 2. – С. 167-175.
3. Елохин, В. А. Использование техногенных образований горно-металлургического производства для получения молибдена / В. А. Елохин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2006, № 2. – С. 133-139.
4. Елохин, В. А. Месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации в региональных структурах и физических полях Урала / В. А. Елохин // Литосфера, 2006, № 3. – С. 149-159.
5. Елохин, В. А. Железорудные скарновые месторождения Урала и их молибденоносность / В. А. Елохин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2006, № 3. – С. 136-139.
6. Елохин, В. А. Молибденосодержащие редкометалльные формации Урала // Литосфера, 2009, № 3. – С. 47-63.
7. Елохин, В. А. Молибденоваторудный потенциал горнодобывающей промышленности Урала / В. А. Елохин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2009, № 3. – С. 32-37.
8. Елохин, В. А., Маркетинговые исследования рынков вольфрама и молибдена / В. А. Елохин, Л. А. Баян // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, 2007, № 4. – С. 30-42.

В монографиях:

9. Елохин, В. А. Маркетинг минерального сырья: Научное издание / В. А. Елохин - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 396 с.
10. Елохин, В. А. Месторождения вольфрам-молибденовой грейзеновой формации Урала: Научное издание / В. А. Елохин - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 220 с.
11. Медноколчеданные месторождения Урала: Условия формирования / В. А. Прокин [и др.] - Екатеринбург: УрО АН СССР, 1992. – 306 с.

В материалах международных, Всероссийских (Всесоюзных), региональных совещаний, конференций:

12. Григорьев, В. В. Кимрит с Харбейского вольфрам-молибденового месторождения (Полярный Урал) / В. В. Григорьев, Ю. В. Ерохин, В. А. Елохин // Уральская минералогическая школа – 2007. «Под знаком марганца и железа». Материалы Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов, научных сотрудников академических институтов и преподавателей ВУЗов геологического профиля - Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. – С. 178-181.
13. Елохин, В. А. Перспективы создания молибденоваторудной базы на Урале / В. А. Елохин // Эндеогенное орудование в подвижных поясах. Материалы международной научной конференции (XIII Чтения памяти А. Н. Заварицкого) - Екатеринбург: Институт геологии и геохи-

мии УрО РАН, 2007. – С. 245-248.

14. Елохин, В. А. Уральские молибденовородные и молибденсодержащие месторождения порфирирового семейства / В. А. Елохин // Эндогенное оруденение в подвижных поясах. Материалы международной научной конференции (XIII Чтения памяти А. Н. Заварицкого) - Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2007. – С. 248-252.

15. Елохин, В. А. О необходимости поисков и освоения молибденовых месторождений на Урале / В. А. Елохин // Наука и оборонный комплекс – основные ресурсы российской модернизации. Материалы межрегиональной научно-практической конференции (25-26 апреля 2002 года). – Екатеринбург: Центральная научная библиотека УрО РАН, 2002. – С. 463-467.

16. Елохин, В. А. Молибденовородные и молибденсодержащие рудные формации Урала / В. А. Елохин // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала. Материалы региональной конференции. Книга вторая – Екатеринбург: Минприроды РФ, Правительство Свердловской обл., Комприроды по Свердловской обл., УрО РАН, УГГА, 2000 – С. 70-71.

17. Елохин, В. А. Метасоматическая зональность Сакмарской площади и положение в ней месторождений особочистого кварца / В. А. Елохин // Метасоматическая зональность полигенных и полихронных месторождений: Материалы Всероссийской конференции «Метасоматизм и рудообразование». – Екатеринбург: Уральская госуд. горно-геол. академия, 1997. – С. 96-98.

18. Елохин, В. А. Метасоматическая и метаморфическая зональность Байдаратской площади / В. А. Елохин // Рудоносные метасоматические формации Урала. Информационные материалы. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – С. 24-26.

19. Елохин, В. А. Околорудные метасоматиты молибденово-медных месторождений Полярного Урала / В. А. Елохин // Рудоносные метасоматические формации Урала. Общие вопросы и региональная метасоматическая зональность, метасоматическая зональность колчеданных и молибденово-медно-порфирировых месторождений. – Свердловск, 1986. – С. 58-60.

20. Елохин, В. А. Известково-скарновая формация горной части Полярного Урала / В. А. Елохин // Рудоносные метасоматические формации Урала. Метасоматическая зональность скарновых, золоторудных, редкометальных и нерудных месторождений, теоретические основы, методика и результаты картирования метасоматических образований. Информационные материалы. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 11-12.

21. Елохин, В. А. Главные типы метасоматических формаций и метаморфизма Байдаратской площади (Полярный Урал) / В. А. Елохин, В. В. Григорьев, В. И. Чесноков // Рудоносные метасоматические формации Урала. Информационные материалы - Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – С. 21-24.

Статьи в журналах и сборниках:

22. Грязнов, О. Н. Метасоматическая зональность восточного склона Полярного Урала / Грязнов [и др.] // Метасоматизм и рудообразование - М.: Наука, 1984. – С. 198 – 209.

23. Грязнов, О. Н. Вулканизм, метасоматизм и оруденение горной части Полярного Урала / Грязнов [и др.] // Геология, поиски и разведка рудных месторождений Урала. Межвуз. науч. темат. сборник - Свердловск: изд. СГИ, 1984, вып. 5. – С. 24-37.

24. Елохин, В. А. Редкометальные альбититы Урала и их молибденоносность / В. А. Елохин // Известия Уральского государственного горного университета. Серия: геология и геофизика - 2004. Вып. 19. — С. 67-72.

25. Елохин, В. А. Молибденовородные объекты в региональных структурах Урала / В. А. Елохин // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. Сер: Геология и геофизика - 2001. Вып. 13. - С. 131-136.

26. Елохин В. А. Околорудные метасоматиты молибденово-медно-порфирировых месторождений Севера Урала / В. А. Елохин // Метасоматиты эндогенных месторождений Урала: сб. научных трудов – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – С. 68-75.

27. Елохин, В. А. Геохимические особенности Коклановского вольфрам-молибденового ме-

- сторождения / В. А. Елохин, А. В. Витов // Известия Уральского государственного горного университета. Серия: геология и геофизика, 2004. Вып. 19. — С. 110 — 119.
28. Елохин, В. А. Эндогенные ореолы Харбейского вольфрам-молибденового месторождения / В. А. Елохин, О. Н. Грязнов // Геохимия и минералогия первичных и вторичных ореолов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. — С. 65 — 72.
29. Елохин, В. А. Геохимическая характеристика Михеевского молибденово-медного месторождения / В. А. Елохин, И. А. Прожерова // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. Серия: Геология и геофизика, 2002. Вып. 15. - С. 110-118.
30. Елохин, В. А. Геохимическая характеристика руд Южно-Шамейского молибденового месторождения / В. А. Елохин, В. И. Чесноков, Ю. В. Чечулина // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. Серия: Геология и геофизика, 2003. Вып. 18. - С. 91 - 98.
31. Нечеухин, В. М. Генетические типы рудоносных метасоматитов в докембрийских толщах Урала / В. М. Нечеухин [и др.] // Метасоматиты докембрия и их рудоносность. — М.: Наука, 1989. — С. 132-138.
32. Чесноков, В. И. Пропилитизированные породы Севера Урала / В. И. Чесноков, В. В. Григорьев, В. А. Елохин // Геология метаморфических комплексов. Межвуз. научн. тематич. сб. Свердловский горный институт, 1990. - С. 29-37.
33. Чесноков, В. И. Методика составления среднемасштабных карт метасоматических формаций (на примере Севера Урала) / В. И. Чесноков [и др.] // Картирование метасоматических образований Урала: Информационные материалы - Свердловск, УрО АН СССР, 1988. — С. 37 — 53.