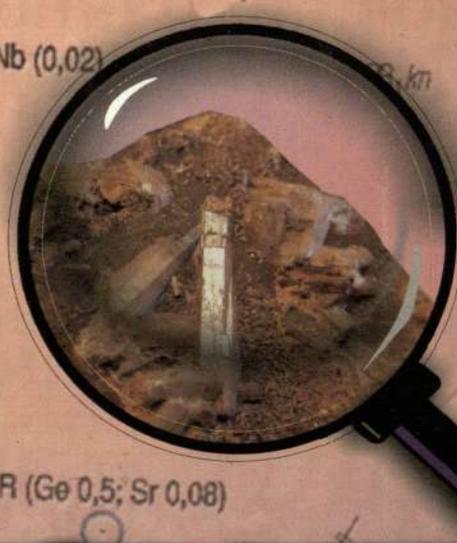


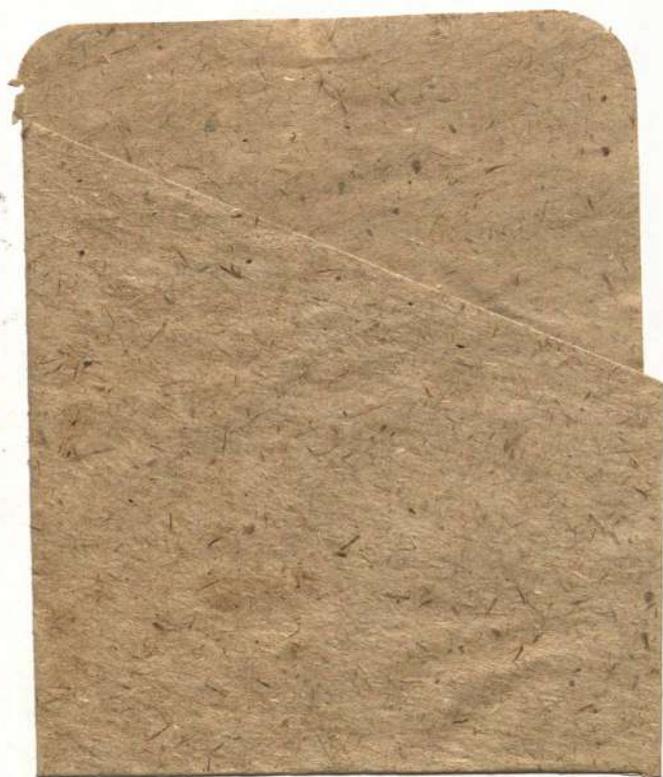
Г.А.ЮРГЕНСОН

# МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЁ ЗАБАЙКАЛЬЯ



Ta, Nb

с. 766095 TR (Ge 0,5; Sr 0,08)



Областной  
Библиотеке  
им. А. С. Пушкина  
от автора -  
составителя

---

Корниц  
13.04.06



Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН  
Читинский государственный университет

**Г.А. Юргенсон**

# **Минеральное сырье Забайкалья**

Учебное пособие  
**Часть I**  
Черные и цветные металлы

Рекомендовано Дальневосточным региональным учебно-методическим центром (ДВ РУМЦ) в качестве учебного пособия для студентов специальностей «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Обогащение полезных ископаемых», «Химия» вузов региона.  
Протокол № 1 от 12.01.2006 г.

Чита, «Поиск», 2006

К 33.2 + К 61.1 + 26.303.я73 + 33.3.я73

Ю 66

УДК 549(075.3)  
ББК 26.303.я73  
Ю 66

Утверждено к печати учеными советами  
Читинского государственного университета и  
Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН.

**Рецензенты:**

Кандидат геолого-минералогических наук Института  
природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН

**Б.Н. Абрамов**

Доктор технических наук, профессор ЧитГУ

**А.В. Фатьянов**

Доктор геолого-минералогических наук, профессор ЧитГУ

**А.И. Трубочёв**

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент ЗабГГПУ

**В.А. Кривенко**

Ответственный за выпуск – **Е.А. Кудряшов**,  
доктор технических наук, профессор,  
проректор по научной работе ЧитГУ

**Юргенсон Г.А.**

**Ю 66** Минеральное сырьё Забайкалья: Учебное пособие. Часть I.  
Черные и цветные металлы. – Чита: Поиск, 2006. – 256 с., илл.  
ISBN 5-93119-157-7

Учебное пособие написано в соответствии с программой обучения студентов химических, горных и географических специальностей университетов с учетом современных требований к минеральному сырью, определяемых законодательной базой недропользования. Сделан акцент на оценку влияния геологоразведочных, добычных и обогатительных производств на окружающую среду. Рассмотрено минерагеническое районирование региона, приведены данные о минеральном сырье черных и цветных металлов. Дано краткое описание важнейших месторождений, способы добычи и переработки сырья.

Для студентов химических, горных, географических, экологических и других специальностей, связанных с использованием минерального сырья, предпринимателей, менеджеров и всех, интересующихся полезными ископаемыми.

ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ  
КРАЕВАЯ БИБЛИОТЕКА  
им. А.С. Пушкина

с 766095

УДК 549(075.3)  
ББК 26.303.я73

ISBN 5-93119-157-7

© Юргенсон Г.А., 2006  
© ЧитГУ, 2006  
© ИПРЭК СО РАН, 2006  
© Книжное издательство «Поиск», 2006

ФОНД КРАЕВЕДЕНИЯ

## Предисловие

Современный инженер, работающий в геологоразведочной, металлургической, строительной и других отраслях промышленности, в которых исследуется или используется минеральное сырьё, должен достаточно легко ориентироваться в вопросах, связанных с состоянием минерально-сырьевой базы того или иного региона.

Во-первых, он должен иметь представление о геологоразведочном процессе, обеспечивающем количественные и качественные показатели его минерально-сырьевого потенциала.

Во-вторых, современный инженер, организатор горного производства, должен иметь сведения о рациональном комплексе методов, обеспечивающих получение достоверных сведений о качестве минерального сырья, в том числе его свойствах, обуславливающих экологическое состояние техносферы и окружающей среды в целом.

В третьих, знать минерально-сырьевой потенциал, минерагеническое районирование, состояние минерально-сырьевой базы, вещественный состав минерального сырья, а также иметь самые общие сведения об условиях и процессах образования руд.

В четвертых, знать основные особенности химических элементов, минералов и горных пород, определяющие их утилитарные свойства и области применения в народном хозяйстве.

Перечисленные выше сведения в равной мере необходимы специалистам, работающим в области химического и физического анализа природного вещества.

Цель данной дисциплины – дать студентам системное, целостное представление о минеральном сырье на примере Забайкалья с учетом перечисленных выше требований к подготовке квалифицированных инженеров, специализирующихся в изучении и анализе минерального сырья на стадиях поисково-разведочных работ, разработки технологических схем его обогащения и передела, инженерной экологии. Полезно оно будет также студентам и аспирантам геологических специальностей, всем, интересующимся минерально-сырьевыми ресурсами Забайкалья, в частности, Читинской области. Оно может быть использовано также при обучении студентов техникумов по специальности геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое учебное пособие написано с учетом современных требований к минеральному сырью, определяемых законодательной базой недропользования, закрепленных в «Законе о недрах». Оно состоит из трех частей. Первая часть (главы 1–8) посвящена общим вопросам и характеристике черных и цветных металлов. Она включает общие вопросы, касающиеся понятий о месторождениях полезного ископаемого, способах и методах геологоразведочных работ, включая опробование и исследования, проводящиеся с целью оценки качества и разработки технологических схем обогащения и переработки минерального сырья (главы 1–5). Особый акцент сделан на оценку влияния геологоразведочных, добычных и обогатительных производств на окружающую среду (глава 6). Чтобы показать некоторые самые важные закономерности размещения полезных ископаемых на территории Забайкалья, рассмотрено его минерагеническое районирование (глава 7).

Во второй части пособия «Редкие и благородные элементы» рассмотрены наиболее важные металлы и металлоиды (селен, теллур и др.), относящиеся по современной классификации к редким элементам, в отличие от обычного рассмотрения их в составе рассеянных элементов. В третьей части «Неметаллические виды минерального сырья» охарактеризованы горнохимическое, горнотехническое, энергетическое, камнесамоцветное и другие виды сырья.

При написании учебного пособия использованы: краткое издание справочника «Минеральное сырье» / Под ред. В.П. Орлова. Составители: А.Н. Еремеев, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко. – М.: ЗАО Геоинформмарк, 1999; Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных метал-

лов. Вып. «Медь»; Методическое руководство. Изд. 3-е переработанное и дополненное / А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев, А.Г. Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002 (отдельные фрагменты из него включены в пособие лишь с некоторыми изменениями) и другие инструктивные документы по этапам и стадиям геологоразведочного процесса. Описания месторождений выполнены с использованием коллективных монографий: «Месторождения Забайкалья»./ Под. ред. акад. Н.П. Лаверова. – Чита–Москва: Геоинформмарк, 1995, в 2-х книгах; «Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области»./ В.С. Четкин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997. – 127 с.; «Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья»./ Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999. – 574 с.; «Энциклопедия Забайкалья»./ Главный ред. Р.Ф. Гениатулин, отв. ред. Г.А. Юргенсон, А.Б. Птицын. – Новосибирск: Наука: 2000, 2002, 2003, 2005, 2006; Г.А. Юргенсон. «Ювелирные и поделочные камни Забайкалья». – Новосибирск: Наука, 2001. Кроме того, использован другой обширный материал. Каждая глава пособия сопровождается перечнем вопросов по теме и соответствующим списком литературы, где приведены основные сведения по рассмотренным вопросам.

Автор признателен д.г-м.н., профессору А.И. Трубачеву, д.т.н., профессору А.В. Фатьянову, д.т.н., профессору В.П. Мязину (кафедра обогащения, Читинский государственный университет), д.т.н., профессору М.В. Костромину (кафедра открытых горных работ), к.г-м.н., доценту В.А. Кривенко (кафедра географии, Забайкальский государственный гуманитарный педагогический университет), д.г-м.н., профессору А.Б. Птицыну, к.г-м.н. Б.Н. Абрамову (лаборатория геологии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН), обсуждение основополагающих вопросов с которыми способствовало улучшению рукописи.

## Глава 1. Из истории горнозаводского производства в Забайкалье

Забайкалье – один из старейших горнорудных регионов страны. Решающее значение для развития геологических исследований и связанной с ними горнорудной промышленности в Забайкалье и России в целом имел Указ Петра I об учреждении «Приказа рудокопных дел» 19 августа 1700 года (ст. ст.).

В Забайкалье были найдены и отрабатывались первые российские месторождения свинца, цинка, олова, вольфрама, молибдена, висмута, лития, флюорита. Из свинцово-цинковых руд Приаргунья выплавлены первые отечественные серебро и золото. Последовательность открытий представлена в табл.1.1.

На основе изучения месторождений Забайкалья В.А. Обручевым, В.И. Вернадским, А.Е. Ферсманом, М.М. Тетяевым, С.С. Смирновым, О.Д. Левицким, Ю.А. Билибиным и другими крупными учеными-геологами рождались передовые идеи и разрабатывалась теория мировой геологической науки.

В XVIII веке Нерчинская Даурия была основным источником серебра и свинца, добывавшихся из руд месторождений Приаргунья. В то время возникло множество рудничных поселений, среди которых наибольшую известность имели Нерчинский Завод, Дучарский Завод, Александровский Завод, Газимуровский Завод, Шилкинский Завод и другие, находившиеся на территории, подведомственной Нерчинскому горному округу. Большинство из них впоследствии получило развитие при Советской власти и сохранилось до наших дней. Нерчинский Завод был историческим центром горнозаводского дела.

Последовательность открытия некоторых наиболее крупных полиметаллических месторождений Юго-Восточного Забайкалья и объемы добычи руды в XVIII—XIX вв.

Название месторождения	Группа	Годы		Количество руды, т	Среднее содержание	
		открытие	прекращение добычи		Pb, %	Ag, г/т
1	2	3	4	5	6	7
г. Крестовки, Култукские работы	Нерчинско-Заводская	1676	1860	21528	—	—
Тайнинское	Тайнинская	1733	1850	29123	11,25	190
Благодатское	Нерчинско-Заводская	1745	1822	119200	—	—
Воздвиженское	Нерчинско-Заводская	1746	1881	111245	—	—
Серный рудник	Смирновская	1746	1799	7,6*	2,0-4,0	50-180
Ильдижанское:						
а) полиметаллическое	Смирновская	1746	1798		—	—
б) ртутное	Смирновская	1759	1833	6,96** 164,51*** 4,74**** 57*****	—	—
Среднего Ново-Зерентуйского рудника	Нерчинско-Заводская	1747	1880	86500	—	—
Кадаинское	Кадаинская	1757	1906	160000	3,23	130-780

Название месторождения	Группа	Годы		Количество руды, т	Среднее содержание	
		открытие	прекращение добычи		Pb, %	Ag, г/т
1	2	3	4	5	6	7
Михайловское	Михайловская	1760	1850	104892	9	330
Мальцевского поселка	Нерчинско-Заводская	1761	1905	60782	—	—
Покровского рудника	Покровская	1764	1849	77677	6,25	285
Екатерининское	Шилкинско-Заводская	1765	1850	174389	3,7	—
Явленское	Явленская	1773	1847	12695	7,08	270
Третье Каразаргинского рудника	Явленская	1773	1817	6951	—	—
Савинское № 5	Кличкинская	1783	1852	66416	—	—
Гурулевского рудника	Покровская	1786	1829	1272	14,2	240
56 месторождений (Яковлевское, Меркурьевское и др.)	Александровская группа	1788	1849	6042	—	—
Трех-Святительское	Нерчинско-Заводская	1810	1914	40500	—	—
Акатуевское	Акатуевская	1815	1904	63402	—	—
Алгачинское	Алгачинская	1815	1905	22890	17,5	1000
Смирновский рудник	Смирновская	1845	1845	7000	20-25	700-800
Зоргольский рудник	Покровская	1846	1880	1500	14	50
Арбуканский	Смирновская	1898	1905	800	17,5	550

Примечание:

\* добыто серы самородной

\*\* за 1797-1798 гг. добыто чистой киновари

\*\*\* киноварь с породой

\*\*\*\* из нее получено ртуть

\*\*\*\*\* в 1832-1833 гг. добыто киновари с породой

В XVIII веке были открыты первые месторождения флюорита (Пуринское, Дучарское, Солонечное и другие). Флюорит использовался в свинцово-серебро-плавильном производстве, в частности, на Дучарском заводе.

В 1798 году на базе железных руд Балягинского месторождения купцом Бутыгиным и кузнецом Шолоховым построен Петровский железоделательный завод, огнеупорные кирпичи для печей которого производились из магнезитов с низовьев реки Шилка, где в XX веке открыто и разведано крупное Ларгинское месторождение магнезитов. Здесь же, в Петровском Заводе, было организовано стекольное производство с использованием местного кварцевого сырья (Кварцевая гора недалеко от п. Баляга) и соды Доронинского озера, находящегося в долине реки Ингода.

На территории Нерчинского горного округа во второй половине XVIII века были развернуты не только поиски и разведка рудных месторождений, но и первые в России геолого-съёмочные работы, которые завершились созданием первой в России и в мире (раньше, чем в Англии) геологической карты, охватившей территорию в 35000 кв. верст. Ее составили в течение 1789–1794 годов Дорофей Лебедев и Михаил Иванов. В XVIII веке из Забайкалья были получены первые яшмы, агаты, сердолики, аквамарины. Источником последних стала Шерловая гора, где Иван Гурков в 1723 году нашел эти ювелирные камни.

Ещё в 1685 году нерчинский боярский сын Игнатий Милованов наряду с пушниной привез в Москву несколько черных тяжелых камушков. Они были найдены на берегу Онона, в том месте, где теперь находится станция Оловянная. Это были касситериты – кусочки оловянного камня. Находку он сдал в Сибирский Приказ. Записали этот факт приказные дьяки в книгу, а камни положили в кладовую. Там они и пролежали без движения многие годы. И только 126-ю годами позже, в 1811 году вновь был на Ононе найден оловянный камень. Касситерит добывали из аллювия и кварцевых жил до глубины 15 метров. В 1813 году началась разработка еще и Кулиндинского месторождения, но по бедно-

сти руд в 1818 году работы прекратили. В 1837 году, пользуясь петровской «Горной привилегией», правительство разрешило добычу руды рабочим. Местное начальство принимало касситеритовый концентрат за определенную плату. Добыча увеличилась, но ненадолго. В 1852 году она прекратилась вследствие того, что добытчики не знали, как залегают рудные тела, каковы их формы и размеры, и работали наугад. Позже на Ононском месторождении снова была организована добыча. В сутки извлекалось из недр и на обогатительной фабрике перерабатывалось около 40 тонн руды. Здесь же действовала печь для плавки олова. На руднике действовала и шлюзовая установка для промывки песков. За 100 лет до первой мировой войны из ононских месторождений было получено немногим более 500 тонн чистого олова.

К началу XIX века относится открытие первых месторождений аметистов (Мулина Гора). В 1829 году открыто россыпное золото на реке Унда, запасы золотоносных песков в долине и русле которой не исчерпаны до сих пор. В первой половине XIX века стали известны знаменитые на весь мир месторождения самоцветов Борщовочного края и Адун-Челона.

В середине XIX века одна за другой открываются богатые золотоносные россыпи на реках Кара, Желтуга, Шахтама, по Урову, Урюму, Бальдже и др. Начинают разрабатываться: крупнейшая Дарасунская россыпь, а также Казаковская, Карийская, россыпи по Средней Борзе. В последней четверти XIX века были открыты первые коренные собственно золоторудные месторождения: Ара-Илинское, Любавинское, Казаковское, Апрельковское, Ключевское. Еще в конце XVIII века Е. Патреном (1791 г.) на Шерловой Горе был обнаружен вольфрамит, но первые собственно вольфрамовые месторождения (Букукинское, Белухинское, Антоновогорское) стали известны в начале XX века. Именно они дали первые в России вольфрам и висмут, а первый молибден дал Гутайский рудник, находящийся вблизи села Гутай в Красночикоийском районе. В последней четверти XIX века Забайкалье давало более половины всего золота России.

В связи со строительством Транссибирской железнодорожной магистрали началось изучение геологического строения прилегающей к ней территории. В результате трудами В.А. Обручева, А.П. Герасимова, А.Э. Гедройца, А.К. Мейстера и других геологов была создана общая концепция ее геологического строения. Она оказала благотворное влияние на развитие геологической мысли при изучении геологии Центрального и Восточного Забайкалья, которое проводилось С.Д. Кузнецовым (1910 г.), П.А. Казанским (1911 г.), А.Я. Макаровым (1909–1911 гг.) и другими геологами. Последний дал одно из первых описаний Дарасунского месторождения золота. В 1914 году месторождения самоцветов и золота Забайкалья посетил В.И. Вернадский. Он предсказал возможность открытий в Забайкалье радиоактивных руд. В 1916 году началась добыча молибденовых руд на открытом военными топографами Гутайском месторождении. В эти годы были добыты первые вольфрамовые и флюоритовые руды.

Но планомерных геолого-съемочных и геологоразведочных работ в то время еще не проводилось. Разведка рудных месторождений не практиковалась. И после отработки приповерхностных, наиболее доступных и богатых частей, они оставались. Вследствие этого почти полностью была прекращена добыча свинца, цинка и серебра на месторождениях Приаргунья. Лишь после установления Советской власти работы были возобновлены, проведение их стало планомерным. В соответствии с решением Главметалла СССР, которым руководил Ф.Э. Дзержинский, в Забайкалье были направлены лучшие специалисты-геологи и среди них С.С. Смирнов, М.М. Тетяев, А.К. Болдырев, А.Е. Ферсман и др. (члены Геолкома и Академии наук). В результате их исследований открыты Хапчерангинское, Этыкинское, Шерловогорское, Будюмканское и другие месторождения олова. На Шерловой горе были открыты россыпи с вольфрамитом и касситеритом. А.Е. Ферсман, М.М. Тетяев и другие изучали месторождения вольфрама и редких металлов. Открытие в 1930 году Н.В. Иониным Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения подтвердило возможности но-

вых геохимических методов поисков руд. В 1925 году возобновились геологоразведочные работы на Калангуйском месторождении флюорита. В результате для того времени оно стало одним из крупнейших в стране и разрабатывалось до 1994 года, когда после уничтожения СССР почти вся горнорудная промышленность Забайкалья разрушилась.

В 20–30-х годах XX века были организованы разведочные и эксплуатационные работы на Дарасунском, Карийском, Любавинском, Казаковском и других месторождениях золота. Выдающимся достижением советских геологов стало открытие в 1926 году одного из крупнейших в мире Балейского месторождения золота и серебра. Через три года, в 1929 году, уже вступила в строй первая очередь Балейского ГОКа. Он был одним из крупнейших в СССР. После разведки Давендинского, Шахтаминского и других месторождений молибдена Читинская область стала крупным поставщиком этого ценнейшего металла, использовавшегося в оборонной, электроламповой, текстильной и других отраслях промышленности.

В тридцатых годах XX века были открыты Кручининское (Н.С. Землянским) и Чинейское (М.Н. Петрусевичем) месторождения титаномагнетитов. В результате планомерных поисково-разведочных работ промышленную оценку получили Абагайтуйское, Солонечное, Калангуйское и другие месторождения флюорита.

В годы Великой Отечественной войны Забайкалье стало важнейшим источником стратегического сырья для оборонной промышленности всей страны. В послевоенные годы возобновляются разведочные работы на месторождениях Кличкинского рудного поля в Приаргунье. Сырьевой базой для Нерчинского полиметаллического комбината стали Кадаинское, Благодатское, Северо-Акатуевское и другие месторождения свинца и цинка. В пределах Балейского рудного поля в 1941–1947 годах было открыто уникальное Тасеевское месторождение золота и серебра.

С организацией в 1949 году Читинского территориального геологического управления резко возросли объемы гео-

логоразведочных работ. В течение первых 10–15 лет его деятельности существенно выросли разведанные промышленные запасы железа, угля, молибдена, вольфрама, золота, свинца, цинка, флюорита, строительных материалов. В это время были открыты и получили оценку такие крупные месторождения, как Удоканское медное, Бугдаинское молибденовое, Ново-Широкинское золото-полиметаллическое; разведаны 16 полиметаллических месторождений: Спасское, Октябрьское, Северо-Акатуевское, Савинское № 5, Трехсвятительское и другие. В конце 50-х – середине 60-х годов XX века были разведаны Удоканское месторождение меди, Бугдаинское, Жирекенское – молибдена. В это время разведаны также Спокойнинское, Орловское и Этыкинское редкометалльные месторождения, под руководством Л.П. Ищуковой завершилась разведка уникального Стрельцовского месторождения урана. Последнее стало сырьевой базой для строительства крупного Приаргунского горно-химического комбината и города Краснокаменск.

В 50-х годах закончена разведка Усуглинского месторождения флюорита, а также одного из крупнейших в Забайкалье – Гарсонуйского. Со второй половины 60-х годов резко увеличивался удельный вес геологоразведочных работ в северных районах области. В 70–80-е годы завершается вторая очередь разведки Удоканского месторождения меди, открываются и разведываются такие крупные месторождения, как Катугинское редкоземельно-редкометалльно-криолитовое, Чарская группа железорудных месторождений, Апсатское каменноугольное, Голевское алюминиево-калийных руд. Эти успехи вывели Каларский район в одну из крупнейших рудных провинций планетарного значения.

Широко развернувшееся в Читинской области промышленное и гражданское строительство потребовало поисков строительных материалов. В результате разведаны Усть-Борзинское месторождение высококачественных известняков и Быркинское – глин, на базе которых возможно крупное производство цемента. Кроме того, разведано Закультинское месторождение перлитов, Жипхегенское – гранитов и более

двухсот месторождений песков, строительного камня и бентонитовых глин.

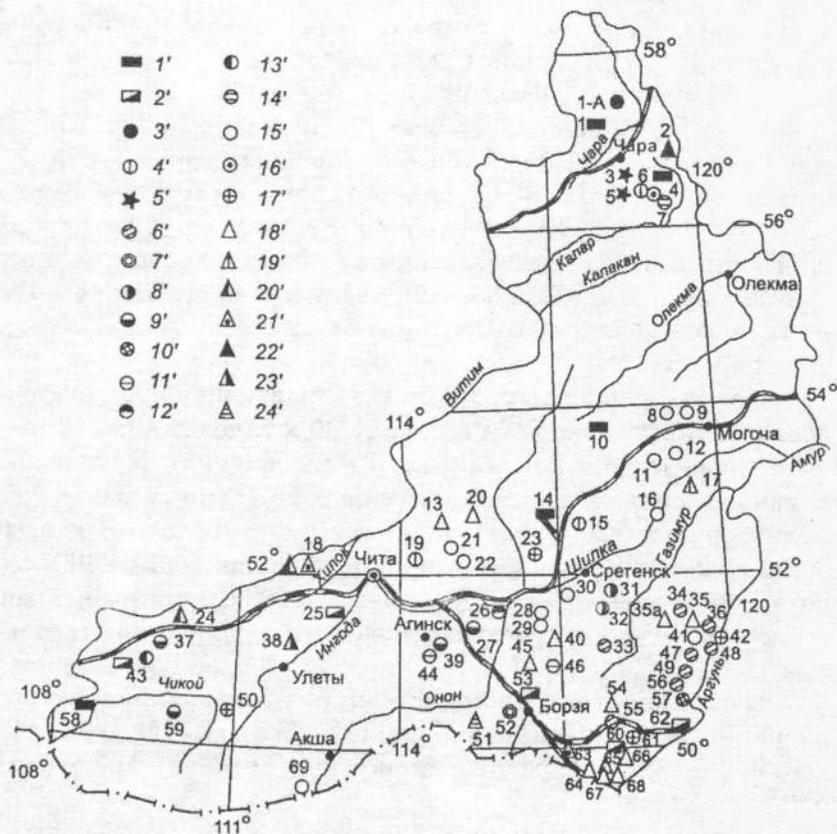
В конце 80-х годов открыты и разведаны крупнейшие в России Шивыртуйское и Холинское месторождения цеолитов, Уртуйское и Гозогорское – флюорита.

К концу XX века на территории Читинской области было обнаружено и разведано огромное число месторождений полезных ископаемых (рис.1.1). По их запасам и ресурсам она занимает одно из ведущих мест в стране (рис. 1.2). Общая стоимость разведанных запасов полезных ископаемых в недрах только Читинской области оценивается более чем в 300 миллиардов долларов США (по состоянию на 01.01.2005 г., рис. 1.3).

По объему производства горнодобывающая промышленность Читинской области к началу 90-х годов занимала значительное место в России. Здесь добывалось (в % от общесоюзных): свинцовых концентратов – 26,1; цинковых – 7,8; молибденовых – 20,3; флюорита – 38 (в том числе кускового и окатышей для металлургической промышленности – 95); золота – 8; литиевых – 30; урановых – 100. Кроме того, здесь же добывалась значительная часть тантала, бериллия и вольфрама.

В общем объеме промышленного производства области в 1990 году горнорудная промышленность составляла 38,8%, а в 1998-м в связи с резким экономическим спадом в стране – только 21%.

В заключение отметим, что разведанные запасы минерального сырья в Читинской области по целому ряду полезных ископаемых могут обеспечить потребности всей страны на далекую перспективу.



**Условные обозначения:**

1' - уголь каменный; 2' - уголь бурый; 3' - железо;  
 4' - титан; 5' - медь; 6' - свинец; 7' - олово; 8' - молибден;  
 9' - вольфрам; 10' - мышьяк; 11' - тантал, ниобий;  
 12' - литий; 13' - германий; 14' - редкие земли; 15' - золото;  
 16' - платина и платиноиды; 17' - уран; 18' - флюорит;  
 19' - магнезит; 20' - перлиты; 21' - цеолиты; 22' - сыныриты;  
 23' - соли и рассолы; 24' - цементное сырье.

Рис. 1.1. Схематическая карта размещения месторождений полезных ископаемых Читинской области

Месторождения: 1 - Апсатское; 1-А - Сулуматское; 2 - Сакунское; 3 - Удоканское; 4 - Читкандинское; 5 - Право-Ингамакитское; 6 - Чинейское; 7 - Катугинское; 8 - Итакинское; 9 - Уконикское; 10 - Нерчуганское; 11 - Александровское; 12 - Ключевское; 13 - Усуглинское; 14 - Букачачинское; 15 - Жирекенское; 16 - Карийское; 17 - Ларгинское; 18 - Холинское; 19 - Кручининское; 20 - Улунтуйское; 21 - Талатуйское и Теремкинское; 22 - Дарасунское; 23 - Оловское; 24 - Закультинское; 25 - Татауровское; 26 - Завитинское; 27 - Барун-Шивиинское; 28 - Валейское и Тасеевское; 29 - Среднеголготайское; 30 - Казаковское; 31 - Шахтаминское; 32 - Бугдаинское; 33 - Акатуевское; 34 - Новоширокинское; 35 - Брикачанское; 35а - Солонечное; 36 - Воздвиженское; 37 - Бом-Горхонское; 38 - Доронинское; 39 - Спокойнинское; 40 - Жетковское; 41 - Козловское; 42 - Березовское; 43 - Тарбагатайское; 44 - Орловское; 45 - Калангуйское; 46 - Этыкинское; 47 - Михайловское; 48 - Центральное и Екатерино-Благодатское; 49 - Кадаинское; 50 - Горное; 51 - Усть-Борзинское; 52 - Шерловогорское; 53 - Харанорское; 54 - Гарсонуйское; 55 - Савинское № 5; 56 - Покровское; 57 - Запокровское; 58 - Красночикоийское; 59 - Шумиловское; 60 - Уртуйское; 61 - Стрельцовское; 62 - Приозерное; 63 - Шивертуйское; 64 - Шахтерское и Горинское; 65 - Волдинское; 66 - Уртуйское; 67 - Новобугутурское; 68 - Абагайтуйское; 69 - Любавинское.

с 766095



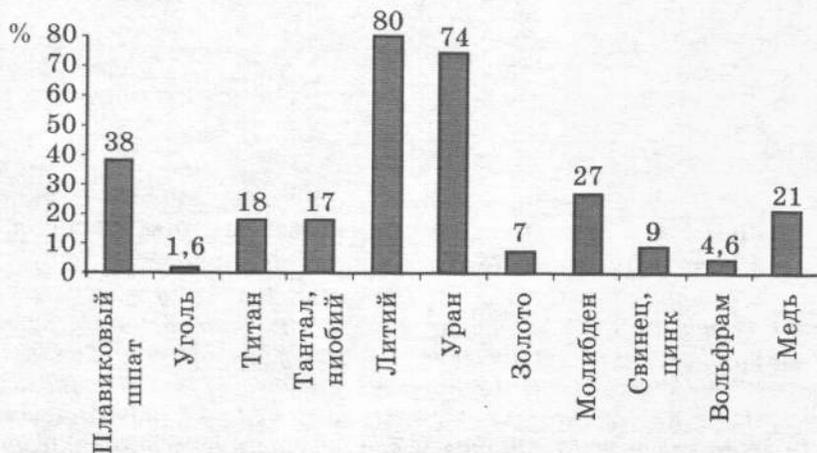


Рис.1.2. Запасы основных видов полезных ископаемых на территории Читинской области, в % от общероссийских (по Ф.Ф. Быбину, 2005 г.)



Рис.1.3. Минерагенический потенциал (стоимостная оценка) природно-хозяйственных систем Забайкалья (Читинская область) (по Ф.Ф. Быбину, 2005 г.). БПТ – Байкальская природная территория.

## Контрольные вопросы

1. Какие полезные ископаемые стали известны в Забайкалье в XVII–XVIII веках?
2. Назовите основные месторождения полезных ископаемых, известные в XIX веке.
3. Какие виды минерального сырья открыты в XX веке?
4. Кто из геологов и видных ученых внес основной вклад в развитие минерально-сырьевой базы Забайкалья?
5. В чем причина резкого спада горного производства в Забайкалье в конце XX века?

## Литература

### Основная

1. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья. / Г.А. Юргенсон, В.С. Четчин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999. – 574 с.
2. Энциклопедия Забайкалья. / Гл. редактор Р.Ф. Генятулин. Отв. ред. А.Б. Птицын, Г.А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2002. – Т.1. Издание 2-е, испр. – 301 с.
3. Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. / В.С. Четчин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита: Изд. Читагеолкома, 1997. – 121 с.

### Дополнительная

1. Четчин В.С., Рутштейн И.Г., Фомин И.Н., Волков Л.С. Развитие минерально-сырьевой базы Читинской области // Географические проблемы изучения хозяйства Читинской области. – Чита: Изд. Забайкальск. фил. Геогр. о-ва СССР, 1987. – С. 55–61.
2. Юргенсон Г.А. Каменная радуга. – Иркутск, 1980. – 112 с.
3. Юргенсон Г.А. Радуга в колеснице. – Иркутск: Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1991. – 303 с.
4. Юргенсон Г.А., Горячкина А.Г. Новое в истории открытий самоцветов в Забайкалье // Записки Всероссийского минералогического общества. – 2003. – № 2. – С. 41–48.

## Глава 2. Общие понятия о минеральном сырье

### 2.1. Общие определения и классификация.

*Полезные ископаемые* (ПИ) – природные минеральные образования, которые могут быть эффективно использованы в сфере материального производства. *Минеральное сырье* – извлеченные из недр полезные ископаемые для непосредственного применения или использования после подготовки или передела в виде товарной продукции.

*Минерально-сырьевая база* – суммарные запасы и ресурсы ПИ какой-либо территории, являющиеся сырьевой основой горнодобывающей промышленности.

По агрегатному, фазовому состоянию полезные ископаемые делят на газообразные, жидкие и твердые. К газообразным относят горючие, например, метан, инертные (He, Ar, Rn, Ne, Xe и др.) и другие газы; к жидким – нефть, конденсат, подземные воды и другие. К твердым ПИ относится большинство полезных ископаемых. Часть их используют как химические элементы или их сплавы и соединения (железо, золото, медь, платина, сера, бронза, различные кислоты или их соли и др.), минералы (галит, графит, тальк, асбест и др.), кристаллы (горный хрусталь, алмаз, оптический флюорит, кальцит и др.), часть – как горные породы (гранит, мрамор, глина, базальт, опока, нефрит, яшма и др.).

По промышленному использованию полезные ископаемые подразделяют на металлические – черные (Fe, Mn, Cr), цветные (Cu, Pb, Zn и др), редкие (Ta, Nb, Be, Li и др.), благородные (Au, Ag, Pt, Pd, Rh и др.), радиоактивные (Ra, Th); неметаллическое сырье – горно-химическое, горно-техническое, минерально-строительное, кристаллическое и кам-

несамоцветное; топливно-энергетическое – твердое (ископаемые угли, уран и др.), жидкое, газообразное; гидроминеральное и другие виды сырья.

## 2.2. Использование минерального сырья.

Во всем мире ежегодно используют около 10 млрд. тонн различного минерального сырья. К крупнейшим его потребителям относят США, европейские страны, КНР и страны СНГ. Главными потребителями минерального сырья являются топливно-энергетический комплекс, черная и цветная металлургия, химическая и строительная промышленности, а также сельское хозяйство.

В странах СНГ ежегодно перерабатывают (млн. т.): железной руды – около 600, углей – 700, руд цветных и редких металлов – 850, горно-химического сырья – 350, строительных материалов – 2000, нефти – 500, газа – 600 млрд. м<sup>3</sup>. Значительную часть сырья, добываемого в развивающихся странах и СНГ, экспортируют в европейские страны, США и Японию.

## 2.3. Промышленные минералы и минеральные образования.

Руды и другое твердое минеральное сырье, имеющее экономическую ценность, представляют собою природные минеральные индивиды и их сростки, моно- и полиминеральные агрегаты и их сообщества, горные породы, а также геотехногенные скопления. Последние являются продуктами воздействия человека на природные минеральные тела. Минералы представляют собою продукты природных химических, физических и физико-химических процессов.

*Минерал – это природное химическое соединение, характеризующееся определенными пределами вариаций химического состава, структурой и связанными с ними свойствами.*

Состав минерала выражают его кристаллохимической формулой, вычисленной на основе знания химического состава, например:  $ZnS$  (сфалерит),  $PbS$  (галенит),  $Cu_2FeS_4$  (халькопирит),  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (гипс),  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$  – (берилл),  $Fe_3O_4$  или  $FeFe_2O_4$  (магнетит) и т.д. В ней приводят основные, составляющие минерал, компоненты и их численные соотношения. Чтобы правильно написать формулу минерала, необходимо знание его кристаллической структуры. Она определяется с помощью рентгеноструктурного анализа. Последний основан на использовании явления дифракции рентгеновских лучей, проходящих сквозь кристаллическую структуру минерала. Абсолютное большинство минералов является кристаллическими веществами. Поэтому к ним приложены все законы физики, характеризующие кристаллическое вещество.

Реальные природные минералы, кроме основных составляющих их химических элементов, как правило, содержат также примеси различных химических элементов. Наряду с изоморфными и фазовыми примесями, природные минералы включают неструктурные, так называемые механические, примеси элементов. Например, золото в пирите может быть как в виде тонких включений его самородных образований, так и в форме химических соединений, например, теллуридов серебра и золота ( $Ag_3 Au Te_2$ , минерал петцит) [Юргенсон, 1996].

Для промышленной оценки многих видов минерального сырья важное значение имеют сведения о формах нахождения полезных компонентов: связь с матрицей горной породы, образование собственных минеральных фаз, их размеры, структурное состояние, изоморфное вхождение в тот или иной минерал, сорбция на межблоковых поверхностях, характер химических связей и т.д. Примеси и формы их вхождения в минерал обуславливают их физические свойства, определяющие поведение минералов в технологическом процессе и т.п.

## 2.4. Промышленные типы месторождений.

К промышленным месторождениям согласно современным инструктивным документам относят как эксплуатируемые, так и разведанные или подготовленные к освоению объекты, а также те, разведка которых не завершена. Месторождения, не вовлеченные в освоение, относят к потенциально-промышленным, а менее изученные – к перспективно-промышленным.

Выделение промышленных типов месторождений основано на их геолого-генетической типизации, особенностях залегания, форме и размерах тел полезного ископаемого, их внутреннем строении, характере распределения полезных компонентов и на составе сырья – минеральном и элементном, формах нахождения полезных компонентов, их содержании и других признаках, определяющих его технологические свойства.

Классификация промышленно-генетических типов месторождений дана в приложении 1 к третьей части настоящего пособия.

## 2.5. Промышленные типы сырья.

Понятие «промышленные» включает как природные, так и технологические типы минерального сырья.

Под *природным* типом понимают полезные ископаемые, сходные по минеральному и элементному составу, структурным и текстурным особенностям, которые слагают обособленные участки. Природные типы подразделяют на разновидности, отличающиеся по каким-либо достаточно хорошо выраженным особенностям: структурным, текстурным, минеральным или элементным, иногда физическим свойствам. Каждый природный тип или разновидность полезного ископаемого характеризуют теми свойствами, которые оказывают заметное влияние на технологию переработки минерального сырья. К ним относят: контрастность, минеральные формы полезных компонентов, формы и размеры

минеральных зерен, характер срастания полезных минералов между собой и с сопутствующими минералами, а также другие текстурно-структурные особенности полезных ископаемых. Учитываются: степень окисленности первичных руд, наличие минералов и элементов, улучшающих или ухудшающих технологические показатели, примеси ценных попутных компонентов.

*Технологический тип* – это совокупность полезных ископаемых сравнительно близких по технологическим свойствам. Это позволяет перерабатывать их по одной технологической схеме. Природные и технологические типы нередко соответствуют друг другу, но вследствие технологической неоднородности природные типы подразделяют иногда на два – три технологических типа.

По технологическим признакам руды разделяют на сорта, характеризующиеся различным содержанием полезных компонентов (богатые, рядовые, бедные, убогие). Руды одного технологического сорта перерабатывают по единой или близким схемам. Но они характеризуются разными показателями извлечения полезных компонентов и качеством полученных продуктов переработки. Выделение технологических сортов производят для усреднения качества минерального сырья (составления шихты), при котором достигают наиболее оптимальных показателей.

Требования промышленности к качеству минерального сырья регламентируют нормативными документами для конкретного месторождения или их группы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое полезное ископаемое, минеральное сырье, месторождение полезного ископаемого?
2. Классификация полезных ископаемых.
3. Масштабы производства и применение минерального сырья.
4. Каким основным потребительским свойством должно обладать минеральное сырье?

5. Что такое минерал и минеральное образование?
6. Как выражается состав минерала?
7. Каковы формы нахождения полезных компонентов в полезном ископаемом?
8. Что такое промышленные типы месторождения и минерального сырья? Что такое технологический сорт?

## **Литература**

### **Основная**

1. Минеральное сырье. Краткий справочник / Под ред. В.П. Орлова. Составители: А.И. Ершов, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко. – М.: Геоинформмарк, 1999.
2. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. – М.: Недра, 1981.
3. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1986.

### **Дополнительная**

1. Межуева Г.С., Егорова М.Г., Роговой В.М. Об учете и оценке попутных редких элементов в горно-металлургических и геологоразведочных работах. – М.: ИМГРЭ, 1990.
2. Абрамов А.А., Леонов С.Б. Обогащение руд цветных металлов. – М.: Недра, 1991.

## **Глава 3. Стадии и методы изучения минерального сырья**

Геологоразведочный процесс имеет четко установленную стадийность и строго разработанную методологию. Они регламентированы соответствующими отраслевыми инструкциями [Оценка прогнозных..., 2002]. Основные положения их приведены ниже с незначительными изменениями.

### **3.1. Оценка месторождения при поисках и разведке.**

#### **3.1.1 Общие понятия и положения.**

Процесс определения отношения той или иной группы проявлений промышленных минералов к промышленному месторождению включает ряд этапов и стадий геологоразведочных работ (ГРП). Сначала то или иное скопление полезных минералов прогнозируется, затем проводятся его поиски, и лишь на заключительном этапе, когда в результате всех предшествующих работ становится ясно, что в данном участке земной коры следует ожидать промышленное месторождение, проектируется его разведка.

В геологоразведочном процессе реализуется принцип последовательного приближения путем перехода от средне-, мелкомасштабных работ к более детальным. Это определяется необходимостью периодической оценки результатов работ и принятия решений о целесообразности проведения более детальных исследований. Таким способом обеспечивается повышение эффективности ГРП. Основанием для постановки последующих работ служит оценка перспективности изучаемых площадей и практического значения ранее оцененных прогнозных ресурсов полезных ископаемых.

Классификация прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых отражает последовательное повышение точности и надежности оценки с ростом информации о них. Поэтому работам каждого масштаба (детальности) отвечают собственные категории прогнозных ресурсов. В результате соблюдается соответствие между геологическими объектами, пространственными минерагеническими категориями и прогнозными ресурсами и обеспечивается последовательная локализация перспективных площадей, в наиболее общем виде отвечающих ряду: минерагеническая зона → рудный район → рудное поле → месторождение (перспективный участок).

Прогнозные ресурсы используются для долгосрочного и текущего планирования геологоразведочных работ, а также при проектировании прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ. Совокупность таких работ должна обеспечивать получение прироста запасов категории  $C_2$ , являющегося основным результатом проведенных разномасштабных прогнозно-минерагенических исследований и геологоразведочных работ. Для определения рациональных путей решения этой задачи требуется: 1) оценить прогнозные ресурсы, необходимые для получения намеченных приростов; 2) выбрать эквивалентные площади для постановки геологоразведочных работ соответствующих масштабов; 3) оценить требуемые затраты на их проведение.

При оценке прогнозных ресурсов используются следующие наиболее употребляемые термины и понятия.

**Рудная формация** – группа месторождений и рудопроявлений, однотипных по элементному и минеральному составу руд и по геологической обстановке их нахождения, которая обусловлена отношением их к определенной геологической формации (либо их сочетанию) и структурными условиями рудогенеза.

**Рудно-формационный тип месторождений** – группа месторождений, объединяющихся принадлежностью их к определенной геологической формации, в которой находятся или с которой ассоциируют скопления рудного вещества.

**Геолого-промышленный тип месторождений** – рудно-формационный тип месторождений, по совокупности характеристик отвечающих требованиям горнодобывающей промышленности к минеральному сырью.

**Минерагеническая провинция** – рудоносная или потенциально рудоносная территория размером в сотни тысяч – миллионы квадратных километров, охватывающая крупные геотектонические единицы земной коры, характеризующиеся обычно комплексной минерагенической специализацией, определяемой совокупностью ведущих для данной провинции типов структурно-формационных комплексов.

**Минерагеническая (структурно-минерагеническая) зона** – территория площадью в десятки тысяч квадратных километров, соответствующая структурно-формационной зоне (СФЗ), образованной рядами родственных и рудовмещающих формаций, сформировавшихся в один тектоно-магматический цикл развития определенной геодинамической (тектонической) обстановки.

**Рудный район** – площадь структурно-формационного блока размером в несколько сотен квадратных километров в составе минерагенической зоны, включающего рудоконтролирующие формации и связанные с ними проявления рудной минерализации определенного рудно-формационного типа.

**Рудное поле** – часть площади рудного района размером в несколько десятков квадратных километров, рудоносность которой определяется сочетанием геологических тел внутриформационного уровня, горных пород различной формационной или фациальной принадлежности, локальных тектонических элементов, зон метасоматического изменения и др. Рудное поле характеризуется скоплением полезного ископаемого в форме месторождений, рудопоявлений, точек рудной минерализации соответствующего рудно-формационного типа, а также развитием геофизических и геохимических аномалий, отображающих основные рудные тела и рудоконтролирующие структуры.

**Поисковый (перспективный) участок** – структурно обособленная площадь рудного поля размером в несколько единиц квадратных километров, в пределах которой развиты рудовмещающие породы, содержащие признаки промышленного оруденения. Поисковый участок соответствует потенциальному месторождению.

**Структурно-формационная зона** – площадь распространения закономерного ряда геологических формаций (структурно-вещественного комплекса), образовавшегося на определенной стадии развития земной коры. В общем случае со структурно-формационными зонами совпадают структурно-минерагенические, имеющие одинаковые с ними ограничения по площади и объему.

**Прогнозно-поисковые модели** – целевые описательные классификационно-признаковые модели минерагенических таксонов, состоящие из сопряженных и соподчиненных элементов рудоносного пространства, выявляемых различными методами и описываемых разными характеристиками.

**Продуктивность (рудоносность)** – количество (масса, объем) ресурсов и запасов минерального сырья рудоносного объекта.

**Удельная продуктивность (рудоносность)** – количество (масса, объем) ресурсов и запасов минерального сырья, приходящееся на единицу массы, длины, площади или объема соответствующей единицы иерархического ряда минерально- или металлоносных образований.

### **3.1.2. Классификация запасов и ресурсов.**

Учитываемый ресурсный потенциал твердых полезных ископаемых в недрах состоит из *разведанных запасов* (категории А, В, С<sub>1</sub>), *предварительно оцененных запасов* (категории С<sub>2</sub>) и *прогнозных ресурсов* (категории Р<sub>1</sub>, Р<sub>2</sub>, Р<sub>3</sub>).

*Запасы категории С<sub>2</sub>* выявляют в основном на стадии оценки месторождений всех групп сложности. Запасы должны удовлетворять следующим требованиям:

1) размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологичес-

ким и геофизическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок;

2) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с кондициями на основании опробования ограниченного количества выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений, а также путем экстраполяции параметров, определенных при подсчете запасов более высоких категорий.

*Запасы категории C<sub>1</sub>* составляют основную часть запасов разведываемых месторождений. Они должны удовлетворять следующим требованиям:

1) выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения, оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, наличие площадей развития малоамплитудных тектонических нарушений;

2) определены природные и технологические типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распределения и количественные соотношения технологических типов и сортов полезного ископаемого, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; качество выделенных технологических типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

3) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с кондициями.

*Запасы категории B* выделяют на участках детализации разведываемых месторождений. Они должны удовлетворять следующим требованиям:

1) установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков, при наличии крупных разрывных нарушений установлены их

положение и амплитуды смещения, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных нарушений;

2) определены природные типы, а также выделены и при возможности оконтурены технологические типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественного соотношения технологических типов и сортов полезного ископаемого; качество полезного ископаемого выделенных технологических типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициям и параметрам;

3) определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов;

4) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с кондициями.

*Запасы категории А* выделяют на участках детализации разведываемых месторождений и они должны удовлетворять следующим требованиям:

1) установлены размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;

2) определены природные типы, а также выделены и оконтурены технологические типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных технологических типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам;

3) изучены распределение и формы нахождения в минералах и продуктах переработки ценных и вредных компонентов;

4) контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с кондициями.

Для полноты представлений о металлоносности тех или

иных минерагенических таксонов используется понятие «минерагенический потенциал». Он определяется при региональных исследованиях масштаба 1 : 500 000 и мельче на качественном уровне (высокий, средний, низкий) по самым общим особенностям состава и строения минерагенических провинций и зон. В таких оценках обосновывается принципиальная возможность обнаружения месторождений тех или иных рудно-формационных типов с предполагаемыми их масштабами.

Для обоснования общих и конкретных прогнозных оценок необходимы данные о начальном минерально-сырьевом потенциале (НМП) того или иного полезного ископаемого; НМП оценивается как сумма накопленной к моменту оценки добычи минерального сырья, выявленных запасов и прогнозных ресурсов.

Достоверность, обособленность и категоричность прогнозных ресурсов устанавливаются степенью детальности геологоразведочных работ, а также методическим совершенством применяемых способов прогнозирования.

При региональном геологическом изучении территории на основе выявления геологического строения региона и общих закономерностей размещения полезных ископаемых обеспечивается возможность оценки минерагенического потенциала выделяемых структурно-формационных (минерагенических) зон; при среднемасштабном картировании прогнозно-поисковые и геолого-съёмочные работы масштаба 1 : 200 000 производится обоснование и обнаружение поисковых признаков и критериев, выделение с их помощью перспективных геологических объектов ранга рудных районов и определение прогнозных ресурсов с отнесением к категории  $P_3$ .

*Прогнозные ресурсы категории  $P_3$*  указывают лишь возможность открытия месторождений того или иного вида полезного ископаемого на основании благоприятных предпосылок, выявленных в оцениваемом районе при среднемасштабном региональном геологическом изучении недр, дешифрировании космических снимков, а также при анализе результатов геофизических и геохимических исследований.

Количественная оценка ресурсов этой категории производится без привязки к локальным площадям на основе аналогии с более изученными районами, где имеются разведанные месторождения того же рудно-формационного типа.

При проведении прогнозно-минерагенических исследований и геологоразведочных работ масштаба 1 : 50 000 выполняется крупномасштабное картирование территории, оконтуривание перспективных площадей ранга полей, определение в их пределах участков с благоприятными поисковыми признаками, выявление проявлений полезных ископаемых, определение прогнозных ресурсов по категории  $P_2$  и их геолого-экономическая оценка.

Прогнозные ресурсы категории  $P_2$  указывают на возможность обнаружения в рудном поле новых месторождений полезных ископаемых. Эта возможность основывается на положительной оценке выявленных при крупномасштабной геологической съемке и поисковых работах проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная перспективность которых установлены единичными выработками.

Обоснованием количественных оценок ресурсов и выводов о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд являются аналогии с известными месторождениями того же формационного геолого-промышленного типа. Прогнозные ресурсы оцениваются до глубин, доступных для эксплуатации при современной и возможной в ближайшей перспективе технологии разработки месторождений.

При более детальных работах (в наиболее общих случаях) в масштабе 1 : 25 000 – 1 : 10 000 должны быть выявлены и оконтурены перспективные участки и рудопроявления полезных ископаемых и определены прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_1$ .

*Прогнозные ресурсы категории  $P_1$*  являются обоснованием возможности выявления новых рудных тел полезного ископаемого на перспективных участках, рудопроявлениях, разведанных и разведываемых месторождениях.

Для количественной оценки ресурсов этой категории используются геологически обоснованные представления о размерах и условиях залегания известных тел. Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических исследований площадей возможного нахождения полезного ископаемого. Кроме того, используются материалы одиночных структурных и поисковых скважин и геологической экстраполяции структурных, литологических, стратиграфических и других особенностей, которые установлены на более изученной части месторождений, где имеются достоверные сведения о критериях, определяющих площади и глубину распространения полезного ископаемого, представляющего промышленный интерес.

При проведении оценочных работ (масштаб 1 : 10 000 и крупнее) проводится определение общих ресурсов выявленного объекта по категориям  $C_2$  и  $P_1$ , оценка их промышленного значения и составление технико-экономических обоснований (ТЭС) о целесообразности и своевременности его разведки.

*Количественная оценка прогнозных ресурсов попутных компонентов в комплексных месторождениях цветных металлов проводится только применительно к благородным металлам через ресурсы основных металлов. Попутные благородные металлы оцениваются во всех типах месторождений цветных металлов. При этом учитываются следующие положения:*

1) исходными данными для расчета прогнозных ресурсов попутных благородных металлов являются количество прогнозируемой руды по основному металлу и среднее содержание в ней благородных металлов;

2) расчет количества благородных металлов в прогнозных ресурсах основных металлов проводится при средних содержаниях, обеспечивающих их извлечение в пределах приемлемых дополнительных затрат. При отсутствии данных по средним содержаниям попутных компонентов допус-

кается использование их содержаний, характерных для эталонных месторождений данного типа или объектов с прогнозными ресурсами, имеющих сходную геологическую позицию и находящихся в одном рудном поле или рудном районе с прогнозируемым объектом;

3) попутные благородные металлы в ресурсах основных цветных металлов категории  $P_3$ , как правило, не учитываются из-за недостаточной изученности и неопределенности экономической значимости основного металла.

При оценке минерагенического потенциала учитываются сведения об ожидаемых типах месторождений с указанием отечественных или зарубежных аналогов и возможных масштабов объектов. Тем не менее, *при оценке ресурсов категории  $P_3$  указывается вероятное число прогнозируемых объектов соответствующего геолого-промышленного типа и их масштабы.*

В соответствии с показанной выше последовательностью разномасштабных прогнозно-минерагенических исследований и геологоразведочных работ для получения на той или иной слабо изученной территории необходимого прироста запасов категории  $C_2$  требуется выполнение комплекса работ, обеспечивающих превращение минерагенического потенциала в ресурсы категории  $P_3$ , перевод ресурсов категории  $P_3$  в  $P_2$ , категории  $P_2$  — в  $P_1$  и, наконец, ресурсов категории  $P_1$  — в запасы категории  $C_2$ . Соответствующим образом от стадии к стадии изменяются ранги и размеры площадей необходимых геологоразведочных работ.

Понятно, что значения минерагенического потенциала и прогнозных ресурсов всех категорий не эквивалентны значениям запасов категории  $C_2$ , выявляемых на той же площади. Это зависит от ряда причин как объективного, так и субъективного характера. К числу главных из них относятся:

1) недостаточная достоверность оценок прогнозных ресурсов, определяемая несовершенством геологических основ прогнозирования и его вероятностным характером;

2) рассредоточенность прогнозируемой массы металла по серии мелких объектов;

3) превышение выявляемых масштабов объектов в сравнении с ожидавшимся;

4) несоответствие качества обнаруженных руд современным промышленным требованиям;

5) недоступность глубин залегания месторождений для поискового и промышленного освоения;

6) субъективные ошибки при выборе направлений и методов работ и тому подобное.

Количественные расхождения между прогнозными ресурсами разных категорий и запасами категорий  $C_2$  могут быть выражены через соответствующие коэффициенты, которые здесь не рассматриваются, так как это выходит за рамки учебной программы рассматриваемого курса.

### ***3.1.3. Технология и стадийность геологоразведочных работ.***

#### ***3.1.3.1. Общие замечания.***

Процесс геологического изучения недр подразделяют на три этапа и пять стадий. Последовательно выполняются три этапа, включающие: а) работы общегеологического назначения (региональное геологическое изучение недр); б) поиски и оценку месторождений (поисковые работы и оценка месторождений); в) разведку и освоение месторождений (разведка месторождения и эксплуатационная разведка).

#### ***3.1.3.2. Этапы и стадии ГРР.***

##### **Этап 1. Работы общегеологического назначения.**

##### ***Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр.***

Объект изучения – территория Российской Федерации, её крупные геолого-структурные, административно-экономические, горнорудные, нефтегазовые регионы, глубинные части земной коры и т.п.

Цель работ – создание фундаментальной многоцелевой геологической основы прогнозирования полезных ископаемых, обеспечение геологической информацией для решения вопросов в области геологоразведочных и других работ.

Основной конечный результат – комплект обязательных и специальных геологических карт различного назначения масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и 1 : 50 000, комплексная оценка перспектив изученных территорий с выделением рудных районов, узлов, бассейнов и определением прогнозных ресурсов категории  $P_3$  и частично  $P_2$ .

Методы исследования: геологическая съемка и глубинное геологическое картирование с геофизическим изучением, дешифрирование космо- и аэрофотоснимков, проведение тектонического, геолого-формационного и минерагенического анализов территорий.

### **Этап 2. Поиски и оценка месторождений.**

#### *Стадия 2. Поисковые работы.*

Объекты изучения – бассейны, рудные районы, узлы и поля с оцененными прогнозными ресурсами категорий  $P_3$  и  $P_2$ .

Цель работ – геологическое изучение территории поисков, выявление проявлений полезных ископаемых, определение целесообразности их дальнейшего изучения.

Основной конечный результат – комплексная оценка геологического строения и перспектив исследованных площадей, установление проявлений полезных ископаемых и оценка их прогнозных ресурсов по категориям  $P_2$  и  $P_1$ . Поиски проводят обычно в масштабе 1 : 50 000. Комплекс методов исследования выбирают на основе особенностей геологического строения объекта, ландшафтно-географических условий района работ, разрешающей способности отдельных методов и технологий в данных условиях. Они включают геологические, геофизические, геохимические и другие методы исследования с бурением поисковых скважин и проходкой поверхностных горных выработок. По совокупности положительных геологических, геофизических и геохимических критериев выделяют перспективные аномалии и участки. Поверхностными горными выработками и поисковыми скважинами проверяют природу геофизических и геохимических аномалий, вскрывают, опробуют и изучают тела полезных ископаемых, оценивают прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и по возможности  $P_1$  выявленных проявлений

полезных ископаемых. По результатам геолого-экономической оценки проявлений принимают решения о целесообразности и очередности их дальнейшего изучения.

*Стадия 3. Оценка месторождений.*

Объекты изучения – проявления ископаемых с оцененными прогнозными ресурсами категорий  $P_2$  и  $P_1$ .

Цель работ – геологическое изучение и геолого-экономическая оценка проявлений и месторождений, исключение проявлений, не представляющих промышленной ценности.

Основной конечный результат – месторождения полезных ископаемых с подсчетом их запасов по категориям  $C_2$  и  $C_1$ , а по менее изученным участкам – с оценкой прогнозных ресурсов категории  $P_1$ . Составляются технико-экономические соображения (ТЭС) о промышленной ценности месторождения.

Методы исследования. Для оконтуривания площади потенциально промышленного месторождения проводят геологическую съемку и поиски в масштабах 1 : 25 000 – 1 : 10 000 для крупных и 1 : 5000 – 1 : 1000 для сложных и небольших месторождений. Геологическую съемку сопровождают детальными минералого-петрографическими, геохимическими и геофизическими наземными исследованиями. Изучают рудомещающие структурно-вещественные комплексы, вскрывают и прослеживают тела полезных ископаемых канавами, шурфами, поисково-картировочными скважинами. Изучение на глубину производят преимущественно бурением скважин до горизонтов, обеспечивающих вскрытие продуктивных структурно-вещественных комплексов, а при глубоком их залегании – до горизонтов, экономически целесообразных для разработки с использованием современных технологий освоения месторождений.

При высокой степени изменчивости полезной минерализации или при сильно расчлененном рельефе для изучения объекта на глубину используют также и подземные горные выработки.

*Технологические свойства* полезного ископаемого определяют изучением лабораторных проб, отобранных отдельно

по основным его природным разновидностям. С их использованием намечают принципиальную схему переработки полезных ископаемых и предварительно оценивают технологические показатели.

В скважинах и горных выработках производят комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических и других наблюдений и исследований в объемах, достаточных для обоснования способа вскрытия и разработки месторождения, определения источников водоснабжения, возможных водопритоков в горные выработки и очистное пространство. Определяют факторы, негативно влияющие на показатели горного предприятия. Оценивают влияние добычных работ на природную среду и определяют возможные мероприятия для уменьшения экологической опасности. При оценке гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий разработки месторождения используют соответствующие показатели известных и отрабатываемых в районе месторождений.

### **Этап 3. Разведка и освоение месторождений.**

#### *Стадия 4. Разведка месторождения.*

Объект изучения – месторождение полезного ископаемого с оцененными запасами по категориям  $C_2$  и  $C_1$  и прогнозными ресурсами категории  $P_1$ .

Цель работ – изучение геологического строения, технологических свойств полезного ископаемого, гидрогеологических, инженерно-геологических условий отработки месторождения; технико-экономическое обоснование освоения месторождения; уточнение геологического строения месторождения в процессе освоения с переводом запасов из низших в более высокие категории.

Основной конечный результат – геологические, гидрогеологические, горно-геологические, технологические и другие данные, необходимые для составления ТЭО освоения месторождения; подсчитанные запасы по категориям А, В,  $C_1$  и  $C_2$ .

На данном этапе используют методы исследования, позволяющие завершить изучение геологического строения месторождений. Составляется геологическая карта на инстру-

ментальной основе. В зависимости от промышленного типа месторождения, его размеров, сложности строения, характера распределения и степени изменчивости тел полезных ископаемых геологическую съемку проводят в масштабах 1 : 10 000 – 1 : 5 000 с применением комплекса наземных геофизических и геохимических методов. Выходы и приповерхностные части тел полезного ископаемого вскрывают и прослеживают горными выработками (канавы, траншеи, шурфы), мелкими скважинами и опробуют с детальностью, обеспечивающей определение форм, строения и условий залегания тел полезных ископаемых, установление интенсивности проявления и глубины зоны окисления, вещественного состава и технологических свойств окисленных и смешанных руд. В условиях Забайкалья, где широко развиты многолетнемерзлые породы, особое внимание обращают на развитие зоны криоминералогенеза, изучаются вопросы возможной деградации мерзлоты и влияния этого фактора на горно-геологические условия в процессе эксплуатации месторождения.

На глубину разведку месторождения проводят скважинами до горизонтов, экономически целесообразных для разработки. Месторождения сложного строения разведывают скважинами в сочетании с подземными горными выработками. В случае отработки месторождения подземным способом разведочные горные выработки проходят с учетом возможного их использования при его вскрытии и эксплуатации.

Последовательность и объемы разведочных работ, соотношение горных и буровых выработок, геометрию и плотность разведочной сети, методы и способы рядового и технологического опробования определяют исходя из геологических особенностей разведываемого месторождения с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и технологии разведочных работ.

Рассматриваемый этап ГРП предусматривает изучение и оценку запасов попутных полезных ископаемых, залегающих совместно с основными, оценку возможных источников

хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, выявление местных строительных материалов.

В итоге разрабатываются схемы размещения объектов промышленного и гражданского назначения и природоохранные мероприятия.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

1) возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группам сложности месторождений, при этом пространственное размещение и количество разведанных запасов, их соотношение по категориям устанавливает недропользователь с учетом конкретных геологических особенностей месторождения, способа его отработки, условий строительства горнодобывающего предприятия и принятого уровня предпринимательского риска капиталовложений и других экономических факторов;

2) достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и форме и размерах тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, количество, размер и положение которых определяются в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей объекта (рис. 3.1);

3) вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого различных промышленных типов и сортов изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;

4) гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горногеологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта

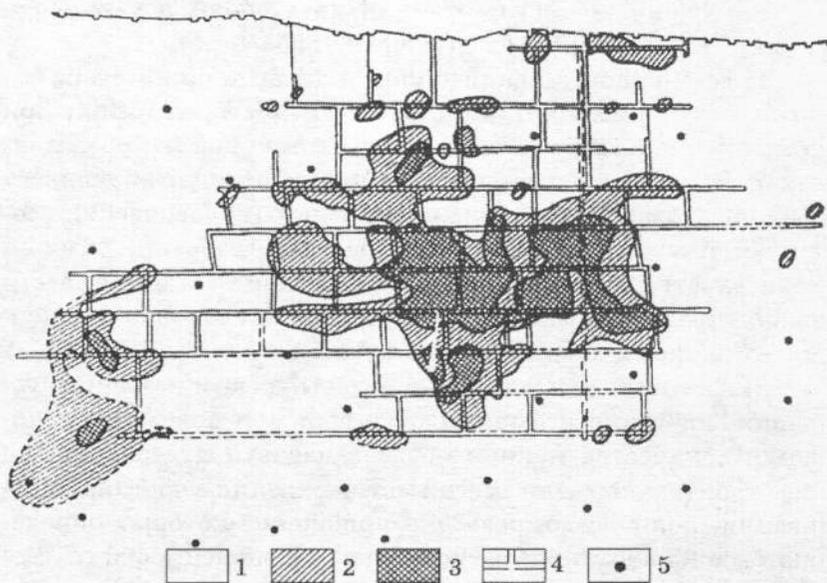


Рис. 3.1. Пятнистые рудные столбы в жиле олово-полиметаллического месторождения Хапчеранга (по Русецкой и др.)  
1 – бедная руда; 2 – средняя руда; 3 – богатая руда; 4 – горные выработки; 5 – буровые скважины.

разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасного ведения горных работ;

5) запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них полезными компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;

6) подсчетные параметры кондиции установлены с использованием технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождений с необходимой степенью достоверности;

7) рассмотрено возможное влияние разработки месторождений на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

В условиях рыночного недропользования материалы, полученные в результате разведки месторождения, служат не только основанием для проектирования будущего горнодобывающего предприятия, но также источником информации для инвестора, побуждающего его в целесообразности и прибыльности вложения капитала. Согласно Закону «О недрах», владельцами лицензий на проведение геологоразведочных работ могут быть не только юридические, но и физические лица, в том числе иностранцы.

#### *Стадия 5. Эксплуатационная разведка.*

Объект изучения – эксплуатационные этажи, горизонты, блоки, уступы, подготавливаемые для очистных работ.

Цель работ – уточнение полученных при разведке данных для оперативного планирования добычи, контроль за полнотой и качеством отработки запасов.

Основной конечный результат – запасы подготовленных и готовых к выемке блоков; исходные материалы для оценки полноты отработки месторождения, уточнения потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Методы исследования – проходка специальных разве-

дочных выработок, бурение скважин, шпуров, опробование различными методами, геофизические исследования; определение показателей извлечения количества полезного ископаемого, его качества. При необходимости разработки ТЭО эксплуатационных кондиций необходимо также изучение месторождения с позиций возможного использования геотехнологических способов его отработки – подземного скважинного, кучного и других видов выщелачивания, а также особенностей протекания этих процессов в условиях многолетнемерзлых пород. Последнее имеет большое значение для Забайкалья.

## **3.2. Опробование.**

### **3.2.1. Методы и способы опробования.**

Опробование проводят на всех стадиях геологоразведочного процесса, включая эксплуатационную разведку, с целью изучения элементного и минерального составов полезных ископаемых, физико-механических свойств и оценки их соответствия существующим требованиям промышленности. Опробованию подлежат все горные выработки и скважины, вскрывшие полезные ископаемые, независимо от их назначения. Опробование подразделяется на геологическое, геофизическое, минералогическое (минералого-петрографическое), технологическое и техническое.

*Геологическое и геофизическое опробование* (рядовое опробование) проводится для определения элементного состава полезных ископаемых и вмещающих их горных пород. Результаты опробования используют для оконтуривания тел полезных ископаемых, установления их состава и внутреннего строения, определения качества, подсчета запасов полезных ископаемых и заключенных в них ценных компонентов. На горнодобывающих предприятиях результатами опробования контролируют производственную деятельность, их используют для уточнения контактов тел полезных ископаемых, составления планов и программ добычи полезных ископаемых и ценных компонентов, определения потерь и разубоживания,

оперативного руководства очистными горными работами и т.п.

*Минералогическое* (минералого-петрографическое) и геохимическое опробование проводят для определения минерального состава руд и вмещающих пород, их текстурно-структурных особенностей, гранулометрического и элементного составов минералов и горных пород. На коренных и россыпных месторождениях алмазов, ювелирно-поделочных камней и некоторых других полезных ископаемых, а также на россыпных месторождениях многих металлов этот вид опробования основной и его применяют для подсчета запасов. В необходимых случаях должно быть показано распределение в пространстве важнейших элементов (рис. 3.2) и минеральных ассоциаций (рис. 3.3).

*Технологическое опробование* производят с целью получения материала для изучения технологических свойств полезных ископаемых. С их использованием выделяют промышленные типы и сорта, разрабатывают рациональные схемы переработки полезных ископаемых с конкретными технологическими показателями.

*Техническое опробование* служит для изучения физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих горных пород (объемная масса, влажность, разрыхляемость, крепость, кусковатость, пористость, водопоглощение, морозостойкость, вязкость, трещиноватость и другие свойства). Особое значение этот вид опробования имеет для многих видов неметаллических полезных ископаемых.

Достоверность данных опробования – важнейшее требование, предъявляемое к этому виду исследований. Ошибки в результатах опробования влекут за собой искажения контуров тел полезных ископаемых, погрешности в установлении подсчетных параметров (мощности, содержания, площади) и в подсчете запасов полезных ископаемых и компонентов. Опробование разведочных пересечений тел полезных ископаемых производят с соблюдением последующих обязательных условий:

1) выдержанность сети опробования; пробы отбирают в направлении максимальной изменчивости оруденения. В слу-

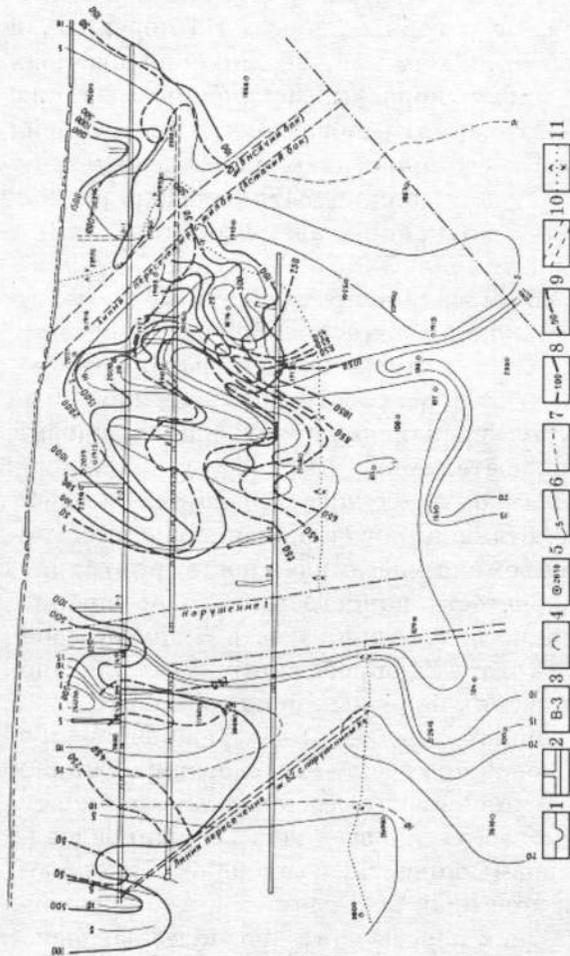


Рис. 3.2. Распределение Au, Bi, Pb в жильном кварце жилы 52 Среднеглогайского месторождения золота

1 – линия поверхности с проекциями сечений канав и траншей; 2 – подземные горные выработки; 3 – обозначения востояющих; 4 – орты и рассечки; 5 – точки пересечения буровых скважин с плоскостью проекции жилы и их номера; 6 – линии изоконцентраций золота ( $g/m$ ); 7 – проекции тектонических нарушений; 8 – линии изоконцентраций висмута ( $g/m$ ); 9 – линии изоконцентраций свинца ( $g/m$ ); 10 – проекция линий пересечения тектонических нарушений с плоскостью жилы; 11 – граница распространения диоритов и плагиогранитов.

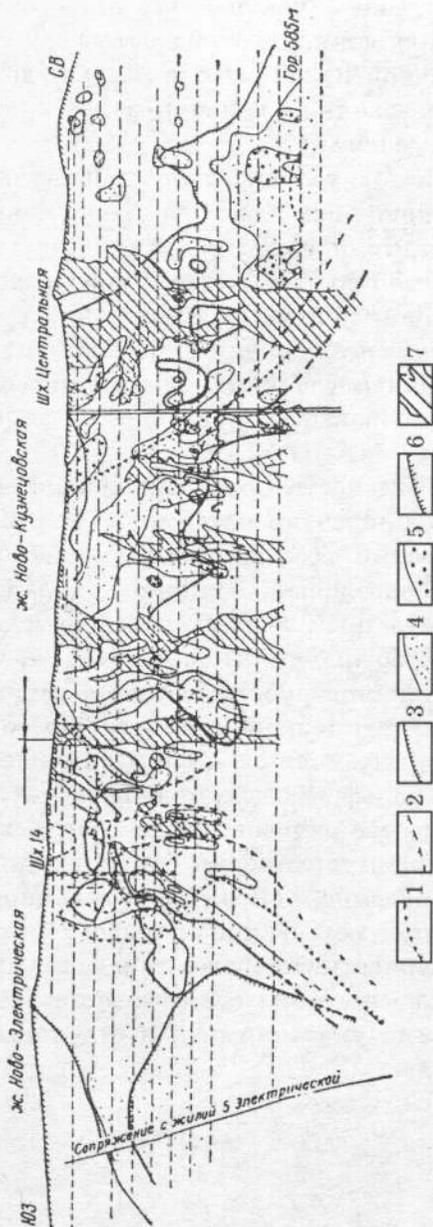


Рис. 3.3. Схема распространения минеральных ассоциаций в плоскости сопряженных вертикальных проекций жил Ново-Электрической и Ново-Кузнецовская, Дарсунское месторождение золота

Контуры распространения минеральных ассоциаций (штрихи контурных линий направлены в сторону развития ассоциаций): 1 – кварц-турмалиновой; 2 – пирит-арсенопиритовой; 3 – галенит-сфалеритовой; 4 – халькопирит-тетраэдрит-бурнонитовой; 5 – кварц-сульфоантимонитовой; 6 – пирротина; 7 – пережимы рудных тел.

чае пересечения тел полезных ископаемых разведочными выработками (особенно скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости следует доказывать возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

2) опробование производят непрерывно на полную мощность тела полезного ископаемого с выходом во вмещающие горные породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур. Для рудных тел без видимых геологических границ опробование производится во всех разведочных сечениях, с четкими геологическими границами – опробование производится по разряженной сети выработок;

3) природные разновидности полезных ископаемых и минерализованных пород опробуют отдельно – секциями.

*Методы* (геологический, геофизический) *и способы* опробования (керновый, бороздовый, задирковый, валовый, горстевой, шламовый, точечный) выбирают исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, чтобы обеспечить наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. Поэтому на месторождениях железных, медных, полиметаллических, оловянных, сурьмяных, вольфрамовых, молибденовых, ртутных и других руд в качестве рядового опробования применяют геофизические, преимущественно рентген-радиометрические, магнитометрические, нейтронно-активационные, радиометрические и другие методы при метрологической их обеспеченности. Достоверность опробования и контроль его качества оценивают в соответствии с существующими требованиями и методическими указаниями для отдельных видов минерального сырья.

### **3.2.2. Принципы обработки проб и подготовки к анализу.**

Обработку проб производят по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипным месторождением.

Элементный и минеральный составы полезных ископаемых изучают с полнотой, позволяющей оценить промышленное значение основных и всех ценных попутных компонентов, а также вредных примесей. Все рядовые пробы анализируют на полезные компоненты, содержание которых учитывают при оконтуривании тел полезных ископаемых по мощности. Попутные компоненты и вредные примеси обычно определяют по групповым пробам, которые составляют из дубликатов рядовых проб.

Порядок объединения рядовых проб в групповые и их общее число обеспечивают равномерное опробование основных разновидностей полезных ископаемых на попутные полезные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению тел полезных ископаемых.

Первичная геологическая документация обеспечивает накопление всех данных, необходимых для получения правильного представления об особенностях геологического строения месторождения, форм тел полезного ископаемого, условиях их залегания и внутреннего строения, пространственного распределения в них полезных и вредных компонентов и других характеристик, определяющих промышленную значимость объекта. Кроме того, первичная геологическая документация отражает методику проведенных работ и правильность их исполнения.

### **3.3. ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА (СОСТАВА И СВОЙСТВ) ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО.**

#### **3.3.1. ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ АНАЛИЗА.**

Для определения качества полезных ископаемых (содержание полезных и вредных компонентов и др.) используют методы анализа и категории точности, установленные ГОСТами или утвержденные научным советом по аналитическим методам (НСАМ) Министерства природных ресурсов РФ в виде отраслевых методик. Качество анализов проб систематически контролируют. Контроль выполняют согласно требованиям действующих методических указаний НСАМ.

#### **3.3.2. ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ТВЕРДОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ.**

Испытание качества твердого минерального сырья разведываемых месторождений преследует две основные цели:

1) определение элементного и минерального составов, а также технологических свойств сырья с выделением его технологических типов и сортов;

2) изучение пространственного размещения технологических типов и сортов сырья (геолого-технологическое картирование).

Оценку качества сырья производят с учетом возможных направлений его использования в соответствии с нормативными требованиями на товарную продукцию.

Качество минерального сырья определяется:

1) содержанием основных и попутных элементов и минералов, вредных и ценных примесей;

2) минеральной формой проявлений полезных элементов и примесей;

3) величиной вкрапленности полезных минералов, измельчаемость сырья и, как следствие, их раскрываемостью;

4) степенью усреднения готовой минеральной продукции по основным и попутным компонентам;

5) ценностью и конкурентоспособностью товарной минеральной продукции на внутреннем и мировом рынках.

Важнейшими качественными показателями минерального сырья являются содержание полезных компонентов и минеральная форма проявления, определяющая возможность их извлечения в концентрат. Поэтому она и определяет выбор наиболее целесообразного метода обогащения. Значительное влияние на эффективность переработки сырья оказывают и породообразующие минералы, так как от их физических, физико-механических и физико-химических свойств зависят контрастность разделения и вскрываемость минералов, а также измельчаемость сырья, гранулометрический состав измельченного материала.

Вкрапленность минералов и измельчаемость сырья определяют крупность измельчения и энергоемкость его переработки, так как на раскрытие минералов (дробление и измельчение) затрачивают более 60% общего потребления энергии на переработку сырья.

*Технологические свойства* полезного ископаемого при разведке месторождений изучают в степени, достаточной для обоснования его промышленной ценности. Технологические испытания проводят на лабораторных пробах по основным технологическим типам сырья с учетом его возможного комплексного использования. Важное значение в изучении качества сырья в этом случае приобретает его прогнозная оценка, которую производят методом аналогии с использованием банка данных и математических моделей, позволяющих по материалам геологического и геофизического опробования, а также результатам изучения вещественного состава оценить ожидаемое извлечение в товарный продукт ценного компонента и его качества.

На основе изучения элементного и минерального составов и технологических свойств разрабатывают возможные варианты схем обогащения сырья различных технологических типов и сортов, а также подбирают оптимальные технологические и реагентные режимы. Разработанные схемы испытывают в лабораторных, полупромышленных и промышленных условиях.

Составной частью оценки качества полезного ископаемого является *геолого-технологическое картирование* (ГТК) месторождения. С помощью ГТК определяют или уточняют размещение разновидностей сырья, выявляют технологические типы и их сорта, закономерности пространственного размещения и количественного соотношения их в объеме месторождения, устанавливают их минеральный и химический состав, технологические свойства, распределение ценных и вредных компонентов по минеральным формам. ГТК проводят на малообъемных пробах, отбираемых по разновидностям руд из всего объема месторождения на основе заданной разведочной сети. При ГТК испытание качества сырья ведут по упрощенным схемам, основные принципы построения которых принимают на основе результатов испытаний технологических проб или опытных и производственных данных предприятий-аналогов.

Обязательна *оценка комплексности* минерального сырья. Её производят на основе практики комплексного использования по технологическим схемам обогащения, применяемым для переработки аналогичных руд. Исследования проводят с привлечением глубоких схем переработки и новых методов обогащения, включая центробежную сепарацию, гидрометаллургические процессы, сорбционно-экстракционные, биотехнологические и другие передовые технологии, в частности, с использованием энергетических воздействий на раствор или пульпу. В результате исследований получают необходимые данные для технико-экономической оценки целесообразности извлечения попутных компонентов, а также составляют баланс их распределения при обогащении сырья и окучковании концентратов.

В необходимых случаях изучают возможность извлечения полезных компонентов из недр современными методами геотехнологии.

При отказе от извлечения попутных компонентов содержащие их продукты складывают в самостоятельные отвалы (геотехногенные месторождения) с учетом возможности будущего использования.

Технологическую оценку отходов переработки минерального сырья производят при подготовке месторождений к промышленному освоению. При оценке преследуют цель полной утилизации отходов и организации малоотходной или безотходной технологии переработки сырья, а также решают вопросы о культивации и рекультивации земель, нарушенных геотехногенными или природными процессами и др. В качестве потребителей отходов горного производства и обогащения рассматривают строительную индустрию.

При испытаниях сырья, в том числе технологических, получают основные технологические показатели по каждой из апробированных технологий в оптимальных режимах. К ним относят: содержание основных, попутных и вредных элементов и компонентов ( $\alpha$  – элементы,  $\rho$  – минералы или компоненты) в минеральном сырье, концентрате ( $\beta$ ), минерале ( $\beta_{\text{мин}}$ ) и хвостах ( $Q$ ), выход ( $\gamma$ ), извлечение ( $\varepsilon$ ) и степень обогащения (концентрации) ( $K$ ) минерального сырья. Выход концентрата, степень обогащения (концентрации) рассчитывают по формулам:

$$\gamma = \frac{\alpha - Q}{\beta - Q} \cdot 100\% ;$$

$$\varepsilon = \frac{\gamma\beta}{\alpha} \cdot 100\% ;$$

$$K = \frac{\beta}{\alpha} .$$

При составлении товарного баланса металлов (компонентов) выход определяют по данным взвешивания исходного сырья и концентрата по сухому.

Себестоимость и удельные капитальные вложения рассчитывают в укрупненном масштабе, и они служат для сравнения испытанных технологий.

Детальность изучения технологических типов и сортов в целом определяется стадийностью геологоразведочных работ.

Результаты технологической изученности минерального сырья обобщают в технологическом регламенте. В нем приводят:

1) обоснование технологических типов и сортов сырья, их отличительные свойства и рекомендации по раздельной или совместной переработке типов и сортов руд;

2) возможность и целесообразность крупнокускового обогащения горной массы дробленого материала;

3) дробимость и измельчаемость сырья, возможность и целесообразность применения самоизмельчения и рудно-галечного измельчения, крупность измельчения для получения необходимой степени вскрытия минералов и их ассоциаций;

4) необходимость применения специальных методов обработки сырья для улучшения раскрытия и повышения контрастности разделительных свойств;

5) технологические схемы, схемы цепи аппаратов, технологические и реагентные режимы, удельные нагрузки на основное оборудование, способы доводки черновых концентратов;

6) обоснование оптимальной глубины обогащения, обеспечивающей рациональное сочетание требований к качеству концентратов, извлечение основных и попутных компонентов из сырья и получение наиболее низкой себестоимости производства металла или других продуктов;

7) обоснование применения экологически опасных методов обогащения (флотационные, обжигмагнитные, пирометаллургические и пр.) в случае их безальтернативности;

8) обоснование необходимости использования специальных энергетических воздействий на пульпу с целью повышения эффективности обогащения;

9) обоснование глубины механического обогащения при пирометаллургической переработке продуктов механического обогащения;

10) данные по водо- и энергопотреблению, требования к очистке оборотной воды;

11) специальные требования к технологическим процессам, оборудованию и транспортным коммуникациям по абразивности твердых материалов, агрессивности и токсичности жидких сред, пыле- и газовой выделению, другим неблагоприятным факторам;

12) возможности комплексного использования сырья и схемы для извлечения попутных компонентов;

13) экологическое обеспечение рекомендуемой технологии переработки минерального сырья;

14) метрологическое обеспечение используемых технологий.

Метрологическое обеспечение испытаний качества минерального сырья состоит в унификации методов исследований, а достоверность показателей, полученных в лабораторных или полупромышленных условиях, достигается сравнением этих результатов с промышленными показателями, полученными на пробах обогащаемого в промышленности сырья, аналогичного испытываемому.

Унифицированные методы исследования и нормативно-методическая документация по химико-аналитическим, спектрально-аналитическим, минералогическим и технологическим исследованиям приведена в ГОСТах, ОСТах, СТО и методических разработках научных советов Министерства природных ресурсов РФ (инструкции, методические рекомендации, указания НСАМ, НСОММИ, НСОМТИ и пр.).

### ***3.3.3. Особенности испытания качества углеводородного и гидроминерального сырья.***

Испытание качества нефти и газа также стандартизировано. Для определения как отдельных составляющих, так и полной оценки качества, разработаны не только соответствующие стандарты, но и автоматизированные установки. Единичные испытания производят только при обнаружении нетрадиционных видов нефтяного сырья. Для последующих его испытаний составляется нормативно-методическая документация.

При технологических испытаниях качества гидроминерального сырья изучают:

- 1) ионно-солевой и газовый составы;
- 2) коррозионную активность рассолов по отношению к материалам оборудования, используемого при добыче и эксплуатации месторождений гидротермального сырья;
- 3) способность к солеотложению в скважинах, устьевом оборудовании и трубопроводах;
- 4) возможность и эффективность предварительного концентрирования или разжижения исходного сырья;
- 5) технологические показатели переработки по различным схемам извлечения и зависимость их от массовой доли компонентов с учетом других характеристик ионно-солевого состава и температуры;
- 6) физико-химические характеристики концентратов и отходов (плотность, химический состав сбросных вод и газов);
- 7) оптимальную глубину извлечения компонентов по той или иной технологии;
- 8) технологию комплексного использования сырья;
- 9) утилизацию сбросных вод, шламов, выбросов;
- 10) баланс основных и попутных компонентов;
- 11) метрологическую достоверность и экологическую опасность технологических процессов.

Кроме того, определяют общее солесодержание, жесткость, щелочность, активную концентрацию водородных ионов рН, растворенный кислород, свободную углекислоту, сероводород, температуру, запах, привкус, цветность, мутность, наличие микроорганизмов, содержание радиоактивных веществ и ряд других показателей.

#### **3.4. Изучение попутных полезных ископаемых и компонентов.**

Попутными (или сопутствующими) полезными ископаемыми считаются минеральные комплексы, добыча которых при разработке основного полезного ископаемого и их про-

мышленное использование экономически целесообразны. К ним относятся заключенные в полезных ископаемых (рудах) минералы, металлы и другие химические элементы и их соединения, не имеющие определяющего значения для промышленной оценки месторождения, но при переработке минерального сырья они могут быть рентабельно извлечены и утилизированы.

Попутные полезные ископаемые и компоненты в зависимости от форм нахождения и связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми, а также с учетом требований, предъявляемых к условиям их разработки (извлечения), подразделяют на три группы:

1) попутные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в горных породах, вмещающих основные полезные ископаемые, т.е. вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов или других целей; торф и иные природные мелиоранты, включая в отдельных случаях почвенно-растительный слой и горные породы, используемые в сельском хозяйстве; подземные воды, участвующие в обводнении горных выработок, если они пригодны для водоснабжения, извлечения из них ценных компонентов или для бальнеологических целей;

2) попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые при обогащении могут быть выделены как в самостоятельные концентраты или иные промышленные продукты, так и включены в продукты обогащения основных компонентов в количествах, допускающих их последующее рентабельное извлечение;

3) различного рода примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические микровключения собственных минералов и др.), относящихся преимущественно к рассеянным элементам, широко распространенным в различных месторождениях при весьма низких содержаниях, или находящихся в виде примеси в рудных минералах, такие как золото, серебро, платиониды, ванадий, тантал, молибден, висмут и др., накапливающиеся в

концентратах основных компонентов и извлекающиеся в процессе последующих переделов.

Изучение и геолого-экономическую оценку попутных полезных ископаемых и компонентов производят на всех стадиях геологоразведочных работ в границах разведки и намечаемой отработки основных полезных ископаемых.

Попутные компоненты могут иметь промышленное значение в тех случаях, когда их концентрации в технологических продуктах и последующая переработка обеспечивают их рентабельное, экономически оправданное, извлечение. Оценка попутных компонентов проводят по каждому технологическому типу полезного ископаемого.

Целесообразность и возможность использования отходов основного производства, таких как отвалы горных работ, хвосты обогащения, шлаки и пыли металлургического производства и другие, определяют в соответствии с общими требованиями к изучению попутных полезных ископаемых и компонентов, а также специальными методическими материалами.

### **3.5. Оконтуривание тел полезных ископаемых.**

Оконтуривание тел полезных ископаемых производят для определения их границ, распределения показателей по разведочным пересечениям на весь объем межвыработочного пространства, а также с целью выбора методики обработки этих данных.

Сначала устанавливают границы контуров подсчета, т.е. тел полезных ископаемых. Если они имеют четкие границы и качество сырья изменяется относительно равномерно, оконтуривание таких тел, при условии наличия четких критериев их выделения при документации разведочных пересечений и горно-эксплуатационных выработок, представляет собою простую операцию. В большинстве случаев рудная минерализация уменьшается постепенно. В таких случаях под рудным телом полезного ископаемого понимают часть природного образования, качество которого позволяет вести

технологически наиболее эффективную его добычу и переработку. Эту часть месторождения выделяют как самостоятельное геологическое тело, включая находящиеся в нем горные породы, обладающие качествами более низкими, чем выделенное тело. В таких случаях рудное тело оконтуривают исключительно по данным опробования в соответствии с установленными кондициями. Последние определяются бортовым и (или) минимальным промышленным содержанием, минимальной мощностью тела полезного ископаемого и др.

### 3.6. Принципы подсчета запасов.

После того, как определены контуры геологического тела, качество которого соответствует полезному ископаемому, можно определять его объем. Зная объем и плотность, можно определить массу тела. Зная массу тела и содержание в нем полезного компонента, можно определить массу последнего, то есть запас.

Подсчет запасов производят двумя основными способами – разрезом или блоков. Статистический способ подсчета запасов применяют только в исключительных случаях. При подсчете запасов широко используют компьютерные технологии. Разделение подсчитанных запасов по категориям выполняют в соответствии с критериями, установленными «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» и инструкциями по её применению, а также с учетом группы сложности геологического строения месторождения.

Категории запасов попутных компонентов могут быть отличными от категорий запасов основного компонента в зависимости от их изученности, характера распределения в рудах, технологических свойств. Запасы попутных компонентов в контурах запасов полезных категорий А, В, С обычно подсчитывают по категориям не ниже  $C_1$ . При очень резкой неравномерности их распределения категории запасов снижают до  $C_2$ , что при попутном характере компонентов не препятствует оценке их промышленного значения. Для по-

путных компонентов, кроме валовых запасов в недрах, подсчитывают извлекаемые запасы, связанные с минералами, накапливающимися в товарных концентратах основных полезных компонентов, либо извлекающиеся в самостоятельные товарные продукты.

### Контрольные вопросы

1. Основные понятия, используемые при геологоразведочных работах.

2. Этапы и стадии оценки месторождений при поисках и разведке.

3. Что такое категория запасов? Основные признаки запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$ .

4. Что такое категории природных ресурсов? Основные признаки категории ресурсов  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ .

5. Какие результаты получают при проведении работ общегеологического назначения?

6. Какие методы используются при проведении поисковых работ?

7. Что такое разведка месторождения полезного ископаемого? Каковы цели, методы и результаты разведки?

8. Что такое опробование? Его разновидности, цели и методы.

9. Какие задачи решаются в результате изучения качества полезного ископаемого?

10. Каковы важнейшие показатели качества минерального сырья?

11. Для чего проводится геолого-технологическое картирование месторождения?

12. Какие данные о полезном ископаемом приводят в технологическом регламенте?

13. Каковы особенности технологических испытаний гидроминерального сырья?

14. Что такое попутные полезные ископаемые и компоненты? Каковы основные принципы их изучения?

15. Для чего и как производят оконтуривание тел полезных ископаемых?

16. Для чего и как подсчитывают запасы полезного ископаемого?

## Литература

### Основная

1. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Медь»; Методическое руководство. Изд. 3-е переработанное и дополненное / А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев, А.Г. Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.

2. Минеральное сырье / Под. ред. В.П. Орлова. Составители: А.И. Еремеев, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко / Краткий справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

3. Временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). – М.: ВИЭМС, 1998.

4. Временное положение о порядках проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (подземные воды). – М.: МПР РФ, 1998.

5. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. – М.: Недра, 1981.

6. Борзунов В.М. Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982.

7. Григорович М.Б., Блоха Н.Т. Словарь по минеральному сырью для промышленности строительных материалов. – М.: Недра, 1976.

8. Классификация запасов месторождений и природных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ГКЗ, 1997.

9. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Изд. 3-е переработанное и дополненное / Б.И. Беневольский, С.С. Вартанян, Ю.К. Голубев и др. Гл. редактор А.И. Кривцов. – М.: ЦНИГРИ, 2002.

10. Фатьянов А.В., Никитина Л.Г., Глотова Е.В. Технология обогащения полезных ископаемых. – Чита: ЧитГУ, 2003.

#### Дополнительная

1. Коц Г.А., Чернопяттов С.Ф., Шманенков И.В. Технологическое опробование и картирование месторождений. – М.: Недра, 1980.

2. Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. Минералого-геохимическая методика определения рудноформационной принадлежности и оценки эрозионного среза среднеглубинных месторождений золота. – М.: Мингео СССР, 1991.

3. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. – М.: МГУ, 1991.

4. Сечевица А.М. Геолого-промышленная оценка попутных полезных ископаемых в комплексных рудах. – М.: Недра, 1987.

## **Глава 4. Технологические процессы обогащения и переработки полезного ископаемого**

Промышленному использованию сырья предшествуют его обогащение и переработка.

Задача промышленной переработки минерального сырья – получение из него товарной минеральной продукции для непосредственного использования или концентратов для дальнейшего передела в металлургической, химической, агрохимической, энергетической и других отраслях промышленности.

Номенклатура товарной продукции определяется потребителем, качество регламентируется требованиями государственных или отраслевых стандартов, техническими условиями или устанавливаются по согласованию между поставщиками и потребителями.

В зависимости от качества добытого минерального сырья и требований к его товарной продукции подготовка сырья к промышленному использованию производится дроблением, сортировкой и усреднением, измельчением, обогащением, гидро- и пирометаллургической переработкой, окускованием мелкогабаритного сырья или тонкоизмельченных концентратов.

Дробление и сортировка минерального сырья производится с целью подготовки его к непосредственному использованию, измельчению и обогащению. В схеме дробления перед обогащением или измельчением сырье усредняется до  $\pm 0,5-1,5\%$ .

Обогащение твердого минерального сырья основано на использовании различий в химических и физических свойствах слагающих его минералов и их ассоциаций, позволяющих разделить и обособить их в виде более или менее

однородных продуктов. К важнейшим свойствам минералов, используемых при их разделении, относятся:

- растворимость в воде, кислотах или других реагентах;
- фазовые переходы второго рода;
- плавкость;
- магнитная восприимчивость;
- плотность;
- электрические свойства;
- смачиваемость минералов;
- радиоактивность;
- люминесценция.

В настоящее время схемы обогащения и переработки полезного ископаемого включают операции по рудоподготовке и непосредственно обогащению с последующей переработкой с целью получения продукта, пригодного для использования в тех или иных отраслях промышленности или народного хозяйства в целом.

Рудоподготовка начинается непосредственно в добычном пространстве и включает дробление до кусков определенной крупности и выделение из массы руды его частей, пригодных для обогащения. Она производится сортировкой, в основе которой – свойства руды (магнитная восприимчивость, люминесценция и др.) или содержание полезного компонента, определяемое радиометрическими, рентгенорадиометрическими, рентгенолюминесцентными, нейтронно-активационными методами в порциях движущегося потока руды или вагонетках и других емкостях.

Процессу обогащения предшествует рудоподготовка на основе измельчения и классификации руды. Измельченная руда в зависимости от используемого различия в свойствах минералов обогащается магнитной сепарацией гравитационными, флотационными и другими методами. В зависимости от минерального состава руд и их структурно-текстурных признаков могут применяться комбинированные способы. Размеры кусков и частиц руды при дроблении и измельчении зависят от свойств, строения и назначения полезного ископаемого (рис. 4.1).

Распределения  
в %

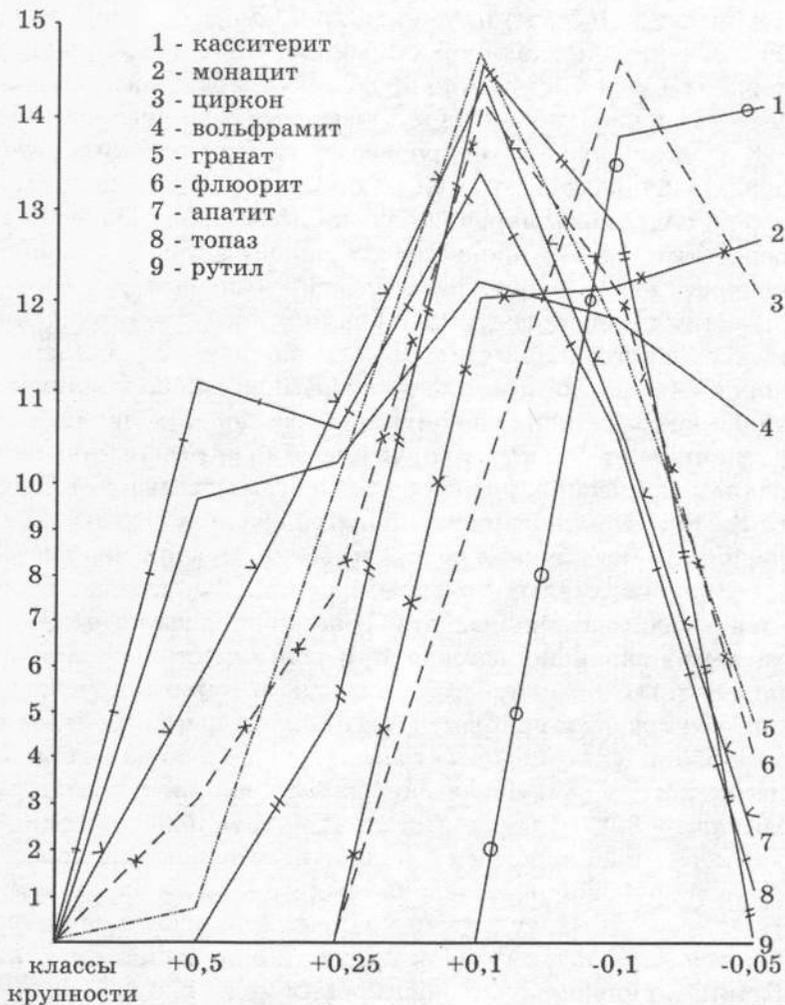


Рис. 4.1. Гистограмма относительного распределения минералов по классам крупности при измельчении вольфрамитовых руд Спокойнинского месторождения (%) (данные В.Ф. Ефимова, Н.А. Акелина, ИМГРЭ).

В необходимых случаях сырье измельчают только при непосредственном использовании. Измельчение может быть крупным (до 0,5 мм) и тонким (до 0,044 мм), выбор степени измельчения определяется особенностями вкрапленности минералов и характеризуется крупностью, гранулометрическим составом и удельной поверхностью измельченного материала.

Обогащение — это процесс концентрирования минералов. Он подразделяется на механическое разделение минералов, гидрометаллургическую и пирометаллургическую переработку. Выбор процессов обогащения зависит от вида и контрастности свойств разделяемых минералов.

При переработке разубоженного и крупновкрапленного минерального сырья для вывода из процесса вмещающей породы (а иногда и получения крупнокусковых концентратов) применяется предварительное обогащение дробленых до различной крупности продуктов. Для этого используются радиометрические, тяжелосредные и магнитные методы обогащения. При обогащении богатой кусковой руды нередко использовалась ручная рудоразработка. Она применялась при обогащении богатых вольфрамовых, флюоритовых, оловянных и редкометалльных руд. В настоящее время ручная рудоразработка используется при обогащении ювелирных и поделочных камней, а также слюды и горного хрусталя.

По гравитационным, магнитным и флотационным схемам обогащения перерабатывается подавляющий объем минерального сырья. Извлечение из него полезных компонентов достигает 90% и более. Остальная часть полезных минералов теряется с хвостами в виде переизмельченных сростков с пустой породой и неизвлекаемых минеральных и веструктурных форм. Полученные концентраты обогащения усредняются на складах готовой продукции до вариаций  $\pm 0,2\%$ . Принципиальная схема обогащения медных руд Удоканского месторождения дана на рис. 4.2.

Гидрометаллургическая переработка основана на химическом вскрытии сырья и включает выщелачивание, сульфатизацию, осаждение, сорбцию и экстракцию. Переработке подвергают весьма тонковкрапленное сырье (менее 0,044 мм).

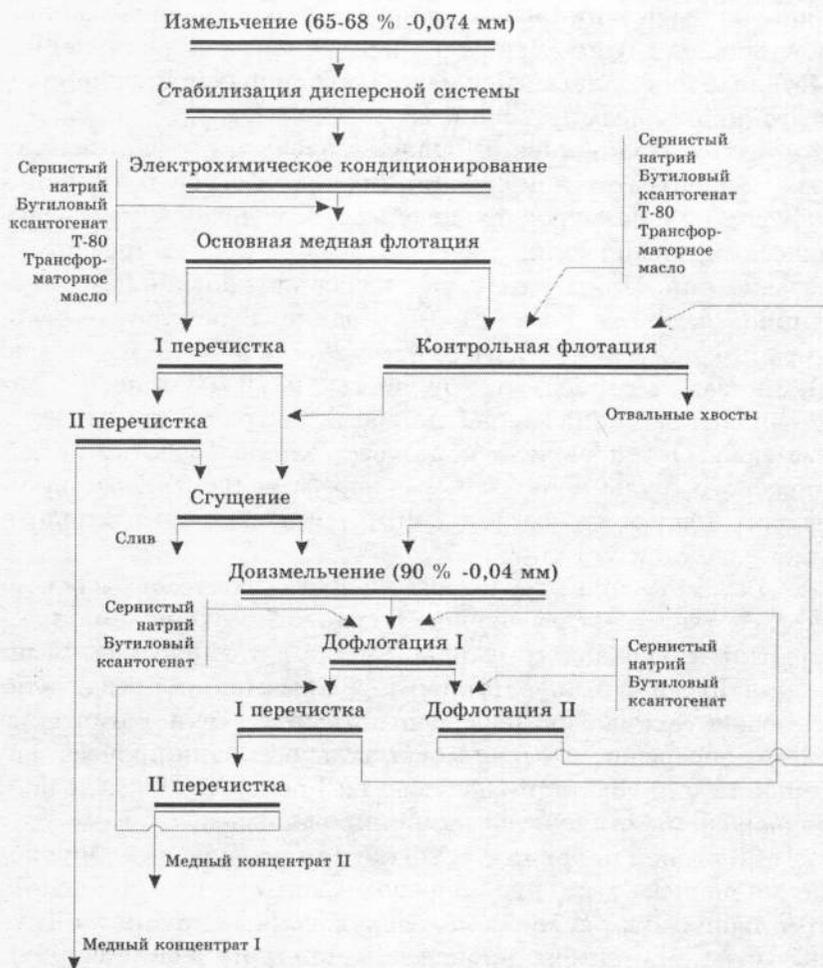


Рис. 4.2. Рекомендуемая принципиальная схема обогащения медных руд Удоканского месторождения (Фатьянов и др., 2000).

Пирометаллургическая переработка основана на окислении, восстановлении или хлорировании с получением металлов и сплавов. Она включает обжиг, спекание и плавление. Металлы или сплавы получают восстановлением, хлоридовозгонкой и фьюмингованием.

С целью укрупнения рудной мелочи или тонкозернистых концентратов и получения кусковых агрегатов различной формы и размеров производится окускование путём физических, химических, термических или комбинированных воздействий. Применяют три способа окускования: агломерацию, окомкование и брикетирование. В результате агломерации получают агломерат крупностью 5–60 мм, после окомкования – окатыши крупностью 9–16 мм, а после брикетирования – брикеты различной геометрической формы и размеров. Окускование используется для переработки металлического (руды черных и цветных металлов), неметаллического (флюорит, фосфаты и др.) минерального сырья, а также торфа и углей.

Рассмотренная последовательность процессов, в основном, соответствует обобщенной технологической схеме переработки минерального сырья. Вместе с технологическими, реагентными и температурными режимами она представляет собою технологию переработки сырья. Технологические схемы переработки сырья могут включать один процесс обогащения или сочетание нескольких процессов. В последнем случае схемы становятся комбинированными.

Со второй половины XX века для удешевления и ускорения переработки руд, перевозимых морским транспортом, используют специально оборудованные крупнотоннажные суда. Например, японские металлургические фирмы, использующие австралийские железные руды, перевозят их на плавучих обогатительных фабриках. Технологическая цепочка рассчитана так, чтобы в течение транспортировки вся руда была обогащена и подготовлена к металлургическому переделу.

**Переработка нефти** включает два этапа: первичный и глубокий. В первичный проводятся атмосферная и вакуум-

ная переработка, а также обезвоживание и обессоливание. Глубокая переработка нефти производится с применением термодеструктивного процесса (различные виды крекинга, коксование, пиролиз), серноокислотного и фтористоводородного алкилирования.

**Переработка газа** также производится в два этапа: подготовительный и глубокий, или целевой. Подготовительный производится непосредственно на промысловых установках. Он включает очистку от механических примесей, отделение от газа воды и тяжелых углеводородов. Глубокая переработка газа включает извлечение конденсата, широкой фракции легких углеводородов, кислых компонентов, гелия, ртути и пр. Переработка извлекаемых из газа и конденсата сернистых соединений доводится до производства комовой серы, а углеводородов – до получения ацетилена, аммиака, метанола, хлорметанола и моторного топлива.

**При добыче подземных вод** производят их очистку, защиту от загрязнений и истощения. Для извлечения из вод и рассолов полезных компонентов используют ионообменные процессы, а также воздушную десорбцию, диализ и электролиз.

### **Контрольные вопросы**

1. Для чего обогащают руду или полезные ископаемые?
2. Какие свойства полезных ископаемых используют при рудоподготовке и обогащении?
3. Какие способы обогащения используют при переработке руд?
4. Для чего дробят и измельчают полезное ископаемое?
5. Как готовят к использованию жидкие и газообразные полезные ископаемые?

## Литература

### Основная

1. Абрамов А.А., Леонов С.Б. Обогащение руд цветных металлов. – М.: Недра, 1991.
2. Гудима Н.В., Шейн Я.П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. – М.: Металлургиздат, 1975.
3. Мокроусов В.А., Лилеев В.А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. – М.: Недра, 1979.
4. Переработка природных солей и рассолов. Справочник / И.Д. Соков и др. – Л.: Химия, 1985.
5. Справочник по обогащению руд в 4-х книгах. / Под ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненаркомова и В.И. Ревнивцева. – М.: Недра, 1982–1984.
6. Технологическая оценка минерального сырья. Справочник в 8-ми книгах / Под ред. П.Е. Остапенко. – М.: Недра, ВИМС, 1990–1997.
7. Трубочев А.И. Основы технологической минералогии. – Чита: ЧитГТУ, 2001.
8. Фатьянов А.В., Никитина Л.Г., Глотова Е.В. Технология обогащения полезных ископаемых. – Чита: ЧитГУ, 2003.

### Дополнительная

1. Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.
2. Михайленко Н.Н. Контроль качества минеральной продукции горнорудных предприятий Восточного Забайкалья ядерно-физическими методами. – СПб.: Нестор, 2001.
3. Требования к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья. – М.: ГКЗ СССР, 1989.

## Глава 5. Разработка месторождений

### 5.1 Разработка месторождений твердых полезных ископаемых.

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых производится подземным (шахтами, штольнями), открытым (карьерами) и скважинным (геотехнологическим) способами.

#### *5.1.1 Подземная разработка.*

Подземный способ разработки применяется преимущественно для месторождений полезных ископаемых, залегающих на больших (до 2000 м и более) и средних (100–600 м), а иногда и малых (>20 м) глубинах, когда технико-экономические и экологические показатели подземной разработки предпочтительны. Его применяют также в густонаселённых районах, при наличии ценных ландшафтов, в местах застройки и т. д. Добыча полезных ископаемых производится с помощью различных систем разработки, как с массовым обрушением, так и с закладкой или искусственным поддержанием выработанного пространства. Последние две группы систем экологически более предпочтительны. Они не нарушают природный рельеф зонами обрушения. Системы с закладкой существенно увеличивают затраты на добычу сырья, а искусственное поддержание выработанного пространства связано с большими потерями полезного ископаемого, которые нередко превышают 50%. Добычу руд производят взрывной отбойкой крепких пород (коэффициент крепости более 8 по М.М. Протодяконову), щитовыми комплексами при разработке мягких пород и другими способами.

Подземная транспортировка добытой руды производится специализированным железнодорожным или конвейерным транспортом. Кроме того, при отработке крупных рудных тел с забоями больших сечений и, соответственно, большеобъемных очистных пространств, при мощной вентиляции используется большегрузный пневмо- и дизельный транспорт.

Подъем добытой руды на дневную поверхность производится шахтными скиповыми подъемниками и конвейерами. Если добыча ведется штольнями, то руду вывозят железнодорожным, пневмо- и другими видами транспорта.

Руду под землей обычно дробят до кусков 300 мм и затем поднимают на-гора. Потери руды при подземном способе добычи достигают 45%, а разубоживание – до 30%. Ежегодное понижение горных работ при подземном способе не более 35 метров.

В районах с горным рельефом применяется штольневая разработка, являющаяся разновидностью подземной. Штольню проходят горизонтально или с незначительным подъемом.

### ***5.1.2. Открытая разработка.***

Открытый (карьерный) способ добычи полезных ископаемых. Он отличается от подземного высокой производительностью (до 50 млн. т. руды с одного карьера в год), незначительными потерями руды в недрах (до 4%) и низким (до 5%) разубоживанием. Открытым способом разрабатывают месторождения полезных ископаемых, залегающих на глубине не более 600 метров. Добычу производят буро-взрывным (при крепости пород более 8 по шкале М.М. Протодяконова) и экскаваторным (при крепости ниже 8) способами. Добываемое минеральное сырье транспортируют железнодорожным, автомобильным и гидравлическим транспортом. В конце XX века в карьерах была широко внедрена циклично-поточная технология разработки месторождений скальных пород. Она включает взрывную отбойку, перевозку отбитой руды автотранспортом на дробление в карьере, где

дробилку устанавливают на нижних горизонтах, и конвейерную транспортировку дробленого сырья на обогатительную фабрику, усреднительные склады или в бункеры товарной продукции. Крупность дробленого сырья определяется требованиями конвейерной транспортировки. Она обычно близка к 300 миллиметрам.

Дражный способ является разновидностью открытого способа добычи. Он применяется для разработки обводненных россыпных месторождений. Целесообразность его применения определяется условиями залегания и размерами разрабатываемого участка, наличием крупных валунов и свойствами плотика россыпи, а также запасами полезного ископаемого. Главное преимущество дражной разработки заключается в возможности высокопроизводительной работы по поточной технологии, с использованием добычных и обогатительных процессов, механизации вспомогательных операций. Это обусловлено тем, что все операции по добыче полезного ископаемого и первичного обогащения сосредоточены непосредственно на драгах.

Для разработки мощных крутопадающих рудных тел, особенно штокверков на глубине переходящих в стволовые жилы, применяют комбинированный способ отработки. В этих случаях верхняя часть месторождения отрабатывается карьером, а глубокая – подземными горными выработками. Нередко сначала подземным способом отрабатывают жильные тела, а затем – открытым – верхние штокверковые. Так было отработано Балейское золото-серебряное месторождение. Также отрабатывается и крупнейшее месторождение золота Мурунтау в Узбекистане.

Скважинный способ разработки традиционно применяют для жидких и газообразных полезных ископаемых. Однако с развитием техники и технологии со второй половины XX века скважинным способом добывают и твердые полезные ископаемые. Особенность скважинных способов заключается в том, что полезные компоненты в виде продуктивной пульпы или раствора доставляют на поверхность. Среди скважинных способов выделяют подземное выщелачивание

(U, Pb, Zn, Cu и др.), скважинную гидродобычу (песок, гравий, россыпи, рыхлые железные и другие руды, железо-марганцевые конкреции), подземную выплавку (сера, асфальт, битум), подземное растворение солей (галит, сильвин, карналлит, бишофит), подземную газификацию (уголь, сера, горючие сланцы). Скважинная добыча относится к наиболее дешевой и экологичной, что позволяет прогнозировать ее широкое применение в будущем. Требования к скважинным способам разработки месторождений включают, в основном, защиту водоносных горизонтов от загрязнения, полноту извлечения полезных ископаемых и необходимость рекультивации полей обрушения в случае недостаточной прочности перекрывающих пород или небольших глубин разработок.

Имеются перспективы использования этого способа и в многолетнемерзлых породах.

## ***5.2. Добыча жидкого и газообразного сырья.***

Жидкое и газообразное минеральное сырье добывают с использованием подземных буровых скважин. Глубина, диаметр и обустройство их зависят от вида сырья, глубины и условий залегания. Для добычи сырья могут быть использованы разведочные скважины. Но обычно бурят специальные эксплуатационные скважины.

Разработка углеводородного сырья включает бурение и эксплуатацию скважин, регулирование работы скважин и добычи, очистку, промышленную обработку нефти и газа, установку наземного промышленного оборудования.

Добыча подземных вод и рассолов производится четырьмя способами: фонтанным, эрлифтным, с использованием глубинных штанговых насосов, с применением погружных электронасосов.

## Контрольные вопросы

1. Какие виды разработки месторождений полезных ископаемых используют для добычи полезного ископаемого?
2. Что такое подземная разработка месторождений?
3. Что такое открытая разработка месторождений? Каковы ее преимущества по сравнению с подземной?
4. Какова роль химических процессов в геотехнологических способах добычи полезного ископаемого?
5. Каковы особенности добычи углеводородного и гидроминерального сырья?

## Литература

### Основная

1. Горная энциклопедия. / Под. ред. Е.А. Козловского. – М.: Недра, 1984–1991. – Т. 1–5.
2. Разработка месторождений горно-химического сырья подземным способом // Добыча и переработка горно-химического сырья. – М.: ГИГХС, 1983. – Вып. 60.
3. Гавур В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. – М.: ГП «Роснефть», 1995.

### Дополнительная

1. Вчера, сегодня, завтра нефтяной и газовой промышленности России. / Под. ред. Н.А. Крылова. – М.: РАЕН, 1995.

## **Глава 6. Влияние геологоразведочных работ, добычи и переработки минерального сырья на окружающую среду**

### **6.1. Общие положения.**

Геологоразведочные и добычные работы способствуют процессам изменения экологической ситуации в местах их проведения. Их влияние прежде всего сказывается на состоянии ландшафта. Нарушение сплошности верхней части литосферы, включающей промышленные месторождения, приводит к нарушению равновесий гидрогеологических систем, образованию крупных полостей, появлению новых геохимических факторов в связи с функционированием подземных механизмов, электрических сетей и т.д.

В целом можно определить, что влияние геологоразведочных работ и промышленного освоения месторождений на окружающую среду состоит в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель и других негативных воздействиях. Характер и мера этого влияния в значительной мере обусловлены способом ведения геологоразведочных работ и отработки месторождений, составом добываемых и перерабатываемых полезных ископаемых, технологией их обогащения, металлургического или химического передела или энергетического использования, степенью очистки отходящих газов и сточных вод, отходов производства.

Материалы по информационному обеспечению экологической экспертизы для оценки воздействия на окружающую

среду геологоразведочных и добычных работ должны дать возможность:

- оценки антропогенной нагрузки, изучения отходов;
- определения потенциальных источников экологического ущерба;
- проведения при необходимости специальных исследований;
- поиска аналогов при прогнозной оценке;
- составления рекомендаций проектным организациям по природоохранным мероприятиям.

Это позволит прогнозировать особенности процесса и результатов геотехногенеза. Для оценки исходного состояния окружающей среды района месторождения необходимы характеристики климатических, геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, геохимических, ландшафтных и других факторов природных и антропогенных объектов и влияния на них действующих и завершенных производств. Для предварительной эколого-геохимической оценки месторождений, руд и минералов используют показатели геотоксичности элементов, позволяющие учитывать величину (класс) их опасности. При этом важно иметь сведения о главных геотехногенных процессах, воздействующих на окружающую среду, а также о качестве, токсичности, количестве, способах удаления, размещения и хранения отходов.

Основное воздействие на природу связано с отвалами (породы вскрыши, забалансовые полезные ископаемые, неиспользуемые попутные полезные ископаемые и т.д.), складами готовой продукции (руды, концентраты), дренажными и сточными водами, хвосто- и шламохранилищами, отстойниками, газовыми и газопылевыми отходами, отходами вспомогательных производств, а также с взрывной отбойкой, горными выработками, остаточным рабочим раствором.

Воздействия добычных комплексов на окружающую среду сводятся к нарушениям целостности почвенного покрова, горных пород, загрязнению токсичными компонентами приземной атмосферы, поверхностных и подземных вод,

почв и почвогрунтов. Следует учитывать аэродинамические, сейсмические и другие нарушения.

Природоохранные мероприятия при добыче и переработке жидких и газообразных полезных ископаемых имеют ряд отличий.

При добыче газов наиболее уязвим воздушный бассейн, на который приходится около 60% вредного воздействия, оказываемого на окружающую среду. Опасность загрязнения возрастает при увеличенных дозах диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, метана. При разведочных работах и разработке полезных ископаемых наибольший ущерб окружающей среде наносят аварии продуктивных скважин при бурении и испытании, когда газовый поток нередко сопровождается взрывами и пожарами.

Наибольший вред окружающей среде наносят нефтяные разработки. В атмосферу выбрасываются углеводороды, диоксиды серы, оксид углерода, оксиды азота. Со сточными водами нефтеперерабатывающих заводов в поверхностные воды поступают нефтепродукты, сульфаты, хлориды, фенолы и соли тяжелых металлов. Почвы загрязняются отработанными глинистыми растворами, выбуренной породой, сточными и пластовыми водами, нефтью, горюче-смазочными материалами, техническими водами. Особо опасны танкеры и подводные нефтепроводы при аварийных выбросах нефти в море. Нефть взаимодействует с морскими солями, водной взвесью и оседающей пылью, опускается на дно, образуя зараженные нефтью осадки, которые достаточно длительное время нарушают экологическую обстановку района аварии.

Подземные воды влияют на солевой и температурный режим окружающей среды. Засоление требует локализации засоленных подземных вод, а термальные воды, кроме того, — устранения влияния температурного воздействия в случае их прорыва.

## 6.2. Деструкция и деградация ландшафта при добыче минерального сырья.

Как указывалось выше, в процессе поисков и разведки рудных месторождений для получения информации о пространственных параметрах рудных тел (глубина залегания, мощность, длина, ширина, углы и азимуты падения и простирания), содержании и качестве полезного ископаемого, его запасах в верхней части литосферы проходят канавы, траншеи, подземные горные выработки, бурят скважины. При этом нарушается и перемещается почвенный слой, нарушаются системы циркуляции подземных вод. Всё это приводит к деструкции ландшафта. Еще более масштабное воздействие на сопряжённые геосферы оказывает добыча руды. При открытой разработке месторождений для вскрытия рудных тел сверху снимают огромное количество надрудных горных пород, содержащих аномальные концентрации рудных и попутных химических элементов.

По неполным данным, объем вскрышных пород горнорудных предприятий Читинской области составляет 2,87 млрд. тонн. Они занимают более 4 тыс. га земель (Геологические исследования..., 1999). Например, при отработке первой очереди Удоканского месторождения предполагается ежегодно вынимать из недр и перерабатывать 7,5 млн. тонн руды, а всего горнопромышленный комплекс Читинской области в период 1966–1990 гг. ежегодно добывал 700–1200 тыс. тонн руды и кроме этого извлекал из недр и перемещал 5–7 млн. тонн вскрышных пород. За 25 лет это составило более 200 млн. тонн руды и 1,5 млрд. тонн вскрышных пород.

Наряду со вскрышными породами, в результате обогащения руд образуются так называемые хвосты обогащения, содержащие в раскрытом виде, т.е. подготовленном для растворения и переноса в процессе водной миграции, различные, в том числе токсичные, химические элементы. По неполным данным для 12-ти горнорудных предприятий Читинской области масса их составляет 166,67 млн. тонн.

В связи с прекращением добычных работ разрушаются дамбы, сдерживающие воду в хвостохранилищах. Последние осушаются, и тонкоперемолотый материал отвальных хвостов развеивается ветром, создавая экологически опасные условия. Такая ситуация возникла в окрестностях поселка Шерловая Гора после прекращения разработки Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения, руды которого обогащены мышьяком.

### **6.3. О полноте использования руд.**

Многовековой опыт добычи и переработки руд свидетельствует о том, что только 10% извлекаемого из недр минерального сырья доходит до готовой продукции. А в большинстве случаев и того меньше. Например, если учесть, что среднее содержание молибдена в промышленных рудах составляет 0,1%, то при извлечении его в концентрат с содержанием 5–10% молибдена в обогатительном процессе в отвал уходит 90–95% добытой руды, а при металлургическом переделе – извлекается в виде чистого металла менее 0,1% от массы руды. Это означает, что на различных этапах передела руды 99% ее остается в виде отходов. Еще большая часть руды уходит в отвалы при переработке руд золота. При среднем содержании золота в руде 10 г/т (или 0,001%) в отвальные хвосты и отходы металлургического передела уходит более 99,9% добытой горной массы.

Интересен такой факт. За первые 35 лет деятельности (с 1929 г.) комбинат «Балейзолото» добыл столько руды, что потребовалось бы 215 тысяч современных железнодорожных вагонов. Они бы заняли железнодорожный путь от Читы до Владивостока. Было пройдено 412 километров подземных горных выработок и промыто драгами 60 млн. м<sup>3</sup> песков [Геологические исследования..., 1999].

Вместе с хвостами обогащения и отходами металлургического передела в отвал уходит огромное количество самых различных химических элементов. Например, в отходах горнодобывающих предприятий Читинской области, по оцен-

кам специалистов, находятся 149 т золота, 925 т серебра, 74,3 тыс. т олова, 10 тыс. т вольфрама, 24 тыс. т молибдена, 133,5 тыс. т свинца, 192,3 тыс. т цинка, 480 т кадмия, 2 тыс. т тантала, 261 тыс. т ниобия, 85,7 тыс. т лития, 13,5 тыс. т бериллия, 690 т висмута, около 4,5 тыс. т мышьяка, 146 тыс. т серы и другие полезные компоненты.

Огромное количество редких элементов находится в золах углей. Все это скапливается в техногенном ландшафте. Утилизация отходов горно-металлургического комплекса имеет огромное экологическое и экономическое значение. Например, в США из зол угля добывают более 50% всех редких металлов. По Л.В. Таусону [1986] в теплоэнергетической отрасли ежегодно образуется до 70 млн. тонн золы. В ней находится огромное количество железа, марганца, никеля, кобальта в виде металлических шариков, извлечение которых может дать существенный прирост готового металлического полуфабриката. Нередко в золе обнаруживается содержание глинозема 32–35%, что соответствует таковому в бокситах.

#### **6.4. Особенности миграции химических элементов в зоне геотехногенеза.**

Проблемам геотехногенной миграции химических элементов посвящено большое количество литературы [Таусон, 1986; Сутурин, 1986; Козырева и др., 1986; Лукашев, 1987; Глазовская, 1988; Перельман, 1989; Окружающая среда..., 1995; Ковалев и др., 1996; Геологические исследования..., 1999; Юргенсон, 2005; и др.]. Наиболее общая схема и классификация геотехногенных факторов, оказывающие влияние на ландшафт, предложена Н.П. Солнцевой (1976 г.). Основная идея этой классификации заключается в диалектике вынос-привнос вещества в ландшафтно-геохимических системах.

Миграция вещества в условиях геотехногенеза происходит в тех же основных формах, что и в природных ландшафтах. В техносфере горнопромышленных комплексов она

осуществляется по схеме: извлечение из недр → переработка в промышленных технологических цепочках → образование водоемов-хвостохранилищ → минералого-геохимические преобразования отвальных хвостов с осаждением илов и миграцией химических элементов в водных растворах → осаждение их на геохимических барьерах (в частности, перемычках и дамбах) → выход на ландшафт и участие в биологическом круговороте. При этом образуются локальные геотехногенные аномалии. В процессе горнооткрытых работ, а также сжигания углей на ТЭЦ образуются пыль и аэрозоли тонкой твердой фазы, которые выпадают на ландшафт.

Локальные геотехногенные аномалии характеризуют коэффициентами концентрации отдельных элементов и суммарными показателями. По мере удаления от источников загрязнения комплекс токсичных элементов обедняется, а суммарный показатель загрязнения уменьшается [Глазовская, 1988]. Содержание геотехногенных элементов в почвах и золе растений экспоненциально уменьшается с удалением от их источника. В результате различной миграционной способности различных химических элементов образуются зональные геотехногенные ореолы их рассеяния. В конкретных ландшафтно-геохимических системах возникают различные сочетания природных и техногенных ореолов рассеяния.

В результате металлургических, химических и других производств образуются техногенные илы, содержащие токсичные элементы. Огромные массы илов образуются в очистных сооружениях крупных городов. На площадях, занимаемых горнодобывающими предприятиями, образуются геотехногенные коры выветривания на отвалах пустых пород и забалансовых руд, вследствие геотехнологических процессов извлечения полезных компонентов возникают геотехногенные водоносные горизонты и тела горных пород, насыщенные отработанными растворами.

В результате деятельности человека формируются геотехногенные геохимические ландшафтные системы городских агломераций, агроландшафты, ландшафты транспорт-

ных коммуникаций. Особое значение имеют ландшафтные системы на нефте- и газодобывающих территориях.

В целом геотехногенез оказывает все нарастающее влияние на природные ландшафты. Для обозначения этого процесса используется понятие *геотехногенное геохимическое давление*, предложенное Н.Ф. Глазовским. Оно обозначает количество химического элемента, выводимого из техногенного потока в природный. Отношение его к единице площади названо *модулем геотехногенного геохимического давления в т/км<sup>2</sup>*. Геотехногенез приводит к изменению климата, и в этой связи существует проблема глобального потепления, чреватая многими существенными проблемами развития цивилизации.

### 6.5. Прогноз экологических последствий.

Прогноз экологических последствий делают по моделям на основе аналогий и с привлечением экспертных оценок. Используя полученные данные, прогнозируют возможные экологические последствия. Об опасности последствий судят по превышению содержания токсичных компонентов в окружающей среде, регламентируемого санитарно-гигиеническими нормами. Если санитарно-гигиенические нормы отсутствуют, то содержания соотносят с фоновыми концентрациями. Опасность гидродинамических нарушений оценивают по понижению уровня подземных вод. При понижении уровня вод в водозаборных сооружениях ниже допустимого соответствующий объект относят к объекту ущерба.

Если нельзя отказаться от освоения месторождения, то, исходя из конкретных условий, предлагают природоохранные меры, включающие четыре группы: 1) предупреждения (подготовка дренажных вод перед их сбросом в водотоки), 2) ограничения (утилизация горных пород вскрыши или хвостов обогащения), 3) компенсации (в физическом или денежном выражении) и 4) ликвидацию (реабилитационные работы) ущерба.

На основании выявленных величин предполагаемого физического ущерба и предполагаемых природоохранных мероприятий рассчитывают эколого-экономический ущерб в финансовом выражении, который учитывают при геолого-экономической оценке месторождения.

Экологическая и эколого-экономическая информация отражается в отдельных разделах ТЭС, ТЭО кондиций, материалах по подсчету запасов месторождений. Они служат основанием для составления заявления о намерениях и являются составной частью проекта освоения месторождения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какое воздействие оказывает добыча твердого полезного ископаемого на природную окружающую среду?
2. Какие звенья цепи добыча – переработка полезного ископаемого характеризуются максимальным воздействием на природные ландшафты?
3. Какой вклад в формирование геотехногенного ландшафта вносит геотехногенез?
4. Что такое деструкция ландшафта?
5. Каково воздействие на природную окружающую среду процессов разведки и добычи углеводородного и гидроминерального сырья?
6. Как прогнозируется воздействие добычи и переработки минерального сырья на природную окружающую среду?

### **Литература**

1. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000.
2. Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы, человек. – М.: Мысль, 1976.
3. Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых. – Санкт-Петербург, 1993. – 151 с.
4. Геологические исследования и горнопромышленный

комплекс Забайкалья. / Г.А. Юргенсон, В.С. Чететкин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

5. Геохимия окружающей среды. / Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990.

6. Минеральное сырье. Справочник. – М.: Геоинформ-марк, 1999.

7. Саксин Б.Г., Крупская Л.Т., Ивлев А.М. Региональная экология горного производства. – Хабаровск, 2001.

8. Юргенсон Г.А. Геохимия ландшафта. – Чита: Заб-ГПУ, 2000, 2005.

9. Юргенсон Г.А. Проблема взаимодействия природных и техногенных процессов на границах геосфер / Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе. – Улан-Удэ: ИИЦ БНЦ СО РАН, 1999. – С.188–194.

## Глава 7. Минерагеническое районирование

В Читинской области, представляющей собой значительную часть Забайкалья, на площади около 431500 кв. км расположены крупные месторождения черных, цветных, редких и благородных металлов, флюорита, каменного и бурого угля, цеолитов, минеральных вод и других полезных ископаемых.

Территория области включает крупные части трех минерагенических (рудных) провинций: Алданской, Яблоново-Становой и Монголо-Забайкальской. Геологическими границами между ними служат зоны Станового и Монголо-Охотского трансрегиональных разломов земной коры (рис.7.1).

Алданская провинция входит в пределы области своим западным флангом. Здесь распространены древнейшие метаморфические горные породы архея, протерозоя и рифея. Главные типы месторождений в этой провинции связаны с докембрийскими структурами. Они представлены медистыми песчаниками (Удоканское), железистыми кварцитами (Сулуматское), редкоземельно-редкометалльными щелочными магматитами и метасоматитами с криолитом (Катугинское), ильменит-титаномагнетитовыми с ванадием и сульфидными медно-никелевыми рудами, содержащими ЭПГ (Чинейское). Важное промышленное значение имеют каменные угли (Апсатское, Читкандинское месторождения, содержащие промышленные концентрации метана), а также комплексного алюмо-калийного сырья (Голевское), золотоносные россыпи (Китемяхтинское и др.) и др.

Природные условия и промышленный потенциал севера Читинской области, прилегающей к трассе Байкало-Амурской магистрали, уникальны. Эта территория отличается ис-

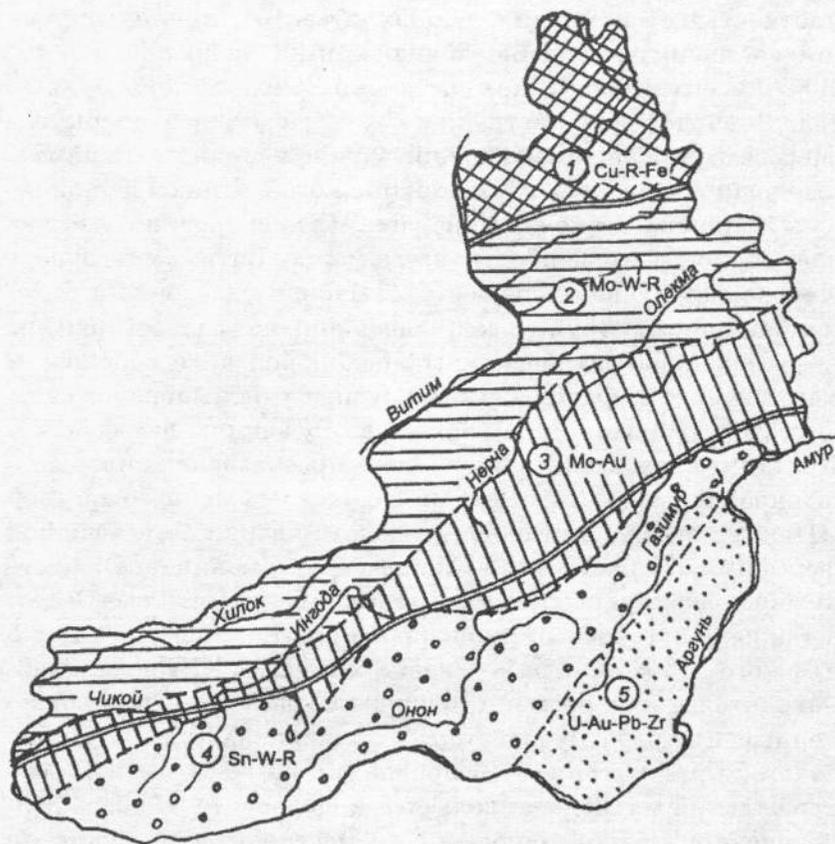


Рис. 7.1. Схема минерагенического районирования Минерагенические пояса (цифры в кружках): 1 – редкометалльно-железо-медный, 2 – редкометалльно-молибденово-вольфрамовый, 3 – молибдено-золотой, 4 – олово-вольфрам-редкометалльный, 5 – уран-золото-полиметаллический. Двойные линии – границы металлогенических провинций (Становая и Монголо-Охотская зоны разломов) [Геологические исследования..., 1999].

ключительным богатством минеральных ресурсов и большой плотностью размещения рудных объектов, концентрирующихся преимущественно вблизи линии железной дороги. Почти все месторождения имеют крупные размеры рудных тел. Значительная часть их может добываться открытым способом. Для энергоснабжения можно использовать каменные угли Апсатского и Читкандинского месторождений.

**Яблоново-Становая** минерагеническая провинция включает горно-таежные пространства между Витимом на западе и верховьями Олекмы на востоке. Наряду с древнейшими докембрийскими структурами, здесь широко распространены комплексы магматических горных пород палеозойского и мезозойского возраста. Главные рудные районы находятся на юге этой территории, в горных сооружениях левобережья Шилки и верховьев Витима. Здесь преобладают жильные и штокверковые месторождения золото-сульфидно-кварцевой (Итакинский рудный район) и золото-кварцево-сульфидной формации (Дарасунское, Ключевское, Уконикское), часть которых эксплуатировалась в течение более пятидесяти лет, а также золотоносные россыпи Могоча-Карийского и Дарасунского районов, обрабатывавшихся еще в XIX веке. Здесь находятся также россыпи, открытые, разведанные и вовлеченные в отработку во второй половине XX века. Кроме золота, в рассматриваемой провинции широко развиты месторождения молибдена, вольфрама, флюорита. На базе Жирекенского медно-молибденового месторождения построен крупный горно-обогащительный комбинат. Вольфрам добывается из руд Бом-Горхонского месторождения, близкого по рудно-формационной принадлежности к месторождениям известного Джидинского горнопромышленного района в Бурятии. Флюоритоносная полоса включает Усуглинское, Улунтуйское и Верхне-Кручининское месторождения. Последнее является примером сочетания флюорита и золота в Забайкалье. Южные рудные районы Яблоново-Становой провинции, протягивающиеся вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали, перспективны на золото (в том числе малоглу-

бинной золото-серебряной формации), молибден, а также уран и редкоземельные элементы. Промышленные запасы ряда не крупных золоторудных месторождений уже разведаны, но для них необходимы новые технологии переработки руд и концентратов из-за повышенного содержания мышьяка. Вблизи Читы расположено Кручининское апатит-титано-магнетитовое месторождение, в рудах которого присутствуют ЭПГ. В этой провинции находятся крупные запасы перлитов и цеолитового сырья Хилок-Витимского междуречья. В осевых частях Яблонового и Черского хребтов находятся еще очень слабо изученные пегматитовые поля с редкими металлами (Be, Li, Ta, Nb, Cs) и самоцветами, представленными ювелирными разновидностями берилла и горным хрусталем.

**Монголо-Забайкальская** минерагеническая провинция охватывает южные районы области. Геологические структуры этой территории относятся к Монголо-Охотскому палеозойско-мезозойскому складчатому поясу. Преобладающая часть эндогенного оруденения здесь образовалась в поздне-мезозойское (юрское и меловое) время. Широко распространены оловянно-вольфрамовые, редкометалльные, золоторудные, полиметаллические (свинцово-цинковые), флюоритовые и другие рудные зоны, связанные с поздне-мезозойскими магматическими комплексами. Существенная часть полезных ископаемых здесь связана с вулканогенными и осадочными горными породами впадин (уголь, цеолиты, железо и др.).

В этой провинции выделяются три структурных мегаблока: Хэнтэй-Даурский, Агинско-Борщовочный и Газимуро-Аргунский, каждый со своей спецификой рудных районов.

Минерагению **Хэнтэй-Даурского мегаблока** определяют олово-вольфрамовый (Шумиловское), оловянный силикатно-сульфидно-касситеритовый (Хапчерангинское), золото-кварцевый («Любовь», Хаверга, Воскресенское) и золото-сульфидно-кварцевый жильные и штокверковые типы оруденения. С ними связаны многочисленные россыпи.

В **Агинско-Борщовочном мегаблоке** широко развиты месторождения, связанные с редкометалльными пегматитами

(Завитинское, Мало-Кулиндинское и др.), редкометалльными гранитами (Орловское). Здесь известны месторождения олова силикатно-касситеритовой (Шерловая Гора) и сульфидно-касситеритовой формаций (Сопка Большая), оловянно-вольфрамовой (Ангатуйское, Спокойнинское), ртутно-сурьмяно-вольфрамовой (Барун-Шивеинское) формаций. Широко развиты месторождения золота. К ним относятся скарновое золото-медно-вольфрамово-висмутовое Уронайское, золото-серебряное Балейско-Тасеевское, золото-сульфидно-кварцевые Казаковское, Верхне-Алиинское и другие. Большое промышленное значение имеют золотоносные россыпи. Разведаны крупные залежи бурого угля (Арбагарское, Харанорское, Уртуйское месторождения).

**Газимуро-Аргунский** мегаблок отличается наибольшим разнообразием минеральных и промышленных типов оруденения и самой высокой плотностью рудных объектов на единицу площади. Определяющее значение имеют свинцово-цинковые (Акатуйское, Кличкинское, Савинское № 5, Новоширокинское и др.), молибденово-полиметаллические и молибденовые (Бугдаинское, Шахтаминское), урановые (Стрельцовский рудный узел), редкометалльные (Этыкинское, Ачиканское и др.), флюоритовые (Калангуйское, Абагатуйское, Солонечное, Гарсонуйское, Гозогорское, Уртуйское и др.), а также золотоносные россыпи (Средне-Борзинское, Богомолловское и др.) и буроугольные месторождения. Второстепенные характерные виды полезных ископаемых представлены олово-вольфрамовыми, золото-кварцевыми, мышьяковыми, золото-медными, медно-молибденовыми месторождениями. Разведаны, но не отрабатывались залежи лимонит-сидеритовых руд Березовского месторождения вблизи поселка Нерчинский Завод. Среди неметаллических полезных ископаемых, наряду с месторождениями флюорита и цеолитов (Шивыртуйское), здесь известны крупные залежи высококачественного магнезита и графита, соответственно (Ларгинское, Сивачуканское), а также огнеупорных глин. Широко представлены здесь месторождения ювелирно-поделочных камней группы кремнезема.

На территории Читинского Забайкалья выявлено более 30-ти рудных районов (рис. 7.2).

Геолого-экономические районы Юго-Восточного Забайкалья относятся к исторической горнорудной провинции и характеризуются развитой транспортной сетью, необходимыми энергетическими ресурсами и крупной промышленностью строительных материалов. Здесь расположена основная часть горнодобывающих предприятий области. Хотя с 1993 года они (за единичным исключением) бездействуют, обеспеченность запасами и прогнозными ресурсами позволяет при благоприятных условиях возобновить и увеличить производство редких металлов, молибдена, золота, свинца и цинка и других видов минерального сырья.

Геологами установлено, что самой главной чертой пространственного размещения месторождений полезных ископаемых является поясовая минерагеническая зональность следующего вида (с севера на юг, см. рис. 7.1): 1) докембрийский железо-редкометалльно-меднорудный пояс Кодаро-Удоканского мегаблока; 2) позднепалеозойско-юрский редкометалльно-молибденово-вольфрамовый пояс Привитимья и севера Витимо-Олекминского междуречья; 3) преимущественно юрский молибденово-золотой Пришилкинский пояс, переходящий юго-западным флангом в пределы Хэнтей-Даурского мегаблока; 4) юрский оловянно-вольфрамово-редкометалльный и 5) юрский ураново-золото-полиметаллический пояс Юго-Восточного Забайкалья. Основные минерагенические пояса сопровождаются флюоритовыми, золото-серебряными, ртутно-сурьмяными и другими рудными зонами преимущественно мелового возраста. Главные минерагенические пояса занимают полосы шириной 50–150 км и протягиваются в границах Читинской области с юго-запада на северо-восток на расстояние от 300–400 до 800–1000 километров [Геологические исследования..., 1999].

Поясовое распределение месторождений олова, вольфрама и редких металлов дано на рис. 7.3.

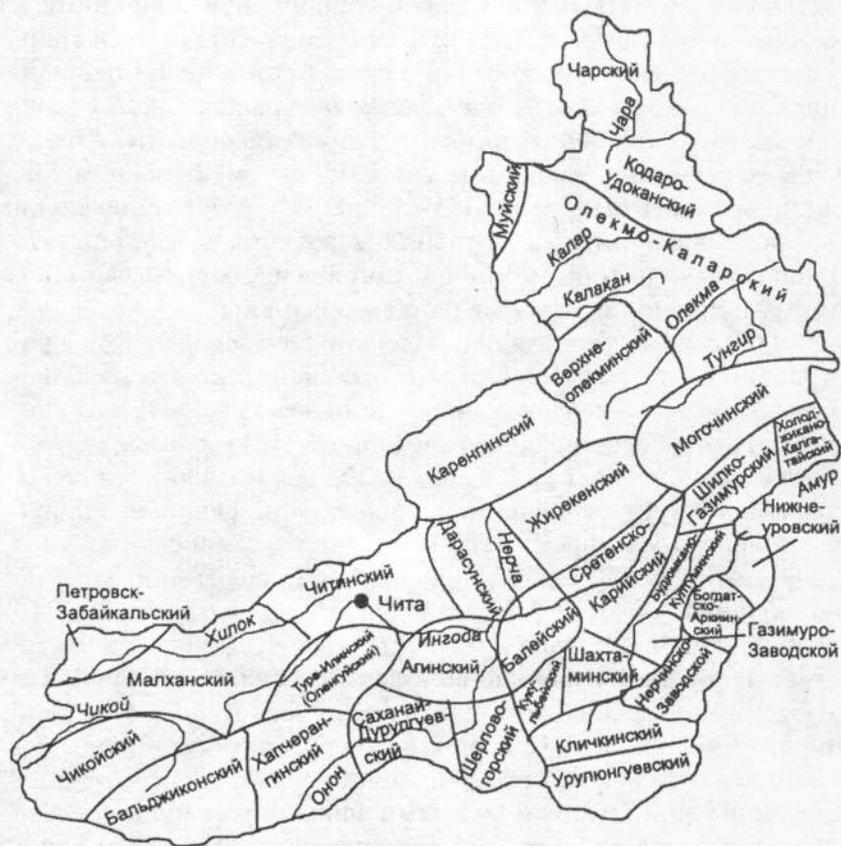


Рис. 7.2. Схема размещения рудных районов Читинской области

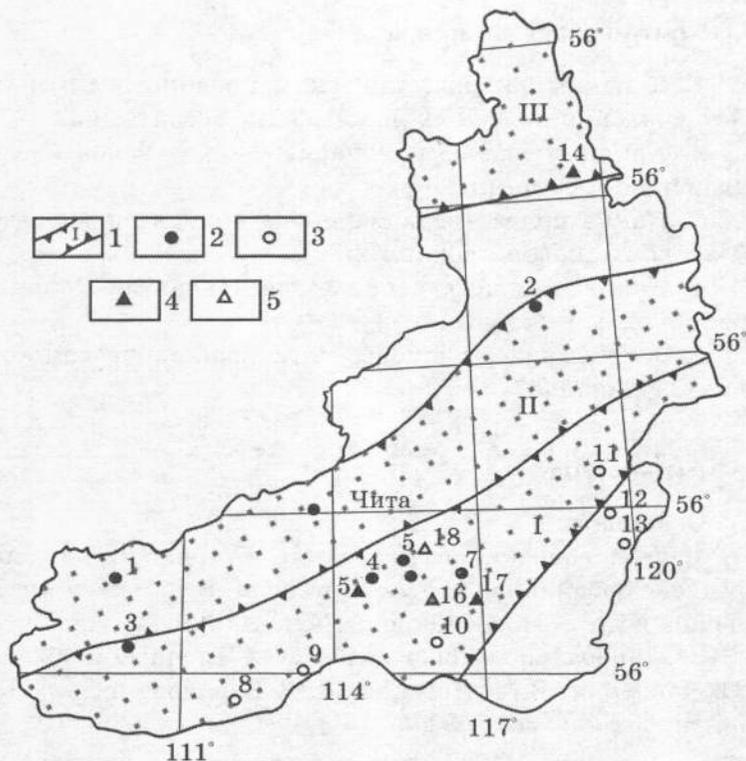


Рис. 7.3. Схема размещения основных месторождений олова, вольфрама и редких металлов Восточного Забайкалья  
 1 - рудные пояса; 2 - вольфрамовые месторождения; 3 - оловянные месторождения; 4 - танталовые месторождения; 5 - месторождения лития.

Рудные пояса: I - оловянно-вольфрамовый; II - золото-молибденовый; III - Каларский редкометалльно-железо-медный;

Вольфрамовые месторождения: 1 - Бом-Горхонское, 2 - Муоклаканское, 3 - Шумиловское, 4 - Спокойнинское, 5 - Барун-Шивейское, 6 - Уронайское, 7 - Букукинское;

Оловянные месторождения: 8 - Харатуйское, 9 - Безымянное, 10 - Шерловогорское, 11 - Будюмканское, 12 - Богдатское, 13 - Аркиинское;

Танталовые месторождения: 14 - Катугинское, 15 - Орловское, 16 - Мало-Кулиндинское, 17 - Этыкинское;

Месторождения лития: 18 - Завитинское.

### **Контрольные вопросы**

1. К каким минерагеническим провинциям относятся месторождения полезных ископаемых Забайкалья?
2. Какие полезные ископаемые находятся в пределах Алданской провинции?
3. Какие полезные ископаемые находятся в пределах Яблоново-Становой провинции?
4. Какие полезные ископаемые находятся в Монголо-Забайкальской провинции?
5. В чем выражается поясовая минерагеническая зональность Забайкалья?

### **Литература**

#### **Основная**

1. Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья. / Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.
2. Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. / В.С. Четкин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997.

#### **Дополнительная**

1. Скурский М.Д. Недра Забайкалья. – Чита: изд-во Чит. техн. ун-та, 1996.
2. Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. – М.: изд-во АН СССР, 1961.

## Глава 8. Черные и цветные металлы

### 8.1. Общие замечания.

Среди металлических полезных ископаемых, как указывалось выше, выделяют месторождения черных, цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов. К черным металлам относят железо, марганец и хром. К цветным металлам причисляют алюминий, висмут, вольфрам, кадмий, кобальт, медь, молибден, никель, олово, ртуть, свинец, титан, сурьму и цинк. В группу редких металлов объединяют бериллий, стронций, галлий, индий, таллий, гафний, цирконий, скандий, иттрий и все лантаноиды, литий, цезий, рубидий, ванадий, ниобий, тантал, рений, а также селен и теллур. Группа благородных металлов объединяет золото, серебро и элементы платиновой группы (ЭПГ).

К радиоактивным металлам относят только торий. Уран относят к энергетическому сырью.

В приведенной последовательности классифицированных групп ниже описаны руды и месторождения металлических полезных ископаемых.

### 8.2. Черные металлы.

#### 8.2.1. Железо.

##### 8.2.1.1. Свойства.

*Железо* (*Fe*, VIII, 26) представляет собой серебристо-серый металл, мягкий, пластичный. Он проявляет основные ( $FeO$ ) и амфотерные ( $Fe_2O_3$ ) свойства, сидерофильные устойчивые валентности II и III.

Плотность  $7874 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 430–915 МПа; температура: плавления –  $1535^\circ \text{C}$ , кипения –  $275^\circ \text{C}$ ; теплопроводность –  $80,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , удельное электрическое сопротивление –  $9,71 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; ферромагнетик с магнитной восприимчивостью до  $1 \text{ м}^3/\text{кг}$ , температурный коэффициент линейного расширения  $12,3 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ . Образует полиморфные модификации –  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ .

Физические и химические свойства используемого в хозяйственной деятельности железа зависят от примесей. К легирующим элементам относятся кремний, марганец, хром, ванадий, никель, кобальт, молибден, вольфрам, титан, бор, ниобий и другие. Низколегированные стали содержат до 2,5% примесей, среднелегированные – 2,5–10, легированные – более 10.

Железо – общетоксичный (III класс опасности), но жизненно необходимый элемент (входит в состав гемоглобина и каталазы): ПДК<sub>с.с.</sub>  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  –  $0,04 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{FeSO}_4$  –  $0,007 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>в</sub>  $\text{FeO}$  –  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , ПДК<sub>в.р.</sub>  $\text{FeO}$  –  $0,5$ .

### **8.2.1.2. Распространенность и запасы.**

Кларк железа в земной коре 4,65%. Среднее его содержание в горных породах главных типов (%): ультраосновных – 9,85, основных – 8,56, средних – 5,85, кислых – 2,70, осадочных (глинах и сланцах) – 3,33. Естественное содержание в почвах – 1,0–11%.

Общие мировые запасы железных руд составляют около 450 млрд. т, в том числе подтвержденные – 230; ежегодно добывают около 1,0 млрд. тонн. В странах СНГ запасы железных руд составляют около половины от мировых. В России запасы более 100 млрд. т, добыча достигает примерно 200 млн. т сырой руды. Самые крупные производители – страны СНГ, Канада, США, Бразилия, Австралия.

### **8.2.1.3. Области использования.**

На основе железа изготавливают его сплавы – магнитные, немагнитные, кислотоупорные, жаростойкие, быстрорежущие, нержавеющие, литейные, обрабатываемые давлением.

### 8.2.1.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно более 500 минералов железа. Среди них преобладают оксиды, сульфиды, силикаты и карбонаты. Промышленное значение имеют 10 минералов: магнетит ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , 72,3% Fe), титаномагнетит ( $(\text{Fe}, \text{Ti})_3\text{O}_4$ , 39,06–58,63% FeO, 18,28–58,66%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 69,9% Fe), гетит ( $\text{FeOOH}$ , 62,9% Fe) и гидрогетит ( $\text{FeOOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), сидерит ( $\text{FeCO}_3$ , 48,3% Fe), пирит ( $\text{FeS}_2$ , 46,5% Fe), пирротин ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , 60,4% Fe), шамозит ( $\text{Fe}_4(\text{Fe}, \text{Al})_2(\text{Si}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ , 32,9% Fe), тюрингит, отличающийся от шамозита соотношением Fe и Al и присутствием Mg.

Промышленно-генетические типы месторождений – магматический, метасоматический, гидротермальный, метаморфогенный, осадочный, коры выветривания. Наибольшее значение для Забайкалья имеют магматический, метаморфогенный, осадочный типы.

По запасам руды (млрд. т) месторождения железа подразделяют на уникальные – более 3, весьма крупные – 3–1, крупные – 1–0,3, средние – 0,3–0,05, мелкие – менее 0,05. Промышленные типы руд в месторождениях Забайкалья: титаномагнетитовые, магнетитовые, гематитовые, карбонатные и бурожелезняковые.

По содержанию железа (%) руды подразделяют на весьма богатые (более 60%), богатые (60–37%), средние (37–32%), бедные (32–16%). Наиболее богатыми являются магнетитовые, обеспечивающие содержание железа в концентратах до 70–72%.

### 8.2.1.5. Добыча и переработка руд.

Месторождения железа разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами. В настоящее время разрабатывают способы скважинной гидродобычи. Богатые руды дробят и сортируют, остальные обогащают с использованием магнитных, гравитационных, флотационных, комбинированных, а иногда и гидрометаллургических технологий. Богатые руды крупностью менее 10 мм и тонко измельченные концентраты окусковывают. Это необходимо для доменной

переработки. Извлечение железа из руд различных типов составляет 65–85% при содержании железа в концентрате до 72%. К вредным примесям в концентрате относят серу и фосфор.

При обогащении комплексных руд получают медные, пиритные, апатитовые, бадделеитовые и другие концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 45–78%. Перерабатывают железные руды и окускованные концентраты пиromеталлургическим способом, включающим доменный и сталеплавильный процессы. Кроме того, металлизацией, кричным и электрометаллургическими процессами, а также путем восстановления до губчатого железа разрабатываются способы прямого получения железа. Крупным предприятием по прямому получению железа мощностью около 2 млн. т электростали в год является Оскольский электрометаллургический комбинат в г. Старый Оскол. Непосредственно из восстановленного железа изготавливают конструкционные изделия. Для этого применяют порошковую металлургию. Железорудные порошки используют и в лакокрасочной промышленности для изготовления высококачественных антикоррозийных и защитных красок.

Получаемый из руд товарный чугун содержит 94–96% Fe, сталь обычная – 98–99%, сталь электрометаллургическая – 99,5–99,8%.

Ванадий и фосфор содержатся в концентратах и переходят в чугун. Из него их извлекают в шлаки двойным сталеплавильным переделом.

#### **8.2.1.6. Месторождения железа Забайкалья.**

Железорудные месторождения Забайкалья подразделяются на собственно железорудные, железо-титан-ванадиевые, железо-титановые и железо-титан-фосфорные.

Наиболее широко распространены собственно железорудные. К ним относятся железистые кварциты Чарской группы месторождений в Чарском рудном районе, сидеритовые и бурожелезняковые руды Березовского месторождения в Нерчинско-Заводском рудном районе, магнетитовые руды Же-

лезного Кряжа в том же рудном районе, малых месторождений в Газимуро-Заводском рудном районе, Балягинского месторождения в Петровск-Забайкальском рудном районе.

Железо-титан-ванадиевые, железо-титановые и железо-фосфорные месторождения и рудопроявления принадлежат к группе титаномагнетитовых руд. К ним относятся Чинейское месторождение (рис. 8.1) и ряд других объектов в Кодаро-Удоканском рудном районе, Кручининское (рис. 8.2) и Аленгуйское месторождения в Читинском районе.

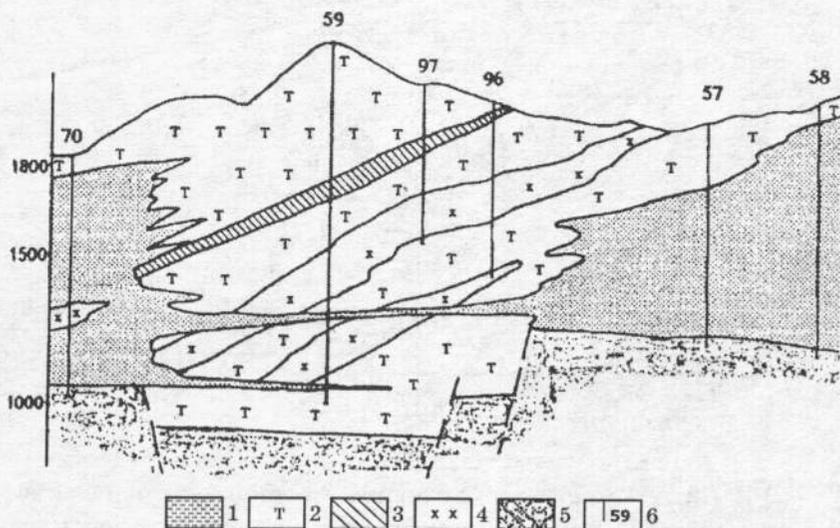


Рис. 8.1. Геологический разрез восточной части Чинейского массива по линии скв. 70-58 (Месторождения Забайкалья, 1995)

1 – расслоенные низкотитанистые габброиды; 2 – расслоенные высокотитанистые габброиды; 3 – титаномагнетиты; 4 – габбро- и монцодиориты; 5 – осадочные породы удоканской серии; 6 – скважины и их номера.

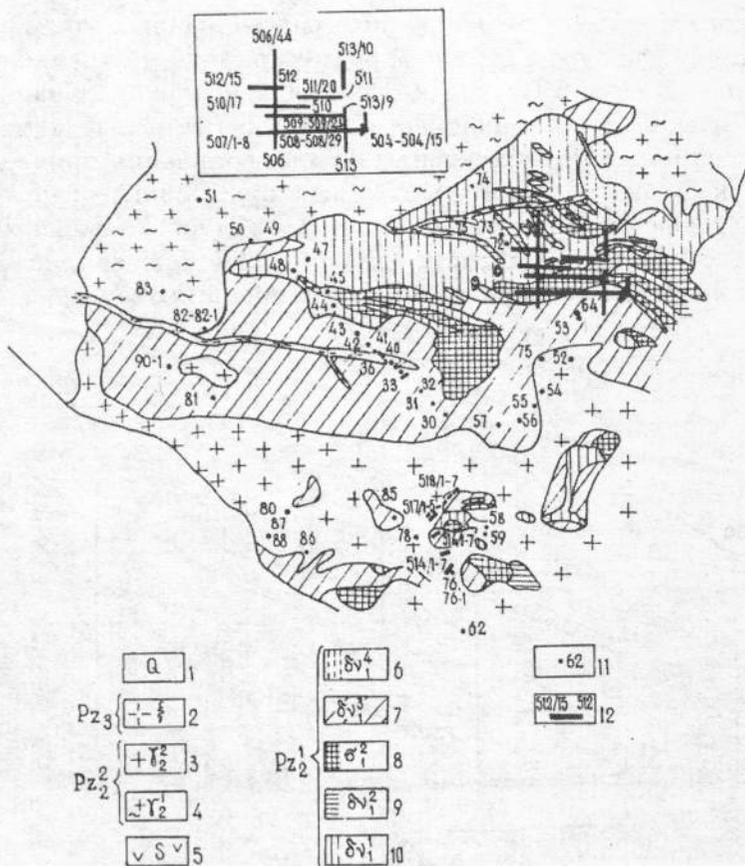


Рис. 8.2. Геологическая карта Ангашанского массива, включающего Кручининское апатит-титаномагнетитовое месторождение (по А.П. Лебедеву, 1965, с изменениями)

1 – современные аллювиальные отложения; 2 – граниты; 3 – биотит-роговообманковые пегматоидные граниты; 4 – порфирировидные биотит-роговообманковые разгнейсованные граниты; 5 – диабазы; 6 – осветленные хлоритизированные габбро, кварцево-полевошпатово-хлоритовые породы; 7 – анортозиты, лейкократовые габбро и габбро-диориты; 8 – пироксениты с рудной вкрапленностью; 9 – полосчатые рудные оливиновые габбро; 10 – габбро с рудной вкрапленностью; 11 – место отбора пробы и её номер; 12 – канава, номера проб по ней.

Геолого-промышленные типы месторождений железа характеризуются чаще всего простой формой рудных тел. Для железистых кварцитов это пластовые и линзообразные залежи. Титано-магнетитовые месторождения также представлены рудными телами простой формы, хорошо прослеживающимися по падению и простиранию в расслоенных базитовых массивах. Обычно устанавливается несколько рудных тел, которые чередуются с безрудными породами.

Балансовые запасы руд черных металлов по состоянию на 01.01.98 г. по области составляют более 650 млн. тонн. Для увеличения запасов черных металлов имеется ресурсная база. Прогнозные ресурсы сосредоточены в четырех рудных районах (табл. 8.1).

Таблица 8.1

## Прогнозные ресурсы черных металлов (млн. т)

Рудные районы	Прогнозные ресурсы	Минерагенический потенциал	Способ отработки
Кодаро-Удоканский	31590	52500	открытый
Чарский	5890	30000	открытый
Муйский	520	—	открытый
Нерчинско-Заводский	200	—	открытый

Прогнозные ресурсы двуокиси титана по тем же рудным районам оцениваются в сотни миллионов тонн, пятиокиси ванадия – в 100 млн. тонн.

*Чарская группа месторождений.*

Наиболее крупной и изученной является Чарская группа месторождений железистых кварцитов позднеархейской минерагенической эпохи, расположенная на западном фланге Чара-Токкинской железорудной зоны (рис. 8.3). Они характеризуются сходным строением и близким составом руд, могут быть отработаны с применением одной технологии. Здесь разведано Сулуматское месторождение, расположенное в 2,5 километрах севернее трассы БАМ (рис. 8.4).

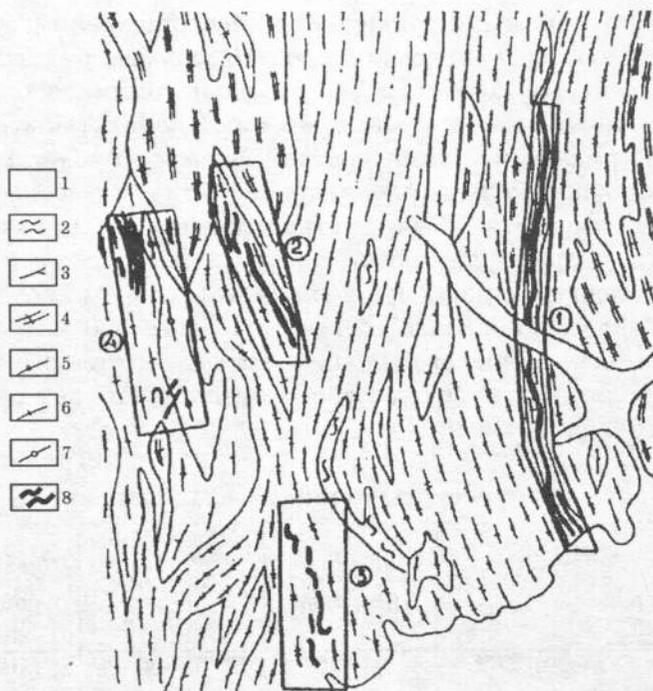


Рис. 8.3. Схема геологического строения Чарского железорудного района (Месторождения Забайкалья, 1995)

1 – четвертичные отложения; 2 – нижний архей, чарская (нерасчлененная) серия, гиперстен-плагноклазовые, двупироксен-плагноклазовые кристаллические сланцы и продукты их диафтореза, биотитовые плагногнейсы и кварцитогнейсы; 3 – протерозойские нефелиновые и щелочные сиениты; 4 – раннепротерозойские биотитовые анатектические граниты куандинского комплекса; 5 – раннепротерозойские гранитогнейсы (в том числе адаметитового состава) куандинского комплекса; 6 – позднеархейские плагногранитогнейсы с реликтами амфиболитов; 7 – позднеархейские амфиболитовые меланократовые плагногранитогнейсы; 8 – железистые кварциты и сопутствующие им кристаллические сланцы и метасоматиты; цифры на схеме – месторождения: Сулуматское (1), Северное Нижнесауканское (2), Южное Нижнесауканское (3), Сауканньское (4); Оленг-Туруттахское рудопоявление расположено на северном продолжении рудной зоны Сулуматского месторождения.

В пределах месторождения установлено 8 субпараллельных крутопадающих пластообразных залежей железистых кварцитов мощностью 43–178 метров. Их протяженность по простиранию составляет 550–1950 м, по падению достигает 1000 и более метров. Руды сложены преимущественно магнетитом (15–45%) и кварцем (60–70%). Средний химический состав (в %):  $\text{SiO}_2$  – 53,15;  $\text{TiO}_2$  – 0,11;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 3,04;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 22,21;  $\text{FeO}$  – 14,24;  $\text{CaO}$  – 2,14;  $\text{MgO}$  – 3,23;  $\text{MnO}$  – 0,21;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,4;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,63;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,066; S – 0,04; As – 0,01; кроме того, Co – 0,03; V – до 0,033; содержания Cu, Zn, Pb в сумме достигают до 0,03% [Геологические исследования..., 1999].

По данным Удоканской экспедиции руды легкообогащаемы. Обогащение возможно по схемам двух- и трехстадийной магнитной сепарации. В первом случае содержание железа общего в концентрате достигает 68,5%, извлечение в концентрат – 81,29%, выход концентрата – 34–56%. Во втором случае содержание железа общего в концентрате 71,78%, извлечение в концентрат – 82,5%, выход концентрата – 32,22%. Это – суперконцентрат и он пригоден для прямого восстановления железа в порошковой металлургии. Разведанные запасы руд составляют 650 млн. т, в том числе для карьера первой очереди 300 млн. т с производительностью 6,5 млн. т руды в год.

На юге области в окрестностях Нерчинского Завода, в 10 км от границы с КНР, находится **Березовское** месторождение бурожелезняково-сидеритовых руд. Оно было открыто в XVIII веке Георги, а в 1932 году академик С.С. Смирнов указал на его большую промышленную ценность. Полное описание месторождения дали Ю.П. Писцов и И.И. Муратова. Они его и разведали. Сидеритовые руды слагают пластообразные залежи среди грубообломочных пород в основании разреза верхнеюрских-нижнемеловых отложений в прибортовой части межгорной впадины. Вертикальный размах оруденения 500–600 м, мощность отдельных рудных тел – от первых метров до 70–80 м, протяженность по простиранию до 2280 м и по падению до 1100 метров. Верхняя часть месторождения сложена лимонитовыми рудами.

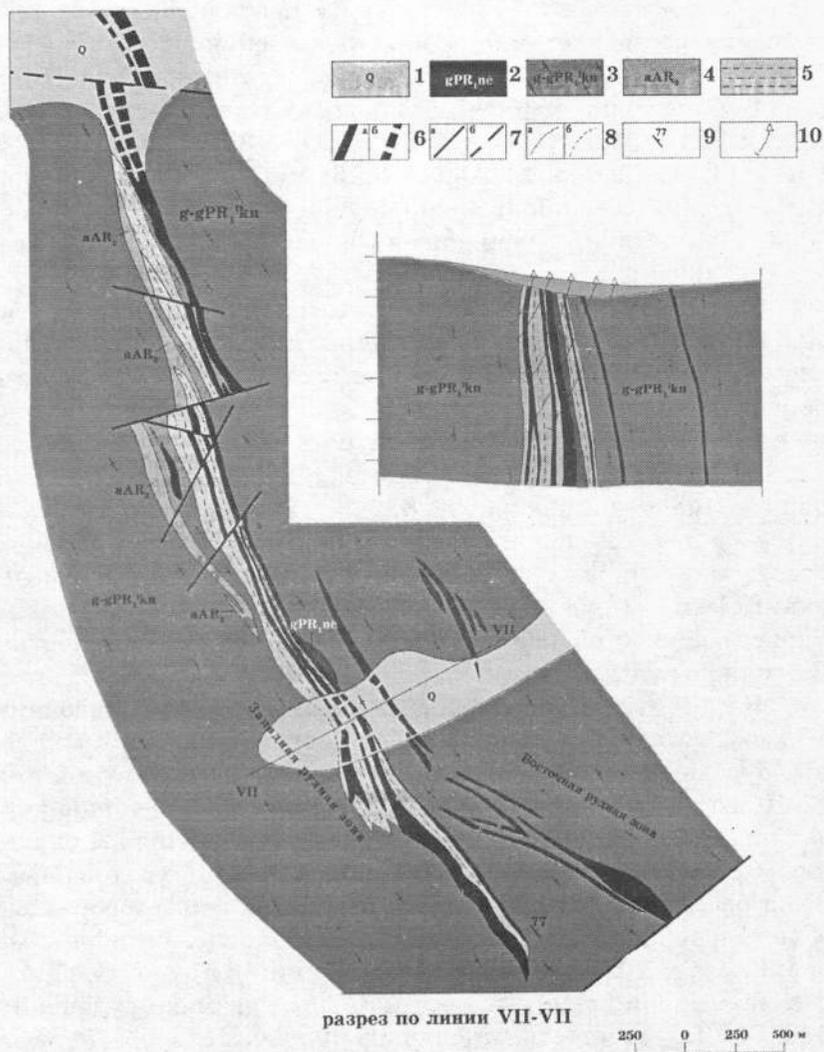


Рис. 8.4. Геологическая карта Южно-Сулуматского месторождения [Геологическое строение..., 2002]

Условные обозначения: 1 – четвертичные рыхлые моренные отложения; 2–3 – раннепротерозойские образования: 2 – ничатский комплекс: плагиопегматоиды, граниты, пегматиты; 3 – куандинский комплекс: гранитогнейсы; 4–5 – позднеархейские образования: 4 – амфиболиты, 5 – кварциты безрудные или слабооруденные, кварцевые метасоматиты; 6 – железистые кварциты: а – на дневной поверхности, б – скрытые под рыхлыми образованиями; 7 – разломы: а – достоверные, б – скрытые под рыхлыми образованиями; 8 – геологические границы: а – достоверные, б – скрытые под рыхлыми образованиями; 9 – элементы залегания; 10 – разведочные скважины на разрезах.

Запасы промышленных категорий составляют: 203,679 млн. т руды, при содержании 35,4–50,5% в окисленных бурожелезняковых рудах, 8,966 в полуокисленных при содержании 41,4–42,6% и 234,845 млн. т руды при содержании 24,2–37,9% в первичных сидеритовых рудах, что в сумме составляет 447,49 млн. тонн.

Титаномагнетитовые месторождения связаны с расчлененными основными интрузиями. Они являются мощной основой для развития черной металлургии в Читинской области.

К наиболее представительным и изученным относится **Чинейское** месторождение железо-титан-ванадиевых руд. Оно находится на севере области, в 38 км от БАМа и в 15 км к югу от Удоканского месторождения медистых песчаников. Рельеф горный, отметки высот 1500–2140 метров. Площадь рудовмещающей интрузии – около 100 кв. км. На месторождении установлено 18 пологих (25–30°) залежей титаномагнетитовых ванадийсодержащих вкрапленных руд. Рудные залежи прослежены по простиранию до 10 км, по падению до 6 км при мощности 5–100 м (см. рис. 8.1). Оно размещается в средней части разреза одноименного диорит-габброноритового массива позднепротерозойского возраста. Руды отличаются высоким содержанием и хорошей извлекаемостью ванадия. Они состоят из титаномагнетита  $(\text{Fe}, \text{Ti})_3\text{O}_4$ , ильменита  $(\text{Fe}, \text{TiO}_3)$ , плагиоклазов  $((\text{Ca}_2, \text{Na})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ , авгита  $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ , биотита  $(\text{K}[(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2])$ , оливина и других минералов. Среди акцессорных минералов присутствуют сульфиды – пирит  $(\text{FeS}_2)$ , пирротин  $(\text{Fe}_{1-x}\text{S})$ , халькопирит  $(\text{CuFeS}_2)$ , пентландит  $[(\text{FeNi})_9\text{S}_8]$  и другие. Содержание Fe – 25,7%;  $\text{TiO}_2$  – 4,93%;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0,34%. Значительная часть руд (около 10 млрд. т) пригодна для обработки открытым методом.

Руды обогащаются магнитной сепарацией. Получен железо-ванадиевый концентрат, который содержит: Fe – 60,2%;  $\text{TiO}_2$  – 9,9%;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 1,6%. Концентрат подвергался окомкованию и обжигу. Окатыши содержат: Fe – 75%;  $\text{TiO}_2$  – 12,6%;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 1,7%. УралНИИчерметом разработана высоко-

коэффициентная технология металлургического передела этих концентратов с получением ванадиевой стали, феррованадия и титанового шлака, пригодного для производства пигментного диоксида титана [Дерябин и др., 1999].

При гидрометаллургической переработке концентрата возможно получение технических и чистых сортов пятиоксида ванадия при ее содержании, соответственно, 92,6 и 99,5%. Флотацией хвостов магнитной сепарации получены: ильменитовый концентрат с содержанием Fe – 35%;  $TiO_2$  – 34%;  $V_2O_5$  – 0,2%; медно-кобальтовый концентрат с содержанием Cu – 10% и Co – 0,9%. При производительности карьера 10 млн. т руды в год возможно получение 2,5 млн. т железотитан-ванадиевого концентрата.

**Кручининское** месторождение железо-титан-фосфорных руд расположено в 60 км к северо-востоку от Читы. Оно связано с Ангашанским габбро-анортозитовым массивом площадью 4 кв. км. Он обладает хорошо выраженной псевдостратификацией, которая обусловлена чередованием разновидностей габброидов. Рудные тела представляют собою линзовидные и пластообразные залежи мощностью 5–280 м при протяженности 1000–1500 м (см. рис. 8.2).

Руды сложены (в масс. %) – ильменитом (9,5–10), титаномagnetитом (27–28, иногда до 70), апатитом (7,8). Кроме того, установлены пирит, пирротин, халькопирит и другие сульфиды. Породообразующие минералы представлены плагиоклазом, пироксеном, оливином, амфиболами. Соотношения титаномagnetита и ильменита варьируют от 1:10 до 7:1, magnetит чаще преобладает.

Руды относятся к апатит-титаномagnetит-ильменитовому технологическому типу. Обогащаются вполне удовлетворительно. Применяются гравитационный, электромагнитный и флотационный способы обогащения. Получаются кондиционные апатитовый, ильменитовый и титаномagnetитовый концентраты. Горнотехнические условия благоприятны для открытой разработки при коэффициенте вскрыши 1:1.

Запасы железа составляют около 700 млн. тонн. В рудах в амфиболе и ильмените содержится Sc, концентрации

которого могут иметь практический интерес. Запасы пятиокси фосфора, разведанные на четырех из семи участков месторождения, отнесены к тем же промышленным категориям, что и черные металлы, и составляют 8,6 млн. тонн.

При производительности горно-обогатительного комбината 4–5 млн. т руды, запасов апатита достаточно на 50 лет при ежегодном производстве 370 тыс. т апатитового концентрата с содержанием пятиокси фосфора 39%. При дальнейшем изучении и проведении поисковых работ западнее месторождения возможно значительное увеличение запасов апатитовых руд. Прогнозные ресурсы на этой площади определены в 4 млн. т пятиокси фосфора.

К магнетитовым относится ряд месторождений железа на юго-западе области. Они не отличаются крупными размерами и запасами, но имеют важное историческое значение. Это прежде всего **Балягинское** месторождение контактово-метасоматических магнетитовых руд, расположенное в 25 км от Петровска-Забайкальского. Они находятся на стыке известняков и прорывающих их гранитов. Руда состоит из магнетита и змеевика, пригодного для облицовки жилищ. Рудное тело – линза длиной 550 м и мощностью 20–40 метров. Содержание железа – 38,4–50,3% (в среднем 45,4). Запасы железа в этой линзе достигают 3,2 млн. тонн. На базе этого месторождения в 1789 году был построен Петровский железодобывательный завод, в настоящее время Петровск-Забайкальский.

В Красночикоийском районе, в 10 км от деревни Коротковой находится одноименное месторождение. Гнезда и линзы магнетита залегают на контактах пегматитовых жил и роговообманковых гнейсов. Руда содержит 52,5% железа, а также серу, марганец, фосфор, титан, медь, хром и кобальт. Запасы – 7 млн. тонн.

В Газимуро-Заводском районе находится большое число мелких железорудных контактово-метасоматических месторождений. Одно из них, **Яковлевское**, находится в 3 км к западу от села Яковлевка. Открыто в 1930 году. Известно более 10 рудных тел. Одно из них при длине 1300 м имеет

мощность 20–50 метров. Среднее содержание железа – 45,5%. Руды сложены магнетитом, гематитом ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и силикатами. Запасы – почти 19 млн. т железа.

Вблизи от Яковлевского расположено **Быстринское** месторождение. Здесь магнетитовые рудные тела имеют форму мелких линз и гнезд. Содержание железа в рудах более 44%. Кроме магнетита, в рудах присутствуют сульфиды меди и цинка. Запасы руд невелики. В этих же местах находится множество мелких железорудных месторождений: Восточное, Западное, Малый Медный Чайник и другие. Здесь наряду с магнетитом в рудах присутствуют шеелит ( $\text{CaWO}_4$ ), пирит ( $\text{FeS}_2$ ), халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ), пироксены ряда диопсида-геденбергита ( $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ ), гранат: гроссуляр ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ ), андрадит ( $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ ) и другие силикаты. За исключением **Западного**, запасы которого составляют 15,4 млн. т, все они мелкие. Но при нужде, особенно когда потребуются ферровольфрам, они могут иметь практическое значение. В этом же районе находятся небольшие месторождения пади Шивия, пади Листвянка и Урюканское. Руды в пади Листвянка гематитовые. Вместе с гематитом в руде находятся почти шарообразные желтоватые агрегаты кальцита. Гематит может быть использован как ювелирно-поделочное сырье. Запасы железа пади Листвянка – около 5 млн. тонн.

К месторождениям железа, содержащим примеси бора, относится **Култуминское**. Оно находится в 2,5 км от поселка Култума в левобережье реки Газимур, на левом склоне пади Култумушка. Открыто в 1928 году геологом В.А. Мелиоранским. Относится к контактово-метасоматическому промышленно-генетическому типу. Находится на контакте верхнеюрских гранитоидов с толщей доломитизированных мраморов, песчаников и сланцев. Руды образуют линзы и сложные формы тела. Они состоят из магнетита, людовгита ( $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{BO}_3]\text{Fe}^{3+}\text{O}_2$ ), кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ), доломита ( $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ ), форстерита ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ), серпентина ( $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ ), флогопита ( $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$ ), шпинели ( $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$ ). При-

сутствует также ашарит (ссейбеллит) –  $Mg_2[B_2O_4OH]OH$ . Запасы руды достигают 31 млн. тонн.

В 40 км от Калги находится месторождение **Железный Кряж**. Открыто в 1852 году. Выходы рудных тел на поверхности занимают 0,08 кв. км, представлены магнетитовыми скарнами, развитыми по известнякам и доломитам. Рудные тела имеют форму пластов и линз длиной 450–1100 м при мощности 10–90 метров. Всего обнаружено около 70 магнетитовых тел с содержанием железа 48–55%. Руды состоят из магнетита, пироксенов, полевых шпатов. Присутствуют серпентин, хлорит, в отдельных частях гранаты или форстерит. Особенностью этих руд является присутствие промышленных содержаний золота. Сера и фосфор присутствуют в концентрациях менее 0,1%. Запасы железа составляют более 55 млн. тонн.

Особенностью рассмотренных выше мелких месторождений железа является высокое содержание магнетита, с которым вместе находятся минералы вольфрама и бора, что резко повышает их ценность. Существенную роль в этом играет и золото.

В целом суммарные запасы железных руд выдвигают Читинскую область в один из крупных железорудных регионов планеты.

В Республике Бурятия выявлена Курбинско-Еравнинская группа месторождений с ресурсами около 2 млрд. т руды при содержании железа 30–50%.

Для металлургического передела железных руд месторождений Забайкалья предусматривается реконструкция Петровск-Забайкальского металлургического завода либо строительство нового металлургического комбината на Нерчинской площадке. Предполагается выпуск сталей, легированных ванадием, молибденом, вольфрамом, ниобием, а также чугунов различных сортов.

## 8.2.2. Хром.

### 8.2.2.1. Свойства.

Хром (Cr, VI, 24) представляет собою металл, голубовато-белого цвета. Он проявляет амфотерные свойства, лито- и сидерофильный. Устойчивые валентности +2, +3 и +6.

Плотность – 7190 кг/м<sup>3</sup>; твердость по Бринеллю 2170–2360 МПа, температура плавления – 1875°C, кипения – 2672; теплопроводность – 93,7 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление 12,7·10<sup>-8</sup> Ом·м; удельная магнитная восприимчивость 4,45·10<sup>-8</sup> м<sup>3</sup>/кг; температурный коэффициент линейного расширения 6,2·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>. Устойчив к коррозии на воздухе и в воде.

Хром – высокотоксичный (I–II классы опасности), но биологически важный элемент: ПДК<sub>м.р.</sub> CrO<sub>3</sub> – 0,01, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,0, ПДК<sub>с.с.</sub> CrO<sub>3</sub> – 0,0015 мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>в.</sub> CrO<sub>3</sub> – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК<sub>в.р.</sub> CrO<sub>3</sub> – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

### 8.2.2.2. Распространенность и запасы.

Кларк хрома в земной коре 83 г/т. Среднее его содержание в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 2000, основных – 200, средних – 50, кислых – 25, осадочных (глинах и сланцах) – 200. Естественное содержание в почвах – до 1000 г/т.

Мировые запасы хромовых руд – 1,8 млрд. т, годовое производство составляет 12 млн. тонн. В России запасы хромовых руд, вследствие развала СССР и отхождения крупнейших его месторождений Казахстану, составляет всего 6,4 млн. т (0,36% от мировых). В России производство хрома теперь составляет около 100 тыс. т в год. Наиболее крупные производители – ЮАР и Казахстан (суммарно 60% мировой добычи).

### 8.2.2.3. Области использования.

Хром используется для легирования сталей, в производстве антикоррозийных покрытий, хромирования металлических изделий, в кожевенной, химической, камерезной

промышленностях. Окись хрома применяется для полировки шлифованных изделий из камня и металла. Низкосортные руды используются для производства огнеупорных кирпичей.

#### **8.2.2.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно 40 минералов хрома. Среди них преобладают хроматы, силикаты, оксиды, гидроксиды. Промышленное значение имеют лишь три минерала: хромит ( $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$ , 12,5–44,8% Cr), магнохромит ( $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ , 16,85–32,06%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), алюмохромит ( $(\text{Mg,Fe})[(\text{Cr,Al})\text{O}_4]$ , 16,85–29,99%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Все они относятся к группе шпинели.

Промышленные типы месторождений – стратиформный с магматическим оруденением, альпинотипный с магматогенно-метасоматическим оруденением в ультрабазитовых массивах, экзогенный с обломочным и остаточным оруденением. Для Забайкалья могут иметь промышленное значение первый и второй типы.

По запасам руды (млн. т) месторождения хрома подразделяют на весьма крупные – сотни, крупные – десятки, средние – единицы, мелкие – менее 1. Промышленные руды хрома характеризуются следующими структурами и содержаниями в них хромошпинелидов (%): сплошные – более 90, густовкрапленные – 90–70, редковкрапленные – 50–30 и убоговкрапленные – менее 30. К отдельному типу относят хромовые россыпи (пески, валуны). По содержанию  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%) руды подразделяют на весьма богатые – более 65, богатые – 65–52, средние – 52–45, бедные – 45–30, убогие – 30–10.

#### **8.2.2.5. Способы добычи и переработки руд.**

Месторождения разрабатываются открытым, подземным и комбинированным способами. Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением бедного сырья с применением комбинированных технологий (гравитация, магнитная сепарация и флотация). Извлечение  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  из руд различных типов составляет 80–90%

при содержании его в концентрате 45–52%. К вредным примесям в концентрате относятся  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ , S, P, С. Богатые хромовые руды и концентраты перерабатывают обжигом, металлургическим и химическим способами.

Товарные продукты – огнеупоры, ферросплавы, феррохром – содержат 60–70% хрома. Вредные примеси в феррохроме – С, Si, P, S.

#### **8.2.2.6. Месторождения хрома в Забайкалье.**

Промышленные месторождения хрома в Читинской области еще не открыты, но проявления его известны в Муйском рудном районе в пределах Шаманского массива ультраосновных пород, который расположен в 20–30 км южнее трассы БАМа, на правом берегу реки Витим. В северной части массива, на площади 5х3 км, многочисленны находки руд со средним содержанием *трехокси хрома* от 30 до 56%. В других местах содержания изменяются от 15 до 40%. Максимальное ее содержание в массивных рудах достигает 90–95%, а во вкрапленных – до 60–90%. Наряду с хромом в рудах установлены никель и платина (0,1–0,3 г/т). Руды сложены хромитом, оливином, пироксеном.

Предполагаются жиллообразные и пластовые месторождения дунит-перидотит-пироксенитовой и дунит-гарцбургитовой рудных формаций. Геологи считают возможным выявление нескольких месторождений в северной части массива, где находки рудных свалов наиболее многочисленны и отдельные рудные зоны прослеживаются по ним на 200–300 метров. Прогнозные ресурсы Шаманского массива оцениваются в 50–60 тыс. т *трехокси хрома*. Возможны находки хромовых руд в полосе развития Пришилкинских серпентинитов, относящихся к Молодовскому офиолитовому поясу.

### 8.2.4. Марганец.

#### 8.2.4.1. Свойства.

Марганец (Mn, VII, 25) представляет собою металл, серебристый, твердый, хрупкий. Он проявляет амфотерные свойства, лито- и сидерофильный, устойчивые валентности  $2^+$ ,  $3^+$  и  $4^+$ .

Плотность  $7440 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бриннелю 196 МПа; температуры: плавления  $1244^\circ \text{C}$ , кипения –  $1962^\circ \text{C}$ . Теплопроводность –  $7,82 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $185,0 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость  $1,21 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $22 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Марганец относится к токсичным (II–III классы опасности), но жизненно необходимым элементам. Предельно допустимые концентрации  $\text{MnO}_2$ : ПДК<sub>р.з.</sub> –  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>м.р.</sub> –  $0,01$ , ПДК<sub>с.с.</sub> –  $0,001 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>в.</sub> –  $0,1\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$ .

#### 8.2.4.2. Распространенность и запасы.

Кларк марганца в земной коре  $0,1\%$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (%): ультраосновных –  $0,15$ , основных –  $0,2$ , средних –  $0,12$ , кислых –  $0,06$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $0,067$ . Естественное содержание в почвах  $0,05\text{--}0,3\%$ .

Общие мировые запасы марганцевых руд составляют 10 млрд. т, подтвержденные – 5; годовая добыча составляет 22 млрд. тонн. Наиболее крупные производители – Украина, ЮАР, Китай, Индия, Бразилия, Мексика.

В странах СНГ запасы – 3 млрд. т руды, добыча – 11 млн. тонн. В России запасы составляют около 150 млн. т руды ( $0,3\%$  от мировых), добыча –  $120\text{--}150 \text{ тыс. т/год}$ .

Ничтожно малые запасы марганцевых руд в России связаны с тем, что в результате распада СССР все крупные их месторождения отошли к Украине (Никопольское) и Грузии (Чиатура), а уральские были отработаны во время Великой Отечественной войны. Оставшиеся на Урале месторождения характеризуются низким качеством руд.

### 8.2.4.3. Области использования.

Основная область применения марганца – черная металлургия (95%): производство ферромарганца и некоторых иных сплавов (в качестве легирующего элемента).

### 8.2.4.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно около 300 минералов марганца. Среди них преобладают силикаты, фосфаты, оксиды, арсенаты. Промышленное значение имеют лишь 12 минералов: пиролюзит ( $\text{MnO}_2$ , 90–99,55%  $\text{MnO}_2$ ), псиломелан ( $\text{BaMg}^{2+}\text{Mg}_7\text{O}_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 59,65–74,5%  $\text{MnO}_2$ ), манганит ( $\text{MnOOH}$ , 30,16–79,55%  $\text{MnO}$ , 49,78–57,35%  $\text{MnO}_2$ ), браунит [ $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_6\text{SiO}_{12}$ , 57,0%  $\text{Mn}$ , (78,3%  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , 11,7%  $\text{MnO}$ )], гаусманит ( $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_2\text{O}_4$ , 62,35–76,76%  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ), тодорокит ( $\text{CaMn}^{2+}\text{Mn}_7\text{O}_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), рансьерит ( $\text{CaMn}_4\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), родохрозит ( $\text{MnCO}_3$ ,  $\text{Mn}$  47,8%,  $\text{MnO}$  61,7%), манганокальцит ( $(\text{Ca}, \text{Mn})\text{CO}_3$ ), родонит ( $\text{MnSiO}_3$ , до 41,9%  $\text{Mn}$ ,  $\text{MnO}$  до 48,0%), бустамит ( $(\text{Ca}, \text{Mn})\text{SiO}_3$ ).

Промышленные типы месторождений – осадочный, вулканогенно-осадочный, метаморфогенный, гипергенный (коры выветривания). Наибольшее значение имеет первый тип, для Забайкалья – последний.

По запасам руды (т) месторождения марганца подразделяют на весьма крупные – миллиарды, крупные – сотни миллионов, средние – десятки миллионов, мелкие – миллионы.

Промышленные руды – оксидные, карбонатные, оксидно-карбонатные, окисленные. По содержанию  $\text{Mn}$  руды подразделяются на богатые (55–25%) и бедные (25–10%).

### 8.2.4.5. Способы добычи и передела.

Месторождения разрабатываются открытым и подземным способами. К переделу подготовка руд производится дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением бедного сырья с применением комбинированных технологий (промывка, гравитационные процессы, магнитная сепарация, отсадка).

Извлечение марганца из руд различных типов составляет 50–70% при содержании его в концентрате 25–50%. К вредным примесям в концентратах относятся кремнезем и фосфор.

Марганцевые концентраты перерабатываются электрометаллургическим способом. Товарные продукты содержат марганца (%): ферромарганец – 75–85, силикомарганец – 60–65, металлический марганец – до 99,9.

К вредным примесям в концентратах относятся кремнезем и фосфор. Вредные примеси в сплавах – С, Si, P, S; в металле – С, Si, Fe, Ni, Cu, P, S, Al, Ca, Mg.

#### **8.2.4.6. Марганцевые руды в Забайкалье.**

В Забайкалье, включая Читинскую область и Республику Бурятия, крупных месторождений с высоким качеством руд еще не открыто. В Читинской области известно лишь одно мелкое промышленное месторождение оксидных марганцевых руд.

Громовское месторождение марганца расположено в 12 км севернее поселка городского типа Приаргунск. Основной рудовмещающей структурой месторождения является пологий надвиг среди терригенно-карбонатных пород венда-кембрия. Руда на 60–70% состоит из землистого песчано-дресвяного агрегата, остальная часть приходится на щебнистый материал. Крупнообломочный материал представлен фрагментами руд, которые состоят из кварца, смеси гидроксидов, железа (гетит, гидрогетит), ярозита и марганцевых минералов (пиролоюзита, вада, псиломелана). Руды залегают до глубины 70 м и характеризуются небольшим коэффициентом вскрыши, благоприятными горнотехническими условиями. Средняя мощность рудных тел – 6–8 метров. Запасы  $MnO_2$  составляют сотни тысяч тонн при среднем содержании 20%. Кроме того, в 200 тыс. т оцениваются прогнозные ресурсы.

Руды представлены одним технологическим типом – окисленными марганцевыми рудами, пригодными для гидрометаллургического процесса переработки урановых руд.

Возможность обнаружения новых месторождений марганца в Читинской области связана с пологими надвиговыми структурами в пределах Агинской структурно-формационной зоны среди флишеидных отложений акша-илинской серии. Здесь известны рудопроявления марганца Хойто-Агинского и Булуктуйского рудных полей, где среди слюдисто-кремнистых сланцев отмечаются зоны омарганцевания мощностью до 50 м со средними содержаниями марганца от 6 до 7,5%. Прогнозные ресурсы этих рудопроявлений оценены в 300 млн. тонн. В районе Красной Речки (Улетовский район) известны марганцево-редкоземельные проявления, связанные с граносиенитами молоковоского гранитного комплекса. В целом марганценосность Читинской области изучена слабо. В Республике Бурятия марганценосной является Итандинская свита в бассейне реки Итанца в Удино-Витимской зоне, а также в Баргузинской зоне в марганценосных отложениях давыктинской и икатской свит кембрийского возраста. Здесь находится Икатское месторождение марганца. Известны и другие проявления, но все они не содержат больших количеств промышленных руд.

### Контрольные вопросы

1. Основные химические, физические и экологические свойства черных металлов.
2. Типы месторождений, способы добычи и переработки руд черных металлов.
3. К каким промышленным типам относятся главные месторождения железных руд Забайкалья? Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования.
4. Какие типы руд и ожидаемые ресурсы хрома и марганца в Забайкалье?

## Литература

### Основная

1. Минеральное сырье. / Под. ред. В.П. Орлова. Составители: А.Н. Еремеев, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко / Краткий справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
2. Железорудная база России. / Под ред. В.П. Орлова, М.И. Веригина, Н.И. Головкина. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.
3. Минеральное сырье. Марганец. / Н.И. Потехин, А.С. Столяров, А.А. Марков и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
4. Лисицын А.Е., Остапенко П.Е. Минеральное сырье. Хром. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
5. Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья. / Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асоков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.
6. Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1993.

### Дополнительная

1. Остапенко П.Е., Мясников Н.Ф. Безотходная технология. Переработка руд черных металлов. – М.: Недра, 1988.
2. Юргенсон Г.А. Радуга в колеснице. – Иркутск: Вост.-Сиб. книжн. издательство, 1991.

## 8.3. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ.

К цветным металлам относят типичные металлы, занимающие 4,5 и 6 периоды I–IV групп Периодической системы, а также алюминий, титан, ванадий, кобальт, никель, сурьму и висмут. Месторождения цветных металлов широко развиты на территории Забайкалья. Свинец, медь, олово и цинк известны с XVII века, а добыча их началась в XVIII–XIX веках. По запасам меди Читинская область занимает одно из первых мест в России. Крупные Озерное и Холдинское месторождения свинца и цинка разведаны в Республике Бурятия.

### 8.3.1. МЕДЬ.

#### 8.3.1.1. Свойства.

Медь (Cu, I, 29), мягкий, ковкий металл красного цвета. Проявляет основные свойства и близкие к амфотерным свойствам, халькофильный, устойчивые валентности  $1^+$  и  $2^+$ .

Плотность  $8960 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 235 МПа; Температуры: плавления –  $1083,6^\circ\text{C}$ , кипения – 2567. Теплопроводность  $401 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ , удельное электрическое сопротивление  $1,67 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость –  $1,08 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $1,65 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Медь – высокотоксичный (II класс опасности), но жизненно необходимый элемент. ПДК<sub>м.р.</sub> –  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>с.с.</sub> –  $0,002 \text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>в.</sub> –  $0,1\text{--}0,5 \text{ мг/дм}^3$ , ПДК<sub>в.р.</sub> –  $0,01$ .

#### 8.3.1.2. Распространенность и запасы.

Кларк меди в земной коре  $47 \text{ г/т}$ . Средние ее содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 20, основных – 100, средних 35, кислых – 20, осадочных (глинах и сланцах) – 57. Естественное содержание в почвах –  $4,0\text{--}7,0 \text{ г/т}$ .

Мировые запасы меди без стран СНГ составляют более 300 млн. т, ежегодная добыча – около 10. Наиболее крупные производители – Чили, США, Канада, Замбия, Заир.

Значительный объем товарных медных руд производят Россия, Казахстан, Узбекистан, Армения. Производство медных концентратов в России покрывает потребность в этом сырье.

#### 8.3.1.3. Области использования.

Структура потребления (%): электротехническая промышленность (производство кабеля, различных проводов для обмотки якорей электродвигателей, всевозможных катушек) – около 50; сплавы (латунь, бронза, мельхиор, никелин и др.) – до 40; металлокерамика для сверхпроводников и другое – 10.

### **8.3.1.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно более 170 минералов меди. Среди них преобладают сульфиды, сульфосоли, сульфаты, карбонаты, оксиды. Промышленное значение имеют 12 минералов. Основные из них: халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ , 34,6% Cu), борнит ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , 52–65% Cu), халькозин ( $\text{Cu}_2\text{S}$ , 79,9% Cu), ковеллин ( $\text{CuS}$ , 66,5% Cu), блеклые руды (теннантит-тетраэдрит,  $[\text{Cu}_{12}(\text{As},\text{Sb})_4\text{S}_{13}]$ , 45,8–51,6% Cu), энаргит ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ , 48,4% Cu), куприт ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , 88,8% Cu), тенорит ( $\text{CuO}$ , 79,9% Cu), малахит ( $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ , 57,4% Cu), антлерит ( $\text{Cu}_3[\text{SO}_4](\text{OH})_2$ , 67,3% Cu), брошантит ( $\text{Cu}_4[\text{SO}_4](\text{OH})_6$ , 64,8% Cu), самородная медь. Нередко присутствует также хризоколла ( $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), не имеющая практического значения, но ухудшающая качество медных руд.

Промышленные типы месторождений – медно-порфировый, молибден-медно-порфировый, медно-колчеданный, медно-цинково-колчеданный, медистых песчаников и сланцев, магматический, медно-никелевый. В Забайкалье наибольшее значение имеют второй, пятый и шестой типы.

По запасам меди (млн. т) месторождения подразделяются на весьма крупные – более 10, крупные – 10–3, средние – 3–0,5, мелкие – менее 0,5.

Промышленные руды – пирит-халькопиритовые, молибденит-халькопирит-пиритовые, пирит-сфалерит-халькопиритовые, халькопирит-борнит-халькозиновые, борнит-халькопирит-магнетитовые, пентландит-халькопирит-пирротинные, самородномедные. В Забайкалье наибольшее значение имеют второй, четвертый, пятый и шестой типы.

По содержанию меди (%) руды подразделяют на весьма богатые – 3–5 и более, богатые – более 2, рядовые – более 1, бедные – 1–0,7. По степени окисления руды делят на сульфидные – с содержанием меди в оксидной форме – до 10%, смешанные – 11–50, окисленные – более 50.

### **8.3.1.5. Способы добычи и переработка руд.**

Месторождения разрабатывают открытым (65%) и подземным способами, реже применяют подземное выщелачи-

вание. Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением бедного сырья с применением гравитационной и флотационной технологии для сульфидных руд, восстановительного обжига для окисленных разновидностей. Извлечение меди из руд различных типов составляет 50–97% при содержании ее в концентрате 15–40%. Вредными примесями в концентрате являются цинк, свинец, железо. При обогащении руд комплексного состава получают молибденовые, цинковые, никелевые и пиритные концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 52–58%. Из руд Удоканского месторождения магнитной сепарацией возможно получение магнетитового концентрата.

Медные концентраты перерабатывают пирометаллургическим способом. Сначала получают черновую медь, а затем рафинированием – медь высокой чистоты.

Среди попутных элементов медных руд к наиболее важным относятся свинец, висмут, цинк, кадмий, германий, благородные металлы, а также рений. Последний содержится в концентратах, переходит при переплавке в шламы и электролит, из которых извлекается металлургическим способом. К вредным примесям в меди относят As, Bi, Fe, Ni, Pb, Sb, Sn, S.

#### **8.3.1.6. Месторождения меди в Забайкалье.**

Значительная часть запасов меди России находится на севере Читинской области. Здесь выявлено 18 месторождений (21% от общих запасов) и рудопроявлений в пределах редкометалльно-железо-медного пояса. Наиболее распространены месторождения формации медистых песчаников (Удоканское, Ункурское, Бурпалинское и др.). Формирование их связано с раннепротерозойской минерагенической эпохой. Рудовмещающими породами являются терригенно-карбонатные породы удоканской серии, которые выполняют Кодаро-Удоканский прогиб, разделяющий Чарскую и Кодарскую глыбы архейского возраста. Здесь же отмечается ряд медно-никелевых месторождений и рудопроявлений, генетически свя-

занных с расслоенными основными интрузиями чинейского комплекса позднепротерозойской минерагенической эпохи.

В юго-восточной части области в пределах уран-золото-полиметаллического пояса известны месторождения меди новой для Забайкалья медно-порфировой формации (**Лугоканское, Быстринское, Култуминская площадь**). Они содержат большие концентрации попутного золота, нежели медистые песчаники. Месторождения локализованы в зоне контакта терригенно-карбонатных пород венд-кембрийского возраста с юрскими гранодиоритами. Геологи прогнозируют открытие новых месторождений медно-порфирового типа в Газимуро-Заводском, Верхне-Олекминском и Могочинском рудных районах [Минерально-сырьевая база..., 1997].

Наиболее изучены месторождения Кодаро-Удоканского рудного района. Самое значительное из них – Удоканское. По запасам меди оно одно из крупнейших в мире и второе, после месторождений Норильской группы, в России.

**Удоканское** месторождение меди представлено горизонтом медистых песчаников, залегающих среди отложений верхнесауканской подсвиты удоканской серии. Он находится в пределах мульдообразной складки площадью около 30 кв. километров. Меденосный горизонт имеет мощность 260–700 м в северо-западном и 40–200 м в южном крыле брахисинклинали (рис. 8.5). В результате разведки месторождения, первая очередь которой была завершена в конце 1964 года, в составе меденосного горизонта выделено до 56 рудных тел пластовой и линзообразной формы. Их средняя суммарная мощность – 57 метров. Первичные рудные минералы представлены борнитом ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) и халькозином ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), в значительном количестве – халькопиритом ( $\text{CuFeS}_2$ ). По степени окисленности руды подразделяются на три технологических сорта: окисленные с содержанием меди в окисленных формах от 70 до 100%, смешанные (30–70%) и сульфидные (до 30%). Первые два сорта слагают приповерхностные части месторождения. Главные минералы зоны окисления: антлерит, брошантит, малахит, а также их разновидности, образовавшиеся в условиях криоминералогенеза, содержащие кристал-

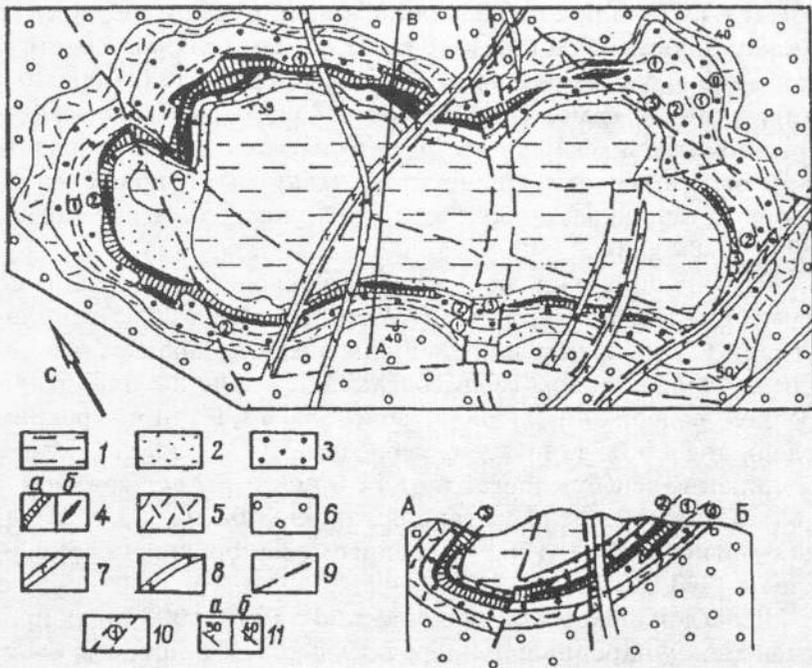


Рис. 8.5. Геолого-структурная схема Удоканского месторождения:

1 – песчанико-аргиллитово-алевролитовые отложения намингинской свиты; 2–5 – алевролитово-аргиллитово-песчаниковые отложения верхней сакуканской подсвиты: 2 – надрудная толща, 3 – рудная толща, 4 – горизонт медистых песчаников (а) и рудные тела медистых песчаников (б), 5 – подрудная толща; 6 – песчаниковые отложения средней сакуканской подсвиты; дайки: 7 – габбро-диабазов, 8 – лампрофиров и кварцевых порфиров; 9 – разрывные нарушения; 10 – рудоносные стратиграфические уровни и их номера (цифры в кружках); 11 – элементы залегания пород: а – нормальное залегание, б – опрокинутое залегание.

лизационную воду. Это гидроброшантит  $[\text{Cu}_{15}(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{22} \cdot 5,24-6,6 \text{H}_2\text{O}]$ , гидроантлерит  $[\text{Cu}_{2,84-2,94}(\text{SO}_4)(\text{OH})_{3,44-3,87} \cdot 2,44-3,33 \text{H}_2\text{O}]$ . Наряду с ними в окисленных рудах присутствует также удоканит  $[\text{Cu}_8(\text{SO}_4)(\text{OH})_{10} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ . В рудах присутствуют также азурит, хризоколла, куприт, тенорит, самородная медь, аргентит, самородные серебро и золото. Руды существенно монометалльные медные. Минералы железа представлены пиритом, гематитом, магнетитом. Попутными компонентами являются серебро, золото, рений, железо магнетитовое, сера сульфидная.

На 30% площади месторождения запасы подсчитаны по промышленным категориям (A+B+C<sub>1</sub>), еще на 30% – по категории C<sub>2</sub>, на остальной площади оценены прогнозные ресурсы. Общие запасы меди составляют около 20 млн. т при среднем содержании 1,53%, золота – 13,4 т при среднем содержании 0,05 г/т. Запасы серебра – 14,4 тыс. т. Среднее содержание серебра составляет 12,0 г/т, серы сульфидной – 0,3%. Запасы железа составляют около 400 млн. т и связаны с магнетитом. В 1981 году запасы месторождения утверждены ГКЗ СССР.

По Удоканскому месторождению в 1992–1993 годах проведен международный тендер, победителем в котором была признана Удоканская Горная Компания. Эта компания получила лицензию на разработку Удоканского месторождения. Но ею было лишь подготовлено ТЭО и составлялся проект. К добыче руды она не приступила. Поэтому в связи с невыполнением обязательств по лицензионному договору она лишена лицензии, и освоение месторождения предполагается после проведения конкурса или аукциона.

Из других месторождений формации медистых песчаников наиболее значительными по запасам и расположенными в радиусе 30 км от Удоканского месторождения являются Ункурское, Право-Ингамакитское, Сакинское, Клюквенное и др. Они объединяются в Намингинский рудный узел. Рудные тела этих месторождений имеют небольшие мощности (1,3–16,4 м), содержание меди – от 0,7 до 4%, запасы и прогнозные ресурсы, оцененные по категориям C<sub>2</sub>

и  $P_1$ , составляют до 1 млн. тонн. Устойчивым попутным компонентом месторождений Намингинского рудного узла является серебро, содержание которого здесь в два раза выше, чем на Удоканском месторождении.

Кроме того, на территории развития медноносных отложений Кодаро-Удоканской структурно-формационной зоны выделено еще два рудных узла: Икабья-Читкандинский и Сюльбанский. В Икабья-Читкандинском известно два месторождения – Бурпалинское и Красное и несколько рудопроявлений медистых песчаников. Рудные тела этих месторождений имеют форму пластообразных залежей мощностью от 1,8 до 25 м с содержанием меди 0,7–2,4%. Руды борнит-халькозиновые, борнит-халькопиритовые. Основной сопутствующий компонент – серебро. Содержание его в 5–6 раза выше, чем в рудах Удоканского месторождения. В пределах Сюльбанского рудного узла также выявлено несколько перспективных участков медистых песчаников. Мощность рудных тел – 0,7–7 м, протяженность – до 6 км, содержание меди – от 0,78 до 3%. В рудах кроме серебра присутствуют золото (0,5 г/т) и молибден (0,02–0,03%). В целом по месторождениям типа медистых песчаников, спутникам Удоканского месторождения, прогнозные ресурсы меди оцениваются в 10–12 млн. тонн.

Медные руды типа медистых песчаников хорошо обогащаются по флотационной технологии. Извлечение магнетита предполагается магнитной сепарацией. Извлечение меди – 87–93%, серебра – 83%, при содержании их в концентрате, соответственно, 30% и 190 г/т. Особенностью основных сульфатов меди, образованных в условиях криоминералогенеза и содержащих кристаллогидратную воду (гидроброшантит, гидроантлерит, удоканит и др.), является, как установлено А.В. Фатьяновым с сотрудниками [Фатьянов и др., 2000], их способность флотироваться при воздействии на пульпу слабыми токами. Это позволяет отказаться от селективной отработки всех технологических сортов руд. В 2005 году к северу от Удоканского месторождения завершено строительство опытной обогатительной фабрики.

Около 75% запасов можно отработать открытым способом при коэффициенте вскрыши 5 куб. м/куб. м. При производительности карьера 10 млн. т руды в год можно получать 125 тыс. т меди и 65 т серебра. Рассматривается возможность извлечения меди из окисленных руд кучным выщелачиванием, получен положительный опыт извлечения меди гидрOMETаллургическим способом.

**Чинейское** месторождение комплексных медных руд относится к формации меденосных габброидов и находится в приконтактовой зоне одноименного лополитообразного массива площадью около 100 кв. км. В разрезе интрузива выделены три крупных пороодо-рудных серии, приуроченных к мощной залежи титаномагнетитовых руд собственно Чинейского железо-титан-ванадиевого месторождения. В качестве одного из попутных компонентов присутствует медь в количестве 0,1%. Главная медная и медно-никелевая сульфидная минерализация сосредоточена в приконтактовой зоне массива. Здесь выделяются два типа рудных залежей: эндо- и экзоконтактовые. Эндоконтактовые руды – это габброиды, содержащие вкрапленность халькопирита, пирротина ( $Fe_{1-x}S$ ) и пирита ( $FeS_2$ ). Зоны эндоконтактовых руд выдержанны по простиранию и падению, мощность их изменяется от первых метров до 40–70 метров. Содержание меди – 0,5–1%. Руды содержат значительное количество ценных попутных компонентов. Среди них благородные металлы, кобальт, никель, селен и др. Экзоконтактовые руды распространены менее, но отличаются высокими содержаниями меди. В среднем по некоторым рудным телам на участке Рудном они достигают 7–10%, в отдельных сечениях – до 2,5–3%. Эти руды существенно халькопиритовые.

Обогащаемость всех разновидностей руд Чинейского месторождения хорошая. В концентрат извлекается 90–93% меди при ее содержании в концентрате 18–23%. В него извлекаются все попутные компоненты. Доказана возможность получения медно-кобальтового концентрата из хвостов магнитной сепарации титаномагнетитовых руд. Содержание меди в таком концентрате составляет 12–14%, кобальта – 1–1,2%.

Прогнозные ресурсы меди по Чинейскому месторождению оценивают около 40% от общих запасов Удоканского месторождения, причем расчетная товарная стоимость 1 т продукции в 2–2,5 раза выше таковой на Удоканском месторождении за счет попутных компонентов [Минерально-сырьевая база..., 1997]. Чинейское месторождение по запасам меди и географическому положению может рассматриваться как реальный резерв Удоканского ГОКа и как самостоятельный объект.

На территории Кодаро-Удоканской провинции кроме Чинейского известен еще ряд массивов этого комплекса: Луктурский, Верхне-Сакуканский, Эбкачанский. В них также установлена сульфидная медная минерализация. Масштабы по этим объектам оценены более 24 млн. т меди. Кроме того, в области имеется значительный минерагенический потенциал, особенно на севере, в пределах Кодаро-Удоканской зоны, который исчисляется в десятки миллионов тонн.

Значительное количество меди может быть получено также при разработке железорудных месторождений, генетически связанных с расслоенными интрузиями основных пород (Чинейское титаномагнетитовое месторождение, участки Катель, Третьяковский и др.).

Изложенное позволяет определить, что главные месторождения меди в Читинской области расположены в Каларском районе. Они могут быть объектами возможного освоения и вложения инвестиций. Предполагаемое строительство Удоканского горно-металлургического предприятия значительно расширяет перспективы экономического развития этого района, так как освоение других месторождений меди потребует меньших капиталовложений на развитие внутрирайонной инфраструктуры.

Но ресурсный потенциал меди, как указано выше, не ограничивается месторождениями, расположенными на севере Читинской области. В 1980–1990 годах геологи произвели оценку комплексных месторождений медно-порфирового типа. К ним относятся Лугоканское, Быстринское месторождения и Култуминская площадь.

**Лугоканское** месторождение находится в Газимуро-Заводском районе, в 150 км к югу от Транссибирской железнодорожной магистрали. Изучено на поисковой стадии. Рудные тела связаны с гранодиоритами юрского возраста и находятся как во вмещающих скарнированных карбонатно-терригенных горных породах (Северо-Восточная и Юго-Западная зоны), так и в гранодиоритах.

Северо-Восточная зона включает 8 рудных тел. Они имеют общую протяженность 6,85 км. Средняя мощность – 3,7–10,3 м. Содержания меди – 0,13–3,59%, золота – 1,03–4,66 г/т, серебра – 2,93–78,99 г/т. В составе Юго-Западной зоны – 6 рудных тел общей протяженностью 9,45 км при средней мощности 4,6–14,4 м. Содержание меди – 0,19–2,83% (среднее – 1,58%). Золото и серебро образуют концентрации (соответственно, г/т): 0,49–4,45, 3,88–37,16. Внутринтрузивная зона включает 11 рудных тел протяженностью 60–100 м при средней мощности 2,8–15,6 м. Содержание меди – 0,22–4,68% (среднее 1,55 г/т), серебра – 5–236,4 г/т (среднее – 22,4 г/т).

Минеральный состав руд в первых двух зонах достаточно сложный. Рудные минералы представлены халькопиритом, борнитом, халькозином, пиритом, присутствуют также сульфосоли, арсенопирит, самородное золото. Среди нерудных минералов преобладают кальцит, амфиболы, пироксены, гранат, полевые шпаты. Золото и серебро в значительной мере связаны с сульфидами.

Руды хорошо обогащаются методами гравитации и флотации с получением коллективного сульфидного концентрата. Извлечение (%) меди – 90, золота – 77 и серебра – 87.

Ресурсы рудного поля до глубины 300 м по меди составляют 1 млн. 700 тыс. тонн. До глубины 100–150 м месторождение можно отрабатывать открытым способом по транспортно-разработочной системе разработки. Ниже – подземным способом с вертикальными стволами шахт глубиной 200–300 метров.

**Быстринское** месторождение также относится к медно-порфировому типу. Оно расположено в 170 км на юго-запад

от Лугоканского, в Газимуро-Заводском районе Читинской области. Расстояние от железной дороги – 170 километров. Изучено на поисковой стадии.

Рудные тела имеют форму зон прожилкования. Главные рудные минералы – халькопирит, арсенопирит, магнетит, тонкое самородное золото. Среди нерудных – кварц, карбонаты, силикаты. Содержание рудных компонентов – меди 0,3–16% (среднее 1,58%), золота – 0,1–36 г/т (среднее 0,5 г/т), серебра – 0,2–34,4 г/т (среднее 5 г/т).

Руды хорошо обогащаются с получением коллективно-го сульфидного концентрата при извлечении меди – 90%, золота – 75% и серебра – 85%. Ресурсы до глубины 200 м – 10 млн. т меди.

Месторождения можно отработать открытым способом по транспортной системе разработки. Возможная годовая производительность рудника – 5 млн. т руды с получением 71,1 тыс. т медного концентрата.

### **8.3.2. Кобальт и никель.**

В связи с тем, что на территории Забайкалья еще не установлено промышленных собственно никелевых или кобальтовых месторождений, а совместно эти два элемента присутствуют в рудах Чинейского и Чайского месторождений, они рассматриваются вместе.

#### **8.3.2.1. Кобальт.**

##### **8.3.2.1.1. Свойства.**

Кобальт (Co, VIII, 27) – серебристо-голубой, твердый, ковкий металл. Обладает амфотерными свойствами, относится к лито-, халько-, сидерофильным элементам с устойчивой валентностью 2<sup>+</sup> и 3<sup>+</sup>. Плотность – 8900 кг/м<sup>3</sup>; твердость по Бриннелю – 471–1230 МПа; температура (°C): плавления 1495, кипения – 2870; удельное электрическое сопротивление  $6,24 \cdot 10^{-8}$  Ом·м; ферромагнетик; температурный коэффициент линейного расширения  $13,36 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>. Устойчив к коррозии.

Высокотоксичный (I-II класса опасности), но жизненно необходимый элемент. Входит в состав витаминов группы В. ПДК<sub>р.а</sub>  $\text{CoSO}_4$  – 0,005 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>м.р</sub>  $\text{CoSO}_4$  – 0,001, ПДК<sub>с.с</sub>  $\text{CoSO}_4$  – 0,0004, Co – 0,001 мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>в</sub> Co – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

#### **8.3.2.1.2. Распространенность и запасы.**

Кларк кобальта в земной коре 18 г/т. Средние содержания в горных породах разных типов (г/т): ультраосновных – 20, основных – 45, средних – 10, кислых – 5, осадочных (глинах и сланцах) – 20. Естественное содержание в почвах – 5,0–26 г/т.

Мировые запасы кобальта (без стран СНГ) – около 4 млн. т, производство – 25 тыс. т в год. Наиболее крупные производители – Заир, Замбия, Канада, Куба, Австралия, Новая Каледония.

#### **8.3.2.1.3. Области использования.**

Кобальт используется главным образом в производстве магнитных, жаропрочных, сверхтвердых, коррозионно-стойких и других сплавов и покрытий. На его основе делают катализаторы для оргсинтеза. Радиоактивный изотоп <sup>60</sup>Co (T<sub>1/2</sub> 5,24 года) является источником  $\gamma$ -излучений в технике, в анализе вещества и медицине – так называемая «кобальтовая пушка». Кобальт придает ряду веществ яркий синий цвет и поэтому широко используется для получения синих эмалей, керамики, стекол, его вводят в растущие кристаллы кварца, которые становятся сине-голубыми или ярко-синими. Такой кварц называют перунитом.

#### **8.3.2.1.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно около 45 минералов кобальта. Среди них преобладают сульфиды, арсениды, селениды, арсенаты. Промышленное значение имеют лишь семь минералов: гетерогенит ( $\text{CoO}(\text{OH})$ , 63,6% Co), карролит ( $\text{CuCo}_2\text{Sn}$ , 35,30–42,42% Co), кобальтин ( $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$ , 26–34% Co), кобальтовый колчедан ( $(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$ , 40–57,96% Co), кобальтпирит или кобальтсодержащий пирит ( $(\text{Co}, \text{Fe})\text{S}_2$  – до 13,9% Co), шмальтин ( $(\text{Co},$

Ni)As<sub>3</sub>, 13,8–24,1% Co), саффлорит ((Co, Fe)As<sub>2</sub>, 6,7–23,4% Co), асболан – кобальтсодержащий псиломелан (3,15–27% Co). Кроме того, иногда рудообразующими являются скуттерудит (CoAs<sub>3</sub>, 2,3–20,18% Co) и эритрин (Co<sub>3</sub>[AsO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> · 8H<sub>2</sub>O, 30% Co или 37,5% CoO).

Минералами-носителями кобальта, имеющими промышленное значение, являются также пирротин (Fe<sub>1-x</sub>S, до 1,0% Co), пентландит (Ni<sub>5</sub>Fe<sub>4</sub>S<sub>8</sub>, до 49,3% Co), кобальтпентландит (Co, Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>, до 49,3% Co), халькопирит (CuFeS<sub>2</sub>, до 0,1% Co), арсенопирит ((Fe, Co)AsS, до 3,07% Co).

Известно только четыре промышленно-генетических типа месторождений: магматический, гидротермальный, метаморфогенный или осадочно-метаморфический в медистых песчаниках и гипергенный. По составу выделяют мышьяковые, содержащие арсениды кобальта, сернистые на пирит-пентландитовой основе и окисленные руды.

#### **8.3.2.1.5. Способы получения.**

Металлический кобальт получают восстановительной плавкой с углем, электролизом растворов сульфата и хлорида кобальта, восстановлением водородом под давлением из аммиачных растворов. Отделяется от сопутствующих металлов фракционным окислением, гидrolитическим осаждением и экстракцией.

#### **8.3.2.2. Никель.**

##### **8.3.2.2.1. Свойства.**

Никель (Ni, VIII, 28) является типичным металлом. Он серебристо-белый, ковкий, пластичный; проявляет амфотерные свойства, лито-, халько-, сидерофильный, устойчивые валентности 2<sup>+</sup> и 3<sup>+</sup>.

Плотность – 8902 кг/м<sup>3</sup>; твердость по Бринеллю 600–800 МПа; температура (°C): плавления – 1453, кипения – 2732; теплопроводность 90,7 Вт/(м · К); удельное электрическое сопротивление 6,84 · 10<sup>-8</sup> Ом · м; ферромагнетик; температурный

коэффициент линейного расширения  $13,3 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ . Устойчив к коррозии.

Никель относится к высокотоксичным (I–II класса опасности) элементам. ПДК<sub>р.з</sub>  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  – 0,0005 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>м.р</sub>  $\text{NiSO}_4$  – 0,002, ПДК<sub>с.с</sub>  $\text{NiO}$  – 0,001,  $\text{NiSO}_4$  – 0,0002 мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>в</sub>  $\text{NiO}$  – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

#### **8.3.2.2.2. Распространенность и запасы.**

Кларк никеля в земной коре 58 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 2000, основных – 160, средних – 55, кислых – 8, осадочных (глинах и сланцах) – 95. Естественное содержание в почвах – 5,4–61 г/т.

Мировые подтвержденные запасы никеля (без стран СНГ) – около 45 млн. тонн, ежегодное производство составляет примерно 1 млн. тонн. Наиболее крупные производители – Россия, Канада, Куба, Австралия, Новая Каледония, Индонезия, ЮАР. В России производство никеля находится на уровне 225 тыс. тонн в год.

#### **8.3.2.2.3. Области использования.**

Структура потребления (%): транспортное машиностроение – 30; химическая промышленность – 15; строительство – 10; производство электрооборудования – 10; изготовление металлопродукции – 9; бытовая техника – 7; машинное оборудование – 8; прочие отрасли – 11.

#### **8.3.2.2.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно 105 минералов никеля. Среди них преобладают сульфиды, оксосоли, арсениды, интерметаллические соединения. Промышленное значение имеют сульфиды и арсениды: пентландит ( $\text{Ni}_5\text{Fe}_4\text{S}_8$ , 9,1–34,23% Ni), миллерит ( $\text{NiS}$ , 64,7% Ni), полидимит ( $\text{Ni}_3\text{S}_4$ , 57,9% Ni), виоларит ( $\text{FeNi}_2\text{S}_4$ , 38,9% Ni), никелин ( $\text{NiAs}$ , 40,64–44,98% Ni), а также силикаты: гарниерит  $[(\text{Ni}, \text{Mg})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 4,3–36,1% Ni), ревдинскит  $((\text{Ni}, \text{Mg})_6[\text{Si}_4\text{O}_{19}](\text{OH})_8$ , 5–30% Ni).

Промышленные типы месторождений – магматический, гидротермальный, гипергенный. В Забайкалье пока имеет промышленное значение только первый тип.

По запасам никеля (тыс. т) месторождения подразделяют на весьма крупные – 2000–1000, крупные – 1000–500, средние – 500–30, мелкие – 30–10. Промышленные руды – медно-никелевые, никелисто-медные, кобальт-никелевые, мышьяк-никель-кобальтовые. В Забайкалье открыты руды первого типа и ожидается открытие второго. По содержанию никеля (%) руды подразделяют на богатые – 1,3, средние – 1,3–0,7, бедные – 0,7–0,35.

### **8.3.2.3. Способы добычи и переработки руд.**

Месторождения никеля и кобальта разрабатывают открытым и подземным способами. Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением бедного сырья с применением гравитационно-флотационной технологии.

Извлечение никеля из руд различных типов составляет 75–90% при содержании его в концентрате 3–9%. К вредным примесям в концентрате относят медь, хром, фосфор, цинк, свинец, мышьяк. При обогащении руд комплексного состава попутно получают кобальтсодержащие, магнетитовые, медные и тальк-серпентинитовые концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 60–75%.

Богатые руды и концентраты перерабатывают металлургическими способами. Никель получают восстановительной плавкой NiO в электропечах, термическим разложением  $\text{NiCO}_3$ , электролизом растворов  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NiCl}_2$  или восстановлением водородом из аммиачных растворов под давлением. Металл высокой чистоты получают карбонильным способом. Товарные продукты никелевой продукции – никель карбонильный, никель электролитический – 99,3–99,9% (Ni+Co).

Сопутствующие благородные металлы, селен, теллур, платиноиды, содержащиеся в концентратах, переходят в шламы электролиза, из которых их извлекают пиро- и гидрометаллургическим способом с применением аффинажа.

Вредные примеси в никеле: железо, марганец, натрий, кальций, кремний, кадмий, медь, цинк, мышьяк, висмут, олово, сурьма, свинец, магний, алюминий, сера, фосфор, углерод.

Основная часть никеля используется для получения легированных сталей и сплавов с Fe, Cr, Cu и другими металлами. Эти сплавы отличаются жаропрочностью, высокими антикоррозионными, механическими, магнитными, термоэлектрическими и другими свойствами. Никель используется как катализатор и конструкционный материал.

#### **8.3.2.4. Месторождения никеля и кобальта.**

В настоящее время в Читинской области известно одно месторождение медно-никелевых руд (Чинейское), которое изучено на стадии поисково-оценочных работ. Его прогнозные ресурсы оцениваются в сотни тысяч тонн никеля и десятки тысяч тонн кобальта. Кроме того, на севере, в пределах редкометалльно-железо-медного пояса выявлен ряд расслоенных основных массивов чинейского типа (Луктурский, Таллаинский) позднепротерозойского возраста, перспективных на никель и кобальт. Медно-никелевое оруденение установлено также в основных и ультраосновных породах базит-коматитовой и габбро-пироксенитовой формаций Олондинского рудного узла Чарского рудного района. Прогнозные ресурсы по вновь выявленным рудопроявлениям исчисляются в несколько миллионов тонн никеля и сотни тысяч тонн кобальта. Изучены они недостаточно. В Республике Бурятия разведаны мелкие по запасам Чайское и Байкальское месторождения медно-никелевых руд в Северном Прибайкалье. Первое находится в составе Чайского массива ультрабазитов, второе – в Йоко-Довыренском массиве ультраосновных пород. Содержание никеля составляет в среднем 0,013–2,073%, кобальта – 0,005–0,013%, меди – 0,019–0,635%. Запасы – около 100 тыс. тонн. Содержание в рудах Чайского месторождения полезных компонентов составляет (%): Ni – 0,45–6,10, Co – 0,02–0,19, Cu – 0,14–1,70.

Оба месторождения относятся к разряду мелких и вероятность их разработки весьма проблематична, особенно с учетом локализации их в охранной зоне Байкала.

### **8.3.3. Молибден.**

#### **8.3.3.1. Свойства.**

Молибден (Mo, VI, 42) представляет собою металл, серебристый, мягкий; проявляет кислотные свойства, сидеро- и халькофильный, устойчивые валентности  $4^+$  и  $6^+$ .

Плотность –  $10220 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 2450–2500 МПа; температура плавления –  $2617^\circ \text{C}$ , кипения –  $4612^\circ \text{C}$ ; теплопроводность  $138 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $5,2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость  $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $5,43 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Молибден – токсичный (II класс опасности), но жизненно важный элемент. ПДК<sub>м.р</sub> –  $4,0 \text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>в</sub> –  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ .

#### **8.3.3.2. Распространенность и запасы.**

Кларк молибдена земной коры  $1,1 \text{ г/т}$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных –  $0,2$ , основных –  $1,4$ , средних –  $0,9$ , кислых –  $1,0$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $2,0$ . Естественное содержание в почвах –  $1,0$ – $2,0 \text{ г/т}$ .

Мировые подтвержденные запасы молибдена (без стран СНГ) – около 7 млн. тонн, годовое производство молибденовых концентратов – около 300 тыс. тонн. Наиболее крупные производители – США, Чили, Канада, Мексика, Китай. В странах СНГ запасы молибденового сырья распределены (%): Россия –  $45$ , Казахстан –  $28$ , Армения –  $22$ , Узбекистан –  $5$ ; производство концентратов (%): Россия –  $57,5$ , Армения –  $31,5$ , Узбекистан –  $6,8$ , Казахстан –  $4,2$ . По запасам молибдена (тыс. т) месторождения подразделяют на уникальные – более 500, крупные –  $500$ – $150$ , средние –  $150$ – $25$ , мелкие – менее 25.

### **8.3.3.3. Области использования.**

Структура потребления (%): в черной металлургии для производства сплавов – более 80; в химической промышленности – 10; для получения чистого молибдена (в электроприборы, включая лампы накаливания) – 6; в сельском хозяйстве (микроудобрения) и других отраслях – 4.

### **8.3.3.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно 20 минералов молибдена. Промышленное значение имеют 6 минералов: молибденит ( $\text{MoS}_2$ , 60% Mo), повеллит ( $\text{Ca}[\text{MoO}_4]$ , 48% Mo), вульфенит ( $\text{Pb}[\text{MoO}_4]$ , 26,1% Mo), молибдошеелит ( $\text{Ca}[\text{MoO}_4, \text{WO}_4]$ , 10–30% Mo), молибдит ( $\text{MoO}_3$ , 66,6% Mo), ферримолибдит ( $\text{Fe}_2[\text{MoO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 40,5% Mo).

Промышленные типы месторождений – молибденовый, медно-молибденовый, вольфрам-молибденовый, молибденурановый. В Забайкалье преимущественно развиты первый, второй и четвертый типы. Вольфрам-молибденовый типичен для Джидинского рудного поля в Бурятии.

При поисках и разведке эффективно применяется литохимический метод для выявления первичных и вторичных ореолов рассеяния, магниторазведка, гамма-спектрометрия и различные модификации электроразведки. При опробовании керна скважин необходимо учитывать возможность избирательного истирания молибденита.

Промышленные руды – молибденитовые, халькопирит-молибденитовые, халькопирит-молибденит-кварцевые, молибденит-кварцевые, вольфрамит-молибденит-кварцевые, вольфрамит-шеелит-молибденит-кварцевые, шеелит-молибденитовые, молибденит-иордизит-коффинит-настурановые. По содержанию молибдена (%) руды подразделяют на богатые – более 0,1, средние – 0,01, бедные – 0,001. Следует отметить, что вследствие того, что кристаллы молибденита представлены обычно тонкими табличками и чешуйками, при визуальной оценке руд почти всегда завышают содержание молибденита.

### **8.3.3.5. Способы добычи и переработки руд.**

Разработку месторождений осуществляют открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовку руд к переделу производят обогащением по флотационно-магнитной и гидрометаллургической технологиям. Извлечение молибдена из руд различных типов составляет 45–89% при содержании молибдена в концентратах разных сортов 47–60%. К вредным примесям в концентратах относят  $\text{SiO}_2$ , As, Sn, Cu,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{WO}_3$ , Sb. При обогащении комплексных руд кроме молибденовых получают медные и вольфрамовые концентраты. При гидрометаллургической технологии переработки сульфидных концентратов извлекают также рений. Извлечение сопутствующих элементов составляет 30–70%. Молибденовые концентраты перерабатывают металлургическим способом на полимолибдаты и ферромolibден.

Товарный ферромolibден содержит 55–58% молибдена, полимолибдат – более 99% молибдена. Вредными примесями товарной молибденовой продукции являются сумма оксидов тяжелых металлов, железо, никель, кремний, кальций, магний, фосфор, сера, марганец, углерод, сурьма, медь, олово, вольфрам, мышьяк.

### **8.3.3.6. Месторождения молибдена в Забайкалье.**

Известно более 100 месторождений и рудопроявлений, в основном, в пределах молибденово-золотого минерагенического пояса, реже – на площади других минерагенических поясов (см. рис. 7.1, 7.3). Молибден в минеральных образованиях присутствует в основном в 4- и 6-валентных формах, соответственно, в сульфидной и молибдатной. Главный минерал молибденовых руд – молибденит (60% Mo) и его модификация, встречающаяся в молибден-урановых рудах Забайкалья, – иордизит. Кроме того, источником Mo является молибдошеелит (зейригит) –  $\text{Ca}(\text{W}, \text{Mo})\text{O}_4$ , содержащий 1–16% Mo. Большую группу минералов Mo представляют молибдаты – природные соли молибденовой кислоты. К ним относятся повеллит, вульфенит, ферримolibдит, кехлингит

$[\text{Bi}_2(\text{MoO}_4)_2\text{O}_2]$  и др. Каждый из них в отдельности не представляет промышленного интереса, но в ассоциации с молибденитом при существенных содержаниях в руде в случае подбора рациональной схемы обогащения могут быть использованы для получения Mo. В молибденовых рудах в различных концентрациях и соотношениях с Mo могут находиться Cu, W, S (в пирите и других сульфидах), в меньшей мере Ag, Au, Be, Bi. В качестве промышленно важной примеси в молибдените всегда присутствует Re.

В Забайкалье молибденовые руды имеют эндогенное происхождение. Среди них в Забайкалье развиты кварцево-молибденитовые (Гутайское, Шахтаминское месторождения), медно-молибденовые (Жирекенское месторождение), золото-вольфрам-полиметаллически-молибденовые (Бугдаинское), уран-молибденовые (Стрельцовский рудный узел), золото-кварцево-молибденитовые (Давендинское месторождение). Среднее содержание Mo в рудах крупных месторождений – 0,06–0,2 % (Жирекенское, Бугдаинское), средних и мелких – 0,3–1,0% (Гутайское, Давендинское, Шахтаминское). По текстурно-структурным особенностям и строению рудных тел молибденовые руды Забайкалья подразделяются на жильные (Гутайское, Шахтаминское, Давендинское) и прожилково-вкрапленные (Жирекенское, Бугдаинское). Обогащение молибденовых руд проводится методами флотации. Из Гутайского месторождения была добыта первая промышленная молибденовая руда в России.

Запасы молибдена в Читинской области учтены по пяти месторождениям: Жирекенскому, Бугдаинскому, Шахтаминскому, Аманан-Макитскому и Давендинскому. Основная часть запасов сосредоточена в бедных рудах Жирекенского и Бугдаинского месторождений штокверкового типа (95% общих запасов). Остальные относятся к жильному типу, причем Шахтаминское и Давендинское (рис. 8.6) месторождения в основном отработаны. Но при благоприятной конъюнктуре вновь могут быть вовлечены в сферу добычи.

Молибденное оруденение связано, в основном, с поздне-мезозойскими, в меньшей мере с позднепалеозойскими гра-

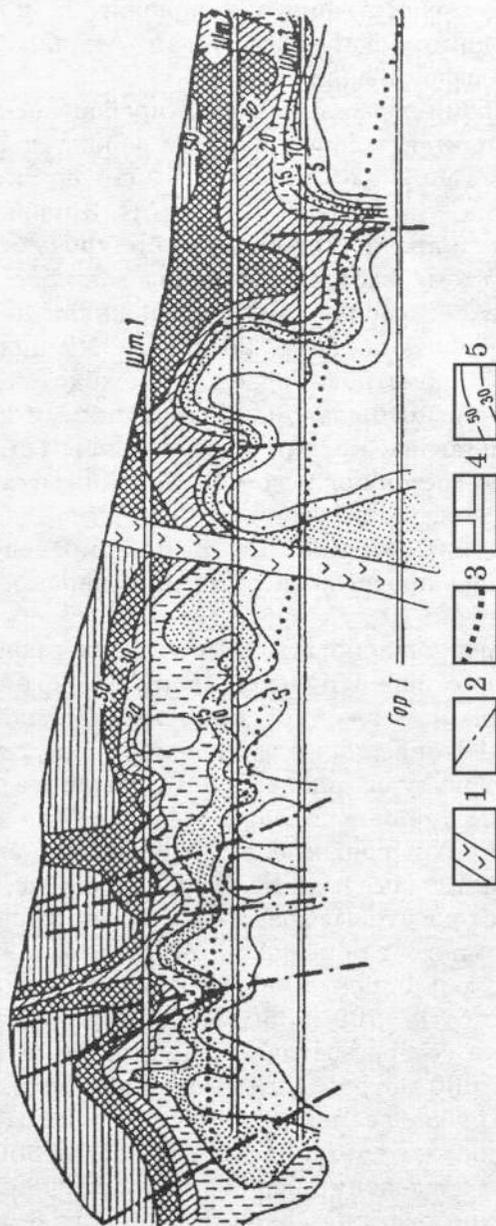


Рис. 8.6. Схематический продольный разрез зоны окисления молибденового рудного тела Давенды (по А. Дружинину)

1 – дайка кварцевого микрогаббро; 2 – тектонические нарушения; 3 – граница молибденитной мерзлоты; 4 – горные выработки; 5 – изолинии степени окисления молибденита (%).

нитоидами. Большой частью оно принадлежит к молибденовой рудной формации (Жирекен, Бугдая, Аманан-Макит и др.), реже – к вольфрам-молибденовой.

В настоящее время обрабатывается **Жирекенское** месторождение. Оно находится в Чернышевском районе, в 7 км к востоку от ж.-д. ст. Бушулей. Открыто в 1954 году В.А. Гулиным и доразведка – в 1966–1967 гг. В.Н. Зиновьевым, Ю.Ф. Судариковым и др. Месторождение приурочено к Бушулейскому гранитному массиву и локализовано в юго-восточной части Жирекенского разлома, прослеживающегося в гранитоидах на северо-запад более 20 км при мощности от сотен метров до 2-х километров. Оруденение находится в узле сопряжения Жирекенского разлома с нарушениями других направлений и представлено крупным изометричным штоком, падающим на северо-восток под углом 60–70°. Для месторождения подсчитаны запасы категорий В + С<sub>1</sub> при среднем содержании молибдена 0,1%. Кроме того, по Жирекенскому рудному узлу учтены прогнозные ресурсы в первые сотни тысяч тонн молибдена.

Оруденение представлено штокверком, залегающим в своеобразной тектоно-магматической жерловой структуре трубообразной формы, сложенной брекчиями и дайками юрских порфиров. Штокверковое оруденение сосредоточено внутри жерловой структуры (рис. 8.7, 8.8). Основные рудомещающие горные породы – раннемезозойские (140–150 млн. лет) крупно- и среднезернистые порфировидные роговообманково-биотитовые граниты и гранодиориты, а также мелкозернистые биотитовые граниты. Рудный штокверк, в пределах которого подсчитаны балансовые и забалансовые запасы, имеет общую площадь 800 x 900 метров, выход его на дневную поверхность – 700 x 350 метров. Рудный штокверк погружается в северо-восточном направлении в разных частях до 350–600 метров. В центральной части штокверка находится трубообразное (в плане 120 x 60 м) тело рудной брекчии, прослеженной на глубину более 300 метров. Распределение оруденения неравномерное. Рудные посылы, по данным опробования имеющие мощности 6–150 м,

чередуются полосами непромышленных руд и пустых пород. Мощность полос некондиционных руд и пустых пород возрастает с глубиной. Брекчия сложена обломками мелкозернистых калишпатизированных гранитов, сцементированных кварцем с гнездами и вкрапленностью молибденита, реже – пирита. Оруденение сопровождается калишпатизацией, альбитизацией, окварцеванием, аргиллизацией. В гранитах развиты миаролы с калишпатом, кварцем, сульфидами (преимущественно молибденитом и пиритом), реже актинолитом, карбонатами, диккитом, целестином.

Из полезных компонентов в рудах выявлены молибден, медь, свинец, цинк, вольфрам, сурьма, висмут, рений,

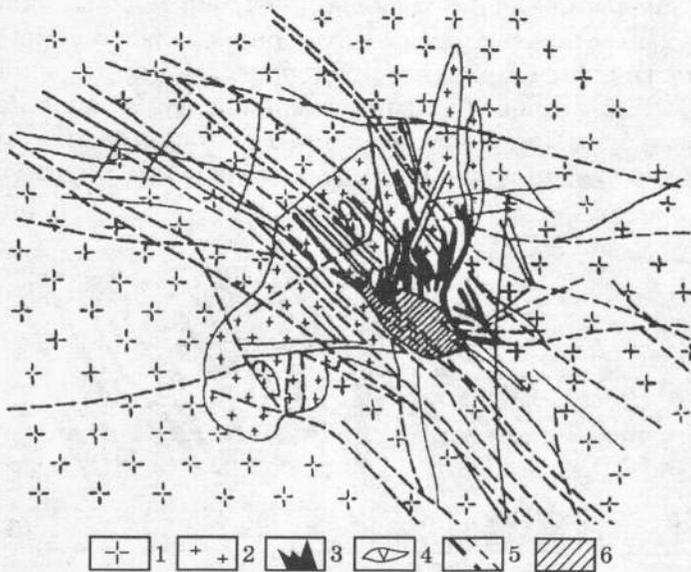


Рис. 8.7. Схематическая геологическая карта Жирекенского месторождения

1 – граниты амананского комплекса; 2–4 – субвулканический комплекс: 2 – мелкозернистые граниты, 3 – гранит-порфиры, 4 – диоритовые порфиры; 5 – тектонические нарушения; 6 – рудная зона.

селен, теллур, платиноиды. Из них основную промышленную ценность представляет Мо (содержание 0,01–0,15%, в разведанном штокверке – 0,03–0,15%, среднее – 0,1%), а из попутных рентабельно извлекается только медь (0,03–0,15%). Руды прожилково-вкрапленные, вкрапленные и брекчиевые. Преобладают вкрапленные. Руды состоят из полевых шпатов, кварца, слоистых силикатов, сульфидов. Главными рудными минералами являются молибденит, халькопирит, пирит; второстепенными – галенит, сфалерит, шеелит, блеклая руда, марказит, борнит, висмутин, зелигманит и др.; редкими – самородные висмут и золото. По степени окисленности молибдена (%) выделены сульфидные (< 20), смешанные (20–60) и окисленные (> 60) руды. Зона окисления распространена до глубин 9–50 м, окисленные руды составляют лишь 1,8% общих запасов молибдена. Мощность зоны смешанных руд, залегающих под окисленными, 3–20 метров. С ними связано менее 1% молибдена. Основное промышленное значение имеют сульфидные руды. Молибден связан в основном с молибденитом. В зоне окис-

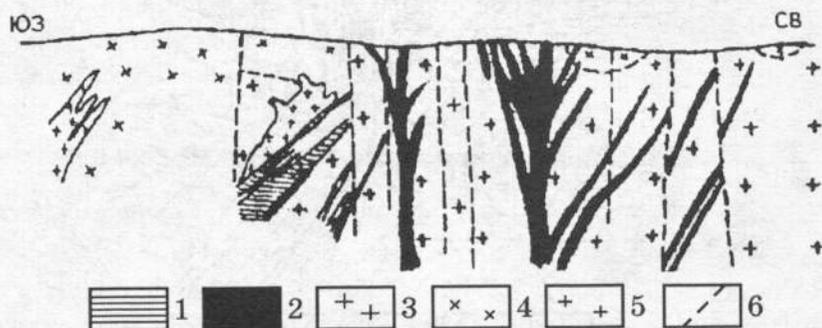


Рис. 8.8. Геологический разрез  
Жирекенского месторождения

1 – дайки диоритовых порфиров; 2 – штоки и дайки гранит-порфиров; 3 – мелкозернистые лейкократовые граниты; 4 – мелкозернистые порфировидные граниты; 5 – амананские граниты; 6 – разрывные нарушения; 7–8 – изоконцентраты, %: 7 – молибдена, 8 – меди.

ления он находится в молибдите и ферримолибдите. В блоках балансовых руд содержание молибдена 0,062–0,135%, из них сульфидного – 0,061–0,133%, наиболее высокие содержания – 0,291–1,805%. В молибдените содержатся (г/т): рений – 82, селен – 87 и теллур – 16. С халькопиритом связано 97% Cu. Содержание ее в контуре молибденовых руд 0,08–0,1%.

Схема обогащения руд включает коллективную флотацию минералов Mo и Cu с последующей селекцией коллективного концентрата. В полупромышленных условиях получены молибденовые концентраты с 48–55% Mo при извлечении 80–85,4% и медный концентрат 9,1–13,7% Cu при извлечении 64,5–70%. В молибденовых концентратах содержатся (%): 4,5–5,0 SiO<sub>2</sub>, 0,43–0,83 Cu, 0,002–0,04 Sn, 0,04–0,047 As и 0,00887–0,047 P. По запасам месторождение относится к средним. Согласно ТЭР при производительности 3300 тыс. т руды в год при открытой разработке возможно получение 4520 т 51%-ного молибденового и 9270 т 10–12%-ного медного концентратов достаточно низкой себестоимости. Рентабельность 18,6%, окупаемость 3 года. Добыча начата в 1988 году открытым способом. Получали 48,6% молибденовый концентрат при извлечении Mo 64–70%. По достижении проектной мощности добыча руд в 1991 году стала снижаться и в 1995 году прекратилась вследствие отсутствия спроса и повышения тарифов на энергоносители и связанной с ними высокой себестоимости продукции. Динамика работы Жирекенского ГОКа дана в табл. 8.2.

Технологическое картирование, выполненное ЗабНИИ, показало, что лишь 65% руд может удовлетворительно обогащаться по использованной на Жирекенском ГОКе технологии, 15% руд содержат слоистые силикаты, а 20% – интенсивно перетертые руды с тонкодисперсным молибденитом, что резко ухудшает их технологические свойства. В 2001 году добыча руды возобновлена. Начато производство ферримолибдена.

Второе штокверковое месторождение – Бугдаинское – по запасам молибдена превышает Жирекенское в три раза,

Таблица 8.2

## Динамика добычи руд на Жирекенском ГОКе

Год	Руда, тыс. т	Mo	
		т	%
1989	1392	1529	0,11
1990	2302	2258	0,098
1991	2079	1917	0,092
1992	2088	1743	0,083
1993	1637	1265	0,077
1994	501	379	0,076
1995	547	379	0,066

но технология переработки его руд более сложная. Месторождение находится в Александрово-Заводском районе, в 18 км к юго-западу от пос. Вершино-Шахтаминский. Открыто в 1952 году при проведении геохимических поисков Забайкальской геофизической экспедицией ЧГУ. Разведывалось в 1953–1958 гг. партиями ЧГУ под руководством А.К. Сахнова, в 1988–1994 гг. проведена доразведка Казаковской геолого-разведочной партией ПГО «Читагеология» (А.В. Шульга и др.). Разведано до глубины 300 метров и отдельными скважинами вскрыто до глубины 600–900 метров. Описание месторождения дано по Б.Н. Хоментовскому [2003]. Основным структурным фактором, определяющим размещение месторождения, является пересечение двух мощных тектонических зон: меридионального разлома и северо-западной зоны повышенной трещиноватости. Локализовано в верхнепалеозойских биотит-роговообманковых порфировидных гранитах, прорванных дайками аплитов, пегматитов и лампрофиров. Вмещающие породы окварцованы, серицитизированы, каолинитизированы, карбонатизированы. Наиболее интенсивно процесс окварцевания проявился в центральной части месторождения, где сформировалось безрудное «кварцевое ядро». Молибденовое оруденение образует штокверк

площадью 0,8 км<sup>2</sup> практически изометричной формы (рис. 8.9, 8.10). Штокверк образован кварц-молибденитовыми жилами и прожилками различной величины и ориентировки. Наряду с Мо в рудах в промышленных количествах выявлены Pb, Zn, Ag, Cu и Au рассматривались как попутные компоненты. Геолого-разведочными работами, проведенными в 1995–1998 гг. АОТ ППГХО и ЗабНИИ на юго-восточном фланге месторождения, выявлены и разведаны золотополиметаллические жилообразные залежи с промышленными содержаниями Au. Практически во всем объеме молибденового штокверка установлено крупное золото, что дает основание предполагать возможность выявления крупного золоторудного объекта. Добыча молибденовых и золотосодержащих руд начата АОТ ППГХО в 1991 году опытно-промышленным карьером и подземными горными выработками. Обогащение проводилось на Вершино-Шахтаминской обогатительной фабрике. В 1997 году в связи с низкими технико-экономическими показателями опытно-промышленная отработка прекращена. Запасы по состоянию на 1959 год были утверждены в следующих количествах: руды категории В + С<sub>1</sub> + С<sub>2</sub> – 594,4 млн. т; Мо – 490,2 тыс. т с содержанием 0,071%; Pb – 509,0 тыс. т с содержанием 0,085%; Zn – 650,3 тыс. т с содержанием 0,110%; WO<sub>3</sub> – 202,1 тыс. т с содержанием 0,034%; Ag – 1723,7 т с содержанием 2,9 г/т.

Вблизи месторождения найдены два перспективных участка с суммарными прогнозными ресурсами в первые сотни тысяч тонн молибдена.

Имеются перспективы получения среднего по запасам месторождения молибдена на севере Забайкалья: в 100 км юго-западнее ст. Чара выявлено **Биримьянское** проявление. Оно находится в пределах одноименного рудного узла и приурочено к апикальной части массива гранит-порфиров эймнахского комплекса ранне-среднеюрского возраста. Он прорывает плагиограниты архея. Молибденовые руды слагают штокверк, имеющий площадь около 1,5 кв. км. Оруденение относится к кварц-молибденитовой формации.

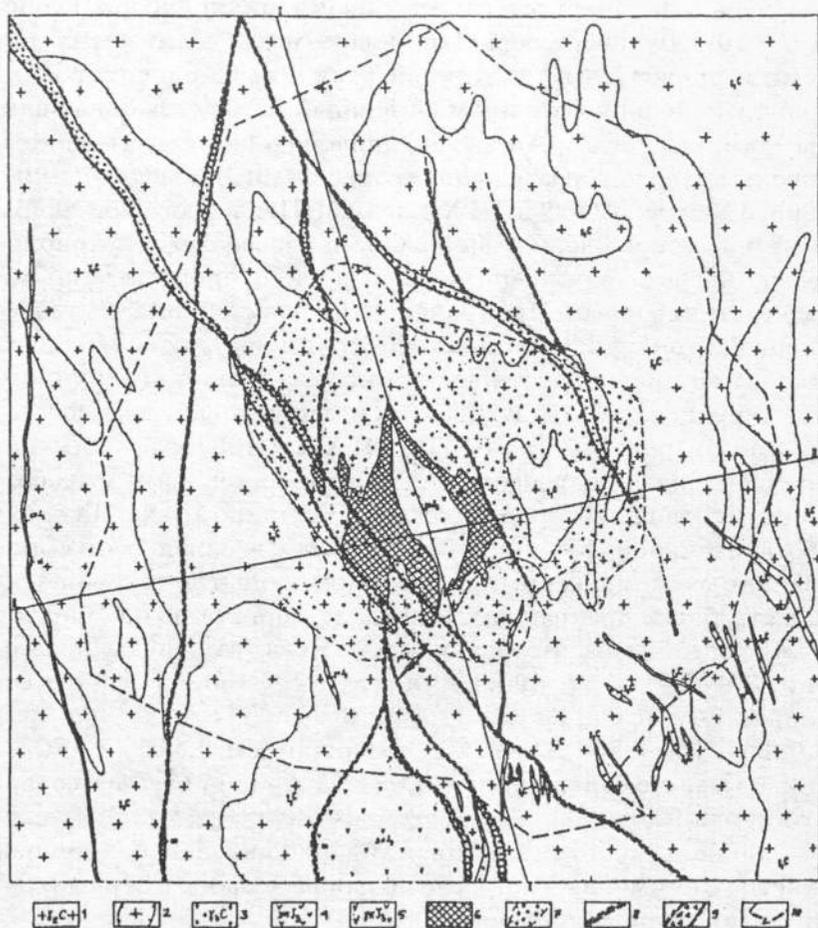


Рис. 8.9. Схематическая геологическая карта Бугдаинского золото-молибденового месторождения (по А.К. Сахнову)

1-3 - ундинский интрузивный комплекс: биотит-роговообманковые порфировидные граниты (1), гидротермально измененные граниты (2), аплиты (3); 4-5 - шахтаминский интрузивный комплекс: кварцевые порфиры (4) и гранит-порфиры (5); 6 - вторичные кварциты; 7 - дорудное окварцевание; 8 - тектонические нарушения; 9 - зоны дробления и брекчирования; 10 - контур промышленных руд.



Прогнозные ресурсы при среднем содержании молибдена 0,1 % оценены в 100 тыс. тонн.

Прогнозные ресурсы молибдена в Читинской области достаточно велики, есть предпосылки для открытия еще 4-х крупных месторождений.

В Республике Бурятия месторождения молибдена также широко распространены. Крупные запасы молибденовых руд были связаны с Джидинским рудным полем, в пределах которого на протяжении 1938–1973 гг. отрабатывалось собственно молибденовое Первомайское штокерковое месторождение (Mo – 0,10–0,15%). Здесь же разведано крупное Мало-Ойногорское месторождение, руды которого содержат наряду с молибденом (среднее – 0,054%) также и вольфрам (среднее 0,040%). Не отрабатывается. В северной части Бурятии находится еще одно – Орекитканское месторождение молибдена.

В целом в Забайкалье сосредоточены очень крупные запасы и ресурсы молибденовых руд, обеспечивающих потребности страны на значительную перспективу.

#### **8.3.4. Вольфрам.**

##### **8.3.4.1. Свойства.**

Вольфрам (W, VI, 74) представляет собою металл, серебристо-белый, относительно мягкий, проявляет амфотерные свойства, лито- и сидерофильный, наиболее устойчивые валентности  $4^+$  и  $6^+$ .

Плотность – 19300 кг/м<sup>3</sup>; твердость по Бринеллю – 2570 МПа; температура плавления  $3407 \pm 20^\circ \text{C}$  (одно из самых тугоплавких веществ), кипения – 5657; теплопроводность – 174 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление  $5,65 \cdot 10^{-8}$  Ом·м; удельная магнитная восприимчивость  $4,0 \cdot 10^{-9}$  м<sup>3</sup>/кг; температурный коэффициент линейного расширения  $4,59 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>.

Вольфрам – токсичный элемент (I–IV классы опасности). ПДК<sub>р.с.</sub> сульфидов, карбидов W – 6,0 мг/м<sup>3</sup>, WO<sub>3</sub> – 0,5, ПДК<sub>м.р.</sub> WO<sub>3</sub> – 5,0, ПДК<sub>с.с.</sub> WO<sub>3</sub> – 0,15 мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>в.</sub> сульфидов, карбидов W – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК<sub>в.р.</sub> W<sup>6+</sup> – 0,0008.

### **8.3.4.2. Распространенность и запасы.**

Кларк вольфрама земной коры 1,3 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,1, основных – 1,0, средних – 1,0, кислых – 1,5, осадочных (глинах и сланцах) – 2,0. Естественное содержание в почвах 0,5–1,2 г/т.

Мировые общие запасы вольфрама (без России) – 7 млн. т, подтвержденные – около 4; годовое производство составляет 18–20 тыс. тонн. Наиболее крупные производители – Китай, Россия, Казахстан, Корея, Австрия. В России производство вольфрама составляет 3,5 тыс. т в год.

### **8.3.4.3. Области использования.**

Структура потребления (%): в виде легированной стали и сплавов в производстве машин и оборудования для металлообрабатывающей, горнодобывающей и строительной промышленности – 68; для изготовления ламп и светильников – 12; электронная промышленность и транспорт – 12; химическая промышленность – 5; в других областях – 3.

### **8.3.4.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно более 20-ти минералов вольфрама. Но промышленное значение имеют лишь минералы изоморфного ряда вольфрамита ( $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , 74 – 76%  $\text{WO}_3$ ), шеелит ( $\text{CaWO}_4$ , 80%  $\text{WO}_3$ ), его разновидность молибдошеелит ( $\text{Ca}[\text{WO}_4, \text{MoO}_4]$ , 64 – 79%  $\text{WO}_3$ ) и тунгстенит ( $\text{WS}_2$ ). Вольфрамовые руды в количестве 0,01 – 0,1 % содержат Mo, Sn, Be, Cu, Bi, иногда – Ta, Nb, Sc, Hg, Ag, Au, As, S (в сульфидах), Sb, TR. Большинство из них попутно извлекается при обогащении вольфрамовых руд либо в виде собственных минералов (Mo, Sn, Be, Cu, Bi, Hg, Au, As, S, Sb), либо в виде примеси в вольфрамите (Ta, Nb, Sc, Y), в сульфидах (Ag, Au, As, S), шеелите (Mo, TR). В последние годы промышленное значение приобрел киноварь-тунгстенитовый тип руд. В Забайкалье распространены два первых типа, а также связанные с ними россыпи.

По запасам  $WO_3$  (тыс. т) месторождения вольфрама подразделяют на уникальные – более 250, крупные – 250–100, средние – 100–30 и мелкие – 30–15.

При поисках месторождений вольфрама очень эффективны шлиховой и геохимический методы, а также модификации каротажа буровых скважин.

Промышленные руды – вольфрамитовые, шеелитовые, вольфрамит-шеелитовые, касситерит-вольфрамитовые, молибденит-вольфрамитовые, молибденит-шеелитовые, шеелит-сульфидные (полиметаллические), киноварь-тунгстенитовые. По содержанию  $WO_3$  (%) руды подразделяют на богатые – 2,5–1, средние – 1–0,3, бедные – 0,3–0,15.

#### **8.3.4.5. Способы добычи и переработки руд.**

Месторождения вольфрама обрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами. Подготовку руд к переделу производят с применением предварительного обогащения в тяжелых средах, гравитацией, магнитной сепарацией и комбинированных схем глубокого обогащения (гравитация, флотация). При этом широко используются концентрационные столы. Извлечение  $WO_3$  из руд различных типов составляет 50–75% при содержании его в концентрате 55–67%. К вредным примесям в концентрате относят  $MnO$ ,  $SiO_2$ , P, S, As, Sn, Cu, Mo, CaO, Pb, Sb, Bi. При обогащении руд комплексного состава попутно получают молибденовый, оловянный и висмутовый концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 15–85%.

Вольфрамовые концентраты перерабатывают электрометаллургическим способом, спеканием, автоклавированием. Товарные продукты – ферровольфрам, вольфрамовый ангидрид, вольфрам металлический – содержат вольфрама (%), соответственно: 50–85; 99,95–99,99 и более. Сопутствующие элементы (золото, серебро, цинк), содержащиеся в концентратах, переходят в пыли, кеки, из которых их извлекают гидро- и электрометаллургическими способами.

Вредные примеси в ферровольфраме – марганец, медь, фосфор, сера, углерод, кремний, мышьяк, олово, молибден, литий, сурьма, висмут, свинец.

### **8.3.4.5. Месторождения вольфрама в Забайкалье.**

Основные месторождения и рудопроявления вольфрама приурочены к редкометалльно-молибденово-вольфрамовому и оловянно-вольфрамово-редкометалльному поясам (см. рис. 7.1, 7.2.). Число их очень велико, они распространены преимущественно на юге региона и тяготеют к Монголо-Охотскому поясу. Редко они отмечаются и на севере.

По условиям образования месторождения вольфрама подразделяются на эндогенные и экзогенные. Среди эндогенных в Забайкалье известны грейзеновые (Спокойнинское, Бом-Горхонское, Белухинское, Букуинское, Шумиловское, Дедовогорское и др.), гидротермальные (Барун-Шивейское, Новоивановское, Новоказачинское и др.), скарновые (Малый Медный Чайник, Восточный и др.). На основе анализа минерального состава вольфрамовых руд они подразделены на три формации. Две из них характеризуют месторождения вольфрама, в которых вольфрам связан преимущественно с вольфрамитом. По соотношению ферберитовой и гюбнеритовой молекул и содержанию в них примесей Та и Nb традиционно все месторождения вольфрамита подразделяются на две формации (грейзеновую вольфрамовую и антимонит-киноварь-кварцево-ферберитовую), а в зависимости от связи оруденения с литий-фтористыми (кукульбейскими в Забайкалье и их аналогами в других регионах) или обычными (шахтаминскими, гуджирскими в Забайкалье и их аналогами в других регионах) гранитами все месторождения грейзеновой формации подразделены на две подформации: редкометалльно-олово-вольфрамовую и сульфидно-молибден-вольфрамовую. В первой выделяют ферберит-касситерит-топаз-бериллово-кварцевый (Шерловогорское), малосульфидный-вольфрамит-мусковитово-кварцевый (Комсомольское, Студенческое, Дедовогорское и др.), вольфрамит-касситерит-циннвальдитово-протолитионитово-кварцевый (Шумиловское и др.) и малосульфидный олово-касситерит-вольфрамит-бериллово-сидерофиллитовый (Спокойнинское) минеральные типы месторождений и, соответственно, развитых в них типов руд; во второй —

молибденит-вольфрамитово-кварцевый (Букукинское и др.), сульфидный молибденит-гюбнеритово-кварцевый и сульфид-гюбнеритово-кварцевый (Бом-Горхонское, Холтосонское) минеральные типы месторождений и руд. Вольфрамовые руды грейзеновых месторождений представляют собою кварцевые жилы, штокверки и околожильноизмененные горные породы, содержащие вольфрамит, касситерит, шеелит, нередко молибденит, висмутин и другие сульфиды, а также берилл и флюорит. Содержание  $WO_3$  в жилах — 0,5–1,5%, редко — 3–5%, в штокверках — 0,1–0,3%. Кроме того, промышленными рудами нередко становятся кварцево-мусковитовые так называемые прикровлевые грейзены с вольфрамитом, иногда с касситеритом, содержащие 0,3–0,4%  $WO_3$ . Типичными примерами таких месторождений в Забайкалье являются Спокойнинское и Шумиловское. Шеелитовые вольфрамовые руды в Забайкалье представлены тремя минеральными типами: кварцево-шеелитовыми (Пешковское), магнетит-гранат-пироксен-шеелитовыми (Малый Медный Чайник и Восточный в Быстринском рудном поле и др.) и кварц-эпидот-амфибол-шеелитовыми (Таловское и др. в амфиболитах). Содержание  $WO_3$  в шеелитовых рудах находится в пределах 0,1–0,8%, редко — 1–3%. Кроме того, шеелит образует скопления в месторождениях золота золото-кварцевой (Казаковское и др.) и молибден-порфировой (Бугдаинское) и других формаций. Экзогенные вольфрамовые руды, как правило, относятся к комплексным вольфрамит-касситеритовым и золото-шеелитовым и связаны с россыпями (соответственно, Спокойнинская, Ары-Булакская, Алдаканская и др. и Пешковская).

подавляющее количество рудных объектов связано с грейзеновой кварцево-касситеритово-вольфрамитовой формацией. Представлена она преимущественно кварцево-рудными жилами, реже штокверками, пространственно и генетически связанными с гранитоидами позднеюрского возраста. Наиболее характерно размещение рудных жил в эндоконтактовой и ближайшей экзоконтактовой зонах гранитных куполов. Важной геохимической особенностью является

присутствие в вольфрамитовых месторождениях повышенного количества тантала и ниобия, часто наблюдается пространственная близость рудных полей вольфрамитовых и танталовых месторождений (Орловско-Спокойнинский, Этыкинский и другие рудные узлы).

**Спокойнинское месторождение** является типичным представителем малосульфидного касситерит-вольфрамит-берилл-сидерофиллитового типа грейзеновой вольфрамовой формации. Оно находится на территории Агинского Бурятского автономного округа и расположено в 25 км от села Агинское и в 40 км от ст. Могойтуй в окрестностях пос. Орловский. Открыто в 1939 году Ф.С. Коцких и Т.Н. Бавловской. С 16.04.1940 г. велась разведка с одновременной отработкой карьером. Приурочено к центральной части Агинского рифейско-палеозойского песчанико-сланцевого поля и связано со Спокойнинским куполом Хангилайского гранитного плутона верхнеюрского возраста кукульбейского интрузивного комплекса (рис. 8.11). Берилл связан с альбитизированными, вольфрамит – с грейзенизированными гранитами (и залегающими в них жилами). Плащеобразная рудная залежь занимает площадь 0,6 км<sup>2</sup> и в верхней части параллельна восточному контакту гранитов с вмещающими протерозойскими метаморфизованными песчаниками и сланцами. Прослеживается в меридиональном направлении до 650 м (в среднем 448 м), в широтном – до 320 м (в среднем 216 м) и вдоль восточного контакта по падению с постепенным выклиниванием на 240–320 метров. В рудной залежи наблюдается концентрическое увеличение  $WO_3$  от периферии и флангов рудной залежи к ее центру. Выделено пять генераций вольфрамитов и столько же сортов руд. Запасы  $WO_3$  33,59 тыс. т с содержанием  $WO_3$  0,232% и извлечением – 61,24%. Первоначально обрабатывалось на Sn. Руды содержат попутный Be. Обрабатывается карьером Орловского ГОКа производительностью 2000 т/сут.

Представителем кварц-касситерит-вольфрамитового минерального типа грейзеновой вольфрамовой формации является **Шумиловское олово-вольфрамовое месторождение**.

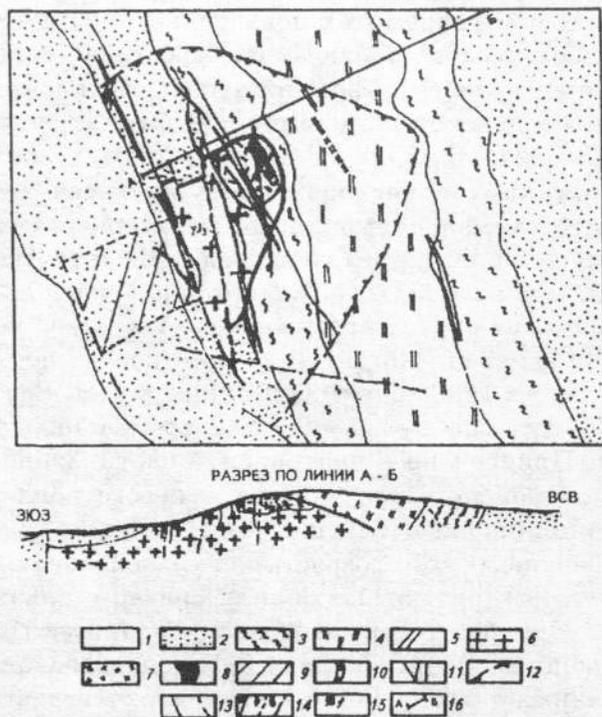


Рис. 8.11. Геологическая карта Спокойнинского вольфрамитового месторождения (составители: И.Я. Смольский, В.А. Орлов, В.В. Аристов, И.И. Четырбоцкая)

1 – четвертичные отложения; 2 – серицито-кварцевые сланцы с линзами полимиктовых песчаников; 3 – кварцево-биотитовые сланцы с прослоями и линзами глинистых сланцев и песчаников; 4 – серицито-кварцевые сланцы с прослоями и линзами металевролитов, углисто-хлоритовых сланцев; 5 – дайки лампрофиров; 6 – граниты средне- и мелкозернистые мусковитовые грейзенизированные; 7 – грейзены кварц-мусковитовые; 8 – кварцевое ядро; 9 – граниты, предполагаемые под рыхлыми отложениями; 10 – дайки аплитов, пегматоидных гранитов; 11 – кварцевые жилы; 12 – контур распространения измененных пород; 13 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 14 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые, в – четвертичных отложений; 15 – элементы залегания; 16 – линии геологических разрезов.

Оно находится в Красночикийском районе. Представляет собой обширное поле оловоносных грейзенизированных гранитов и грейзенов, из которых большую часть занимают топазовые грейзены площадью 2,5 км<sup>2</sup>. Приурочено к апикальной купольной части массива гранитов Асакан-Шумиловского комплекса поздней юры. А.В. Кузнецовым в 1972 году в гранитах на глубине 70–120 м выявлено рудное тело вольфрамитовых грейзенов площадью 500 x 300 м и мощностью 100 метров. Среднее содержание WO<sub>3</sub> 0,28%. Главные рудные минералы – вольфрамит и касситерит. Запасы категории С<sub>2</sub> – 24,5 тыс. т WO<sub>3</sub>. По всем известным рудным грейзеновым телам подсчитаны запасы (тыс. т): Sn – 4,3, Вi – 3,6, Та – 0,4, Li – 35, Rb – 10. Имеются перспективы выявления новых вольфрамитсодержащих грейзенов в окрестностях месторождения на площади 30 км<sup>2</sup>.

Сульфидный гюбнеритово-кварцевый тип представлен **Бом-Горхонским** и **Муоклаканским** месторождениями. Для них характерно наличие пологозалегающих кварц-гюбнеритовых жил, образующих в совокупности жильную зону шириной 70–100 метров. Бом-Горхонское месторождение вольфрама расположено в Петровск-Забайкальском районе, в Цаган-Хуртейском хребте, в верховьях р. Бом-Горхон, правого притока р. Хилок. Открыто в 1960 году А.Ф. Скалкиным, В.И. Сизых. Разведано В.Э. Труповым, Н.А. Агеевым и В.В. Сун-Кин-Зяном. Вольфрамовая минерализация представлена протяженными кварц-гюбнерит-сульфидными жилами северо-восточного простирания с падением на юго-восток под углом 18–36° (рис. 8.12). Жилы локализованы в гранитах гуджирского комплекса. Мощность жил до 3,0 м при средней мощности 1,69 метра. Вольфрамовая минерализация прослежена скважинами до глубины 1480 метров. Протяженность по простиранию достигает 2000 м, по падению – 800 метров. Среднее содержание WO<sub>3</sub> – 0,9 (от следов до 3,0%). Вольфрамит представлен преимущественно гюбнеритом, образующим как кристаллы, ориентированные от контактов жил к их осям, так и беспорядочно расположенные гнездообразные скопления до 20–30 см в кварце.

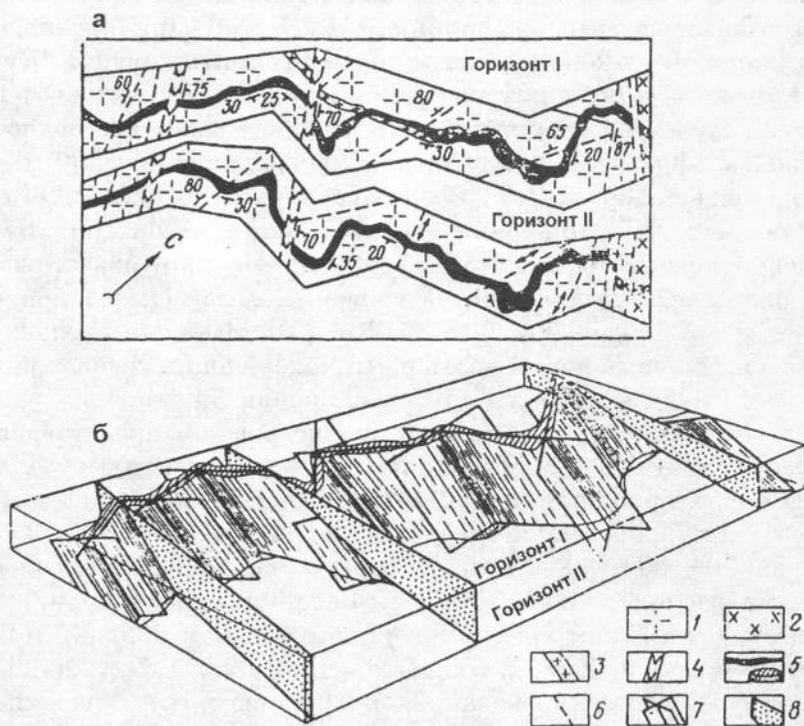


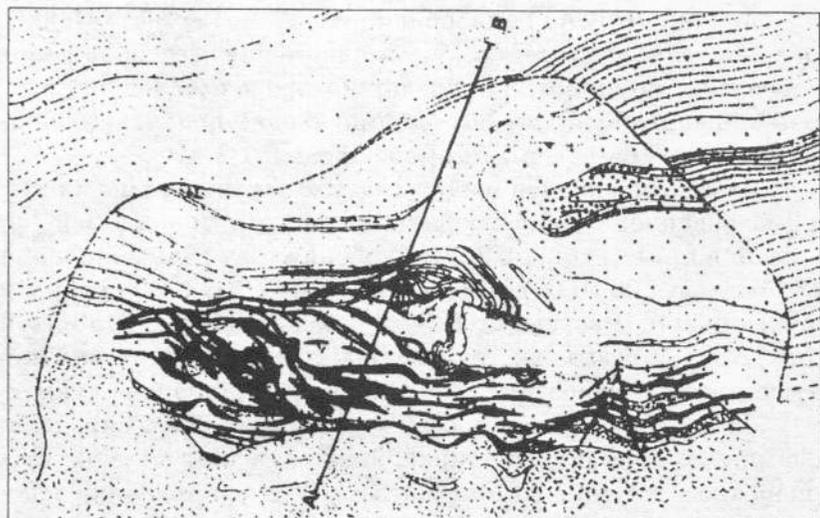
Рис. 8.12. Главная рудная жила месторождения Бом-Горхон (по Е. Полянскому и В. Старостину)

*а* – участок совмещенного погоризонтного плана; *б* – блок-схема соотношений основных структурных элементов месторождения; 1 – порфировидные граниты; 2 – граносиениты; 3 – аплиты; 4 – диоритовые порфиры; 5 – рудные тела; 6 – разрывные нарушения; 7 – плоскости рудовмещающих трещин; 8 – плоскости пострудных нарушений.

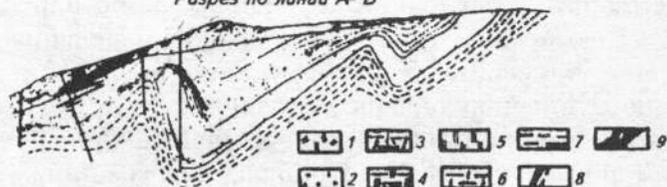
В ассоциации с ним находятся пирит, висмутин, молибденит, сфалерит, триплит и др. Среди них очень редкие – густавит, бисмито-плагионит, гладит и другие минералы висмута. Среднее по запасам. Отрабатывается.

По данным Б.А. Гайворонского и А.Д. Сергеева (2002), предварительно оцененное **Муоклаканское** месторождение относится к крупным, в пределах которого следует ожидать новый шеелитовый тип оруденения в зоне дробления мощностью 27 м при содержании вольфрама 0,7%.

**Барун-Шивеинское** месторождение ртути, сурьмы и вольфрама расположено на территории Могойтуйского района. Описание приводится по А.М. Гребенникову [Энциклопедия Забайкалья, 2003]. Открыто в 1951 году С.П. Смеловским и Т.С. Поповой. Разведано В.Э. Труповым (1952–1958 гг.). Приурочено к северо-восточному выступу Агинского жесткого массива, к северо-западному крылу антиклинальной складки, сложенной верхнепротерозойскими метаморфическими породами ононской и кулиндинской свит. Рудное поле имеет в поперечном сечении 20 километров. Вольфрамовое оруденение тяготеет к разрывным нарушениям субширотного и северо-восточного простирания. Рудовмещающие нарушения имеют кулисообразное строение, развиты оперяющие и соединяющие их трещины с вольфрамовым оруденением, образующие рудный штокверк с продуктивным оруденением в полосе шириной 300 метров. Жильные рудные тела в основном локализируются в крутопадающих трещинах скола (рис. 8.13). Протяженность их до 100 метров. Несколько таких тел залегают почти параллельно на расстоянии 2–5 м одно от другого (рис. 8.14). Выделяются чисто вольфрамитовые и антимонит-вольфрамитовые жилы. Рудные минералы представлены ферберитом, антимонитом ( $Sb_2S_3$ , 71,4% Sb), киноварью ( $HgS$ , 86,2% Hg). Главная масса промышленных рудных тел находится на участках брекчирования пород. Содержание Hg здесь достигает 0,2%. Участки брекчирования образуют несколько этажей до полного выкливания на глубине 120 метров. Среднее содержание  $WO_3$  – 0,82%. На средних и верхних горизонтах преобладают рудные



Разрез по линии А-В



**Рис. 8.13.** Схема геологического строения Барун-Шивейнского месторождения (по Э.В. Трупову)

1 – серицито-кварцевые и серицито-биотито-кварцевые микросланцы; 2 – биотито-сланцевые микросланцы; 3 – серицито-сланцевые микросланцы; 4 – биотито-кварцевые микросланцы; 5 – кварциты; 6 – биотито-кварцевые и серицито-кварцевые сланцы; 7 – слюдисто-кварцевые микросланцы; 8 – тектонические нарушения, прослеженные и предполагаемые; 9 – прожилково-вкрапленные ферберитовые руды.

брекчии с вольфрамитом, где содержание  $WO_3$  достигает десятков процентов. Содержание Sb в этих рудах не превышает сотых, а Hg – тысячных долей процента. Рудные тела сопровождаются рудами с тонкорассеянной дисперсной вкрапленностью вольфрамита с содержанием  $WO_3$  – 0,1%. Старателями в 1983–1990 гг. добыто 3 тыс. т  $WO_3$ . Общие запасы не превышают 5000 тонн.

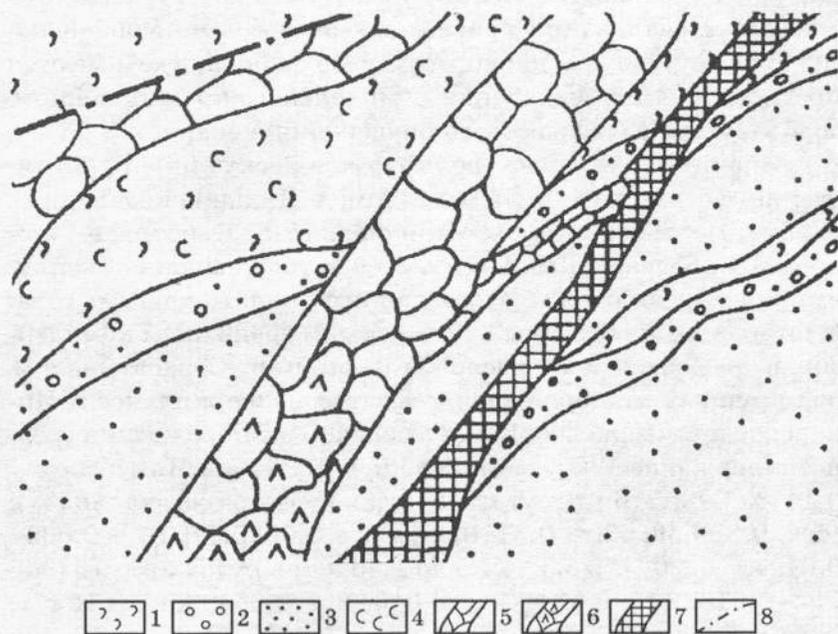


Рис. 8.14. Участок детализации рудных тел Барун-Шивинского месторождения (Месторождения Забайкалья, 1995)

1 – хлоритовые сланцы; 2 – кварциты; 3 – окварцованные породы; 4 – гидрослюдизированные сланцы; 5 – рудные брекчии с вольфрамитом; 6 – рудные брекчии с антимонитом и вольфрамитом; 7 – жильные рудные тела с вольфрамитом; 8 – зоны разрывных нарушений.

Утвержденные запасы вольфрама сосредоточены в рудах Спокойнинского и Бом-Горхонского месторождений, которые обрабатываются в настоящее время. Орловский ГОК обеспечен разведанными запасами более чем на 25 лет. Кроме того, значительные запасы вольфрама отмечаются в рудах Бугдаинского молибденового месторождения.

Всего по 19 месторождениям и перспективным рудопроявлениям в 6-ти рудных районах области учтены прогнозные ресурсы приблизительно в 300 тыс. т  $WO_3$ . В частности, перспективна реализация прогнозных ресурсов по Уронайскому рудному узлу Агинского рудного района, где имеются предпосылки для выявления комплексного промышленного золото-медно-вольфрамового оруденения в скарнах.

Значительны запасы вольфрама в Республике Бурятия, где они сосредоточены, в основном, в Джидинском рудном районе. Первые месторождения были открыты отрядом геолога М.В. Бесовой в 1932 году. В 1934 году начались эксплуатационные работы, продолжавшиеся вплоть до 1994 года. Месторождения связаны с гуджирским гранитным комплексом и относятся к грейзеновой формации. Отрабатывалось два крупных месторождения: Холтосонское жильное и Инкурское штокверковое. В Холтосонском месторождении среднее содержание  $WO_3$  составляло 0,4–1,1%, а в Инкурском – 0,147%. При этом попутные в рудах первого составляли (%): Pb – 0,3–0,56; Zn – 0,31–0,38; Cu – 0,09–0,17; Bi – 0,006–0,01; Ag – 2,0–175 г/т, Au – до 1,45 г/т; в рудах второго (%): Pb – 0,018; Zn – 0,074, Cu – 0,016; Bi – 0,004; Au – 0,12 г/т; Ag – 6,2 г/т.

Кроме этих двух обрабатывавшихся месторождений, в Джидинском рудном районе, на его юго-восточном фланге был спрогнозирован Гуджирский штокверк [Ходанович, Смирнова, 1991] со средним содержанием  $WO_3$  0,9–0,18%. Потенциал Джидинского рудного района достаточно велик.

В целом ресурсный потенциал вольфрамового сырья позволяет относить Забайкалье к одному из крупнейших его источников в РФ.

### 8.3.5. Олово.

#### 8.3.5.1. Свойства.

Олово (Sn, IV, 50) – металл, серебристо-белый, мягкий, пластичный; проявляет амфотерные свойства, лито- и халькофильный, валентности  $2^+$  и  $4^+$ . Встречается в двух полиморфных модификациях. Обычное белое  $\beta$ -олово при температуре ниже  $13,2^\circ\text{C}$  переходит в серое  $\alpha$ -олово в виде порошка.

Для белого олова плотность  $7310\text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю  $51\text{--}75\text{ МПа}$ ; температура плавления  $232^\circ\text{C}$ , кипения –  $2270$ ; теплопроводность  $65,8\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $11,0\cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость  $3,3\cdot 10^{-10}\text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $21,2\cdot 10^{-6}\text{ К}^{-1}$ .

#### 8.3.5.2. Распространенность и запасы.

Кларк олова земной коры  $2,5\text{ г/т}$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных –  $0,5$ , основных –  $1,5$  – кислых –  $3,0$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $10$ . Естественное содержание в почвах  $2,0\text{--}5,0\text{ г/т}$ .

Олово – токсичный элемент (III класс опасности). ПДК<sup>р.з</sup> олова и его соединений –  $2\text{ мг/м}^3$ , ПДК<sup>м.р</sup>  $\text{SnCl}_2$  –  $0,5$ , ПДК<sup>с.с</sup>  $\text{SnCl}_2$  –  $0,05\text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sup>в</sup> Sn –  $2\text{ мг/дм}^3$ .

Мировые общие запасы олова (без стран СНГ) – более 9 млн. тонн, подтвержденные – более 7; годовое производство составляет (без стран СНГ) около 200 тыс. тонн. Наиболее крупные производители – Китай, Индонезия, Малайзия, Таиланд, Бразилия, Боливия.

За рубежом ведущее место занимают оловоносные россыпи, в России – коренные месторождения.

#### 8.3.5.3. Области использования.

Структура потребления (%): белая жесть – 30; электронная и электротехническая промышленность – 31; производство сплавов – 12; химическая промышленность – 7; лужение металлов – 7; прочие отрасли – 13.

#### 8.3.5.4. Минеральный состав и типы руд.

Олово является основой более 90 минералов. Но промышленное значение имеют менее десяти. Промышленные оловянные руды преимущественно (85%) содержат касситерит ( $\text{SnO}_2$ , 79,4% Sn) и станнин ( $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ , 29,6% Cu, 22–28% Sn), станноидит ( $\text{Cu}_8\text{Fe}_3\text{Sn}_2\text{S}_{12}$ ). Кроме них, в окисленных рудах присутствует варламовит ( $\text{SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , 63–70% Sn), представляющий собой водосодержащий касситерит. В скарнах – малайит ( $\text{CaSnSi}_2\text{O}_5$ , 44,3% Sn или 56,5%  $\text{SnO}_2$ ) и оловосодержащие гранаты, пироксены, бораты и др. Современные схемы обогащения и переработки оловянных руд наряду с касситеритом позволяют извлекать из них станнин, франкеит ( $\text{Pb}_5\text{Sn}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$ ), норденшельдит ( $\text{CaSnB}_2\text{O}_5$ ), а также оловоносные силикаты. В оловянных рудах, образованных в близповерхностных условиях, наряду с явно кристаллическим касситеритом присутствует его коллоидная скрытокристаллическая разновидность – деревянистое олово, развитое, например, в рудах Шерловогорского месторождения. В них часто содержатся в повышенных количествах As, Sb, Ag, Zn. Оловянные руды обычно комплексные и содержат переменные концентрации Ag, As, Cd, Cu, In, Nb, Pb, Ta, W, Zn. По условиям образования оловянные руды подразделяются на эндогенные (коренные) и экзогенные (россыпные).

Промышленные типы месторождений – коренные: грейзеновый, апоскарновый грейзеновый, кварцевый, силикатный, сульфидный; россыпные: делювиально-склоновый, флювиальный, прибрежно-морской. Наибольшее значение имеют силикатный, кварцевый, грейзеновый, сульфидный, флювиальный и прибрежно-морской типы.

По запасам олова (тыс. т) коренные месторождения подразделяют на весьма крупные – более 100, крупные – 100–50, средние – 50–20 и мелкие – менее 20; россыпные – на весьма крупные – более 50, крупные – 50–15, средние – 15–5, мелкие – 5–1.

При поисках и разведке эффективно применяются рентгенорадиометрический метод для каротажа скважин, опробо-

вания горных выработок и керна, а также экспресс-анализа порошковых проб методом ядерной гамма-спектроскопии.

Промышленные руды – коренные: касситерит-бессульфидные и малосульфидные, касситерит-станнин-сульфидные, касситерит-станнин-сульфостаннатовые, окисленные касситерит-станнин-сульфостаннатовые, апоскарновые касситеритовые с минералами-концентраторами олова; россыпные: касситеритсодержащие пески и псефиты.

Коренные оловянные руды практически всегда комплексные. Кроме олова, они содержат медь, свинец, цинк, индий, серебро, вольфрам, висмут, скандий, иногда тантал и ниобий.

По содержанию олова (%) коренные руды подразделяют на богатые – 3–1, средние – 1–0,5, бедные – 0,5–0,3. Россыпные руды по содержанию глины (%) в песках подразделяют на легкопромывистые – менее 10, промывистые – 10–15, труднопромывистые – 15–30, мясниковатые – более 30. Средние содержания олова в песках 480–820 г/м<sup>3</sup>.

#### **8.3.5.5. Добыча и переработка руд.**

Россыпные месторождения разрабатываются открытым, коренные – подземным и открытым способами.

Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением предварительного тяжелосреднего или радиометрического обогащения и глубокой переработки по комбинированным технологиям (гравитация, флотация, магнитная и электрическая сепарация, обжиг).

Извлечение олова из руд различных типов составляет 25–96% при содержании его в концентрате разных сортов 5–60%. К вредным примесям в концентрате относят Pb, As, S, Cu, Zn, Fe, WO<sub>3</sub>. При обогащении руд комплексного состава попутно получают вольфрамовые, свинцовые, флюоритовые концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 8–20%.

Перерабатывают оловянные концентраты обжигом и выщелачиванием, восстановительной плавкой, фьюмингованием и рафинированием. Товарный продукт содержит олова

96,35–99,999%. Сопутствующие элементы в концентратах (индий, серебро, висмут) переходят в черновую медь и пыли. При рафинировании черновой меди их извлекают гидрометаллургическим способом.

Вредные примеси в олове – Pb, As, S, Cu, Zn, Fe, WO<sub>3</sub>, Bi, Sb.

#### **8.3.5.6. Месторождения олова в Забайкалье.**

Оловянные руды Забайкалья характеризуются целым рядом особенностей. На территории области имеются собственно оловянные месторождения и комплексные (в ассоциации с вольфрамом, свинцом, цинком и другими элементами), которые приурочены, в основном, к оловянно-вольфрамово-редкометалльному поясу.

По рудно-формационному признаку среди месторождений оловянных руд в Забайкалье выделяют оловоносные редкометалльные пегматиты (Мало-Кулиндинское, Завитинское месторождения), касситерит-кварцевую (Оловянинское, Баджираевское, Очуногда, Ветвистый, Букукунское и др.), касситерит-силикатную (Ушмунское, Будюмканское, Тарбальджейское, Гранитовое, Лево-Ингодинское и др.) и сульфидно-касситеритовую, в промышленном отношении наиболее важную (Хапчерангинское, Шерловогорское, в частности Сопка Большая, Восточная аномалия; Курултейское) и другие рудные формации. Кроме того, в Забайкалье известны оловянные руды скарнового генетического типа, развитые в Богдатско-Аркиинском рудном районе (Богдатское, Орочинское, Аркиинское и другие месторождения). В 1990-х годах открыт также и комплексный тип олово-серебряных руд (Безымянное месторождение). Среди эндогенных оловянных руд по минеральному составу, технологическим свойствам и промышленной значимости в Забайкалье выделяют промышленные типы: касситерит-грейзеновый, касситерит-кварцевый, касситерит-скарновый, касситерит-силикатный, касситерит-сульфидный. Руды касситерит-кварцевого грейзенового и пегматитового типов состоят, в основном, из кварца, мусковита, полевого шпата, а также топаза, флюорита и касситерита,

реже вольфрамита, редких сульфидов (Шумиловское, Молодежное, верхние части Спокойнинского, Этыкинского и других, грейзеновая часть Шерловогорского и других месторождений). Руды обычно массивные, содержащие Sn до 0,3–0,5%, легкообогатимые, извлечение Sn 75–80%. Руды касситерит-силикатные сложены обычно турмалином, хлоритом, кварцем, касситеритом, содержат сульфиды железа, меди, свинца и флюорит. Они обычно вкрапленные, полосчатые, брекчиевидные, среднезернистые, содержат от 0,3 до 1–2% Sn. Легкообогатимые, извлечение до 75–80%. Для Забайкалья наиболее характерны руды, переходные от касситерит-силикатных к многосульфидным. Они типичны для Хапчалангинского и собственно олово-полиметаллических месторождений Шерловогорского рудного узла (Сопка Большая, Восточная аномалия). Среди них выделяют касситеритово-турмалиново-сульфидный, касситеритово-хлоритово-сульфидный, касситеритово-флюоритово-турмалиновый, касситеритово-турмалиново-висмутовый и касситеритово-сульфидный с галенитом и сфалеритом минеральные типы.

К первому типу относится самое крупное Шерловогорское олово-полиметаллическое месторождение. Оно находится в непосредственной близости от пос. Шерловая Гора. Месторождение комплексное. Представлено олово-вольфрамовоносными россыпями и олово-полиметаллическими коренными рудами. Открытие оловоносных россыпей в пределах Шерловогорского рудного узла связано с предположением, высказанным П.П. Сущинским в 1917 году. В 1928 году А.К. Болдыревым и Я.А. Луи изучались висмутово-олово-вольфрамовые россыпи и было доказано их промышленное значение. Олово-полиметаллическое оруденение открыто в 1930 году Н.В. Иониным при проверке геохимической аномалии. Это был один из первых удачных примеров использования геохимического метода поисков рудных месторождений. На протяжении полувека почти все олово добывалось из россыпей Шерловогорским ГОКом. В 1927–1928 гг. он был реконструирован, добыча механизирована, извлечение касситерита, вольфрамита и бисмутита проводилось гравитационными

методами. Наибольший объем добычи олова из россыпей приходится на 1940–1944 годы.

Месторождение приурочено к трубке взрыва, расположенной в западной части тела кварцевых порфиров, являющихся субвулканической фацией Шерловогорского гранитного массива кукульбейского комплекса (рис. 8.15–8.16). Особенностью оловополиметаллических руд месторождения является их сложный минеральный состав с существенной степенью окисленности (65% частично окисленных и 35% неокисленных). Среди неокисленных руд (нижние горизонты месторождения) развиты оловянно-полиметаллические и полиметаллические разновидности.

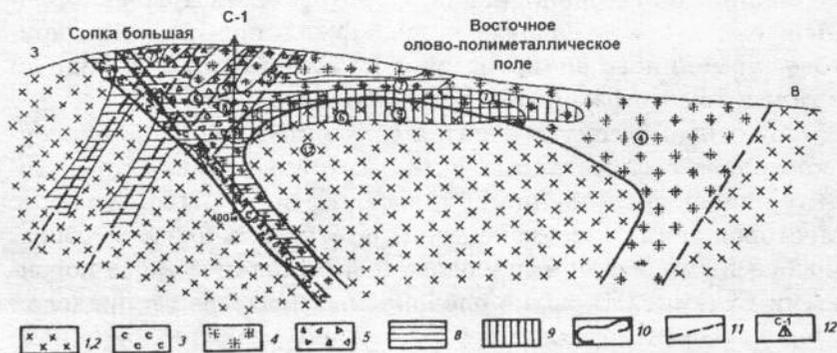


Рис. 8.15. Обобщенный геологический разрез Шерловогорского оловорудного месторождения (по Б.А. Гайворонскому)

1, 2 – диориты, габбро-диориты, диоритовые порфириты, плагιοграниты; 3 – серпентиниты; 4 – онгониты (гранит-порфиры, кварцевые порфиры); 5 – брекчии гранит-порфиров, кварцевых порфиров; минеральные типы руд: 8 – турмалин-сульфидный, 9 – сульфидный; 10 – граница пород; 11 – тектонические нарушения; 12 – буровая скважина.

Основные рудные минералы представлены касситеритом, гидрооксидами железа, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом, пирротином, халькопиритом, пиритом, нерудные – кварцем, турмалином, полевыми шпатами, серицитом, хлоритом и др. Олово находится в форме касситерита, станнина и окисленных колломорфных соединений, в частности, в варламовите, свинец – в форме англезита, церуссита, галенита и плюмбоярозита. Руды тонковкрапленные. Размеры зерен касситерита, ассоциирующего с кварцем, турмалином и гидроксидами железа, (0,02–0,1 мм). Касситерит сильно ожелезен и трещиноват. В грейзенах основные продуктивные комплексы аналогичны классическим бериллоносным мусковитово-топазово-кварцевым грейzenам. Здесь касситерит ассоциирует с кварцем, полевыми шпатами, топазом, бериллом, ферберитом, висмутином, а в местах наложения полиметаллической ассоциации с галенитом, сфалеритом, арсенопиритом, пирротином, халькопиритом, пиритом и продуктами их гипергенных изменений.

Среднее содержание Sn 0,11–0,14%. Руды комплексные, содержат также промышленные концентрации Ag, Pb, Zn, In, Tl. Извлечение с использованием технологии, включающей гравитационные и флотационные методы обогащения, составляло от 37 до 50%. Для улучшения извлечения Sn и сопутствующих компонентов из руд Шерловгородского месторождения в 1979 г. ЗабНИИ была разработана комплексная технология, включавшая получение коллективного флотационного олово-свинцового продукта с последующей хлоридовозгонкой. Последняя позволила получить товарный концентрат со сквозным извлечением 68,11%, Pb 80,98%, Ag 63,34%.

Касситеритово-хлоритово-сульфидный тип оловянных руд был развит на Хапчерангинском месторождении. Оно находится в окрестностях пос. Хапчеранга Кыринского района. Открыто в 1927 году С.С. Смирновым. Приурочено к Тыринской зоне разлома северо-западного простирания. Локализовано в песчанико-сланцевой толще пермского возраста, прорванной хапчерангинским гранитовым штоком.

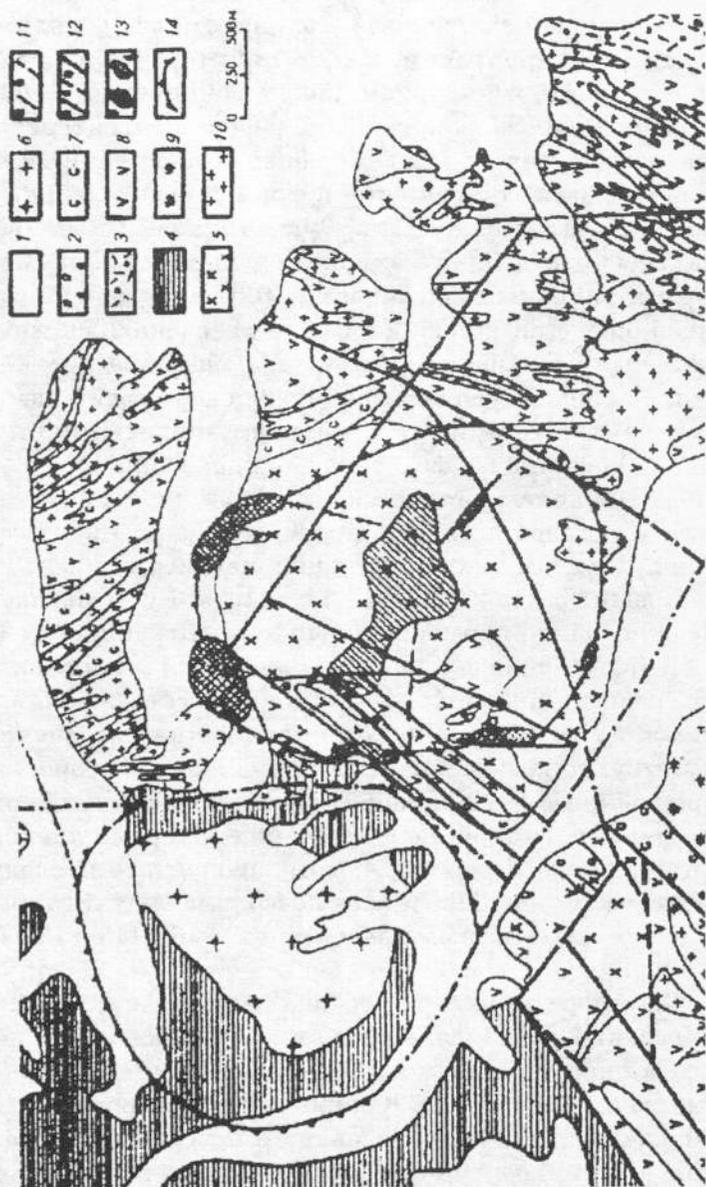


Рис. 8.16. Геолого-структурная схема Шерловогорского рудного поля (с использованием материалов В.А. Гуцина и Н.А. Аргамоновой)

1 – четвертичная система: аллювиально-пролювиальные отложения (пески, супеси, суглинки, глины, галечники, щебень); 2 – меловая система, нижний отдел, тургинская свита (конгломераты, песчаники, алевролиты); 3 – юрская система, верхний отдел (андезиты с прослоями конгломератов и песчаников); 4 – каменноугольная система, нижний отдел (песчаники разнозернистые, алевролиты, сланцы, конгломераты, туфы, туфоконогломераты; лавы дацитов, лаварито-дацитов, редко андезито-дацитов); 5 – раннемеловые (?) интрузии (граниты-порфиры, эксплозивные брекции); 6 – граниты кукульбейского комплекса (граниты порфировидные крупнозернистые, гранит-порфиры); триасовые интрузии: 7 – серпентиниты; 8 – диориты, габбро-диориты, диоритовые порфиры; 9 – пермские интрузии (гранодиорит-порфиры, дацитовые порфиры); 10 – раннекаменноугольные интрузии (граниты, плагиогранит); 11 – стратиграфические и интрузивные контакты пород; а – достоверные, б – предполагаемые; 12 – линейные разрывные нарушения; а – достоверные, б – предполагаемые, в – под чехлом рыхлых отложений; 13 – аэромагнитные аномалии: а – локальные экстремальные значения магнитного поля, б – локальные отрицательные значения магнитного поля; 14 – кольцевые структуры.

Известно несколько десятков олово-полиметаллических жил (Западная, Южная, Центральная, Террасовая, Восточная, Спектральная, Тыринская, Грейзеновая и др.). Простираение северо-западное. Протяженность жил до 1100 м, мощность 1,5–2,0 м (рис. 8.17). Вертикальный размах оруденения – до 500 метров. Две группы жил – оловорудные и свинцово-цинковые. Главные минералы руд: галенит, сфалерит, пирротин, арсенопирит, касситерит. До 1950-х годов было одним из важнейших оловорудных месторождений в стране. Начало разработки – 1934 год. Отработано, но есть перспективы открытий новых рудных тел и возможность использования Тарбальджейского гранитового и других месторождений в рудном районе.

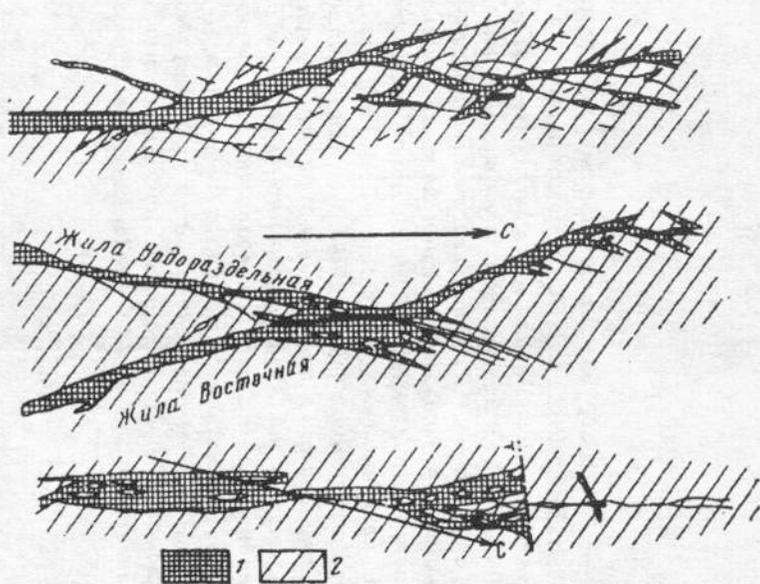


Рис. 8.17. Морфологические особенности жил Хапчегангинского олово-полиметаллического месторождения (по Н.Д. Суровцеву и Ж.В. Рудаковой, 1973)

1 – рудные тела; 2 – вмещающие горные породы.

Месторождения кварцево-касситеритовой, грейзеновой и пегматитовой формаций служили источником образования элювиальных, делювиальных и аллювиальных оловоносных россыпей. Олово в них связано исключительно с касситеритом, находящимся в виде различно окатанных кристаллов и их обломков в песках и песчано-глинистых толщах. Наряду с касситеритом в россыпях нередко присутствует вольфрамит. Извлечение Sn обычно достигает 90–95%. Среди россыпных месторождений Sn наибольшее значение имели Шерловогорская, Спокойнинская, Ононская, Ары-Булакская, Былыринская (прииск Надежный) и другие россыпи. Оловоносные россыпи сопровождают крупные поля редкометалльных пегматитов, например: Завитинское, Мало-Кулиндинское, Еловское и др.

Кварцево-касситеритовая формация объединяет широко распространенные в Забайкалье собственно оловянные месторождения более простого состава. Несмотря на широкое развитие, практическое значение ее невелико. С ней связаны мелкие месторождения, глубина распространения оловянного оруденения которых 100–200 метров. С этими месторождениями связано формирование многих россыпей касситерита с небольшими запасами. Рудные тела локализируются в гранитных куполах позднеюрского возраста и в их экзоконтактах среди песчаниково-сланцевых, иногда терригенно-карбонатных отложений различного возраста.

По минеральному составу выделяются два типа: полевошпатовый и кварцевый. Наиболее распространен кварцевый тип (Ононское рис. 8.18), Баджираевское месторождения). Это многочисленные жильные тела мощностью 0,2–0,5 м и протяженностью по простиранию 300–500 м и падению 100–200 метров. Среднее содержание олова в таких жилах 0,2–0,3%.

На площади Богдатско-Аркиинского рудного района известны скарновые оловорудные месторождения (Богдатское, Орочинское, Аркиинское и др.), которые сформировались на контакте позднеюрских гранитоидов и карбонатно-терригенных пород венда-кембрия. Оловянное оруденение

отмечается также в Будюмкано-Култуминском рудном районе (месторождения Будюмканское, Лугоканское и др.).

Основной сырьевой базой оловянной промышленности области до недавнего времени было Шерловогорское месторождение, но в 1994 году работы на нем были остановлены. Наращивание промышленных запасов олова и возрождение оловянной промышленности возможно за счет доизучения перспективных рудопроявлений в Хапчерангинском и Богдатско-Аркиинском рудных районах.

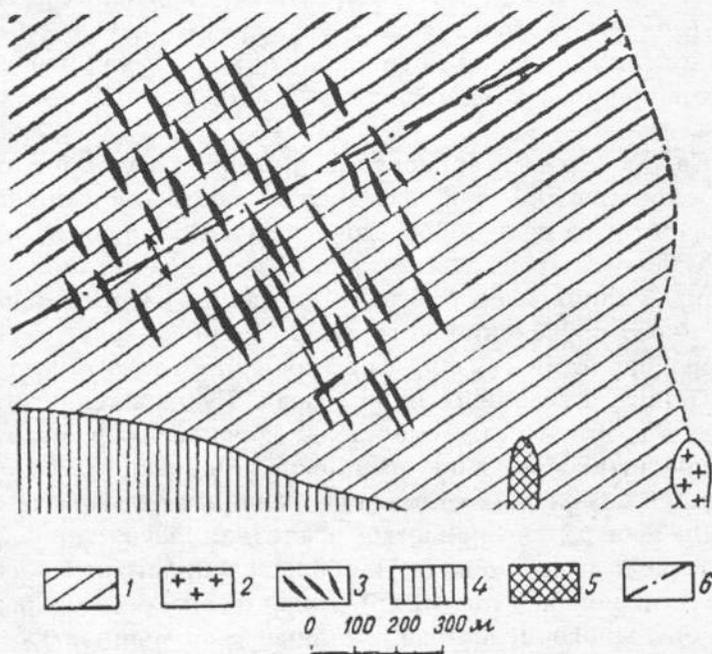


Рис. 8.18. Кварц-касситеритовые жилы месторождения Ононское, приуроченные к трещинам отрыва, ориентированным поперек простирания осей антиклинали (схематический план). По В. Косову и Н. Остроменцкому

1 – юрские углистые сланцы; 2 – граниты; 3 – кварц-касситеритовые жилы; 4 – палеозойские метаморфические сланцы; 5 – гранит-аплиты; 6 – направление простирания оси антиклинали.

В Хапчерангинском рудном районе известно **Безымянное** олово-серебряное рудопоявление, которое при его доразведке может перейти в ранг рентабельного месторождения. Находится оно в 35 км юго-восточнее с. Акша, приурочено к кольцевой тектонической структуре среди песчаников и алевролитов нижнего триаса, которые прорываются дайками риолитов, кварцевых порфиров, фельзитов поздней юры. Часть кольцевой структуры расположена на территории Монголии. По А.М. Гребенникову (1999 г.), оруденение связано с зонами окварцевания, каолинизации и сульфидизации. Рудные тела крутопадающие, длина их от 200 до 1500 метров при мощности от 0,3 до 7 метров. Руды сульфосольно-сульфидного типа. Запасы олова категории С<sub>2</sub> равны 2,5 тыс. т, при среднем содержании олова 0,29% и серебра 91,3 г/т. Запасы серебра – 95,4 тонны. Кроме того, на глубоких горизонтах одной скважиной подсечено рудное тело мощностью 5 м с содержанием олова 0,7% и серебра 7,3 г/т. Лабораторными и технологическими испытаниями получены оловянные концентраты марок КОЗ-1 и КОЗ-2. Общее извлечение олова в эти концентраты – 67,7%. Извлечение серебра в серебряно-сульфидные концентраты и оловянные марочные 36,4%. Прогнозные ресурсы Безымянного рудопоявления оцениваются в десятки тысяч тонн [Энциклопедия Забайкалья, 2003].

В том же Хапчерангинском рудном районе находится еще одно, **Харатуйское**, месторождение олово-полиметаллических руд (описание приводится по А.Д. Сергееву, 2003 г.). Оно расположено в приустьевой части р. Тарбальджей, в 15 км восточнее от пос. Хапчеранга (бывший ГОК). Открыто в 1941–1944 гг. Поисково-разведочные работы (1957 г.) – редкие скважины до глубины 100 м (частично до 400 м), штольни. Локализовано в Хапчерангинском рудном узле и связано с одноименной вулcano-плутонической структурой центрального типа. Представлено серией жилообразных минерализованных зон в кварцевых порфирах овального по форме выхода на поверхность нека интрузивных пород площадью 0,6 км<sup>2</sup> и во вмещающих интрузив песчаниках. В составе рудных тел –

хлорит, кварц, флюорит, слюды, касситерит, арсенопирит, сфалерит, пирротин, пирит, марказит, халькопирит, галенит, станнин, энаргит и др. Среднее содержание в рудных телах (в %): Sn – 0,2–0,49, до 0,65, Zn – 1–3, Pb – 0,2, As – 0,7–0,3. Рудные тела прослежены до глубины 100 метров. Частично обрабатывалось на олово до 1949 года. Законсервировано. Вероятно открытие и оконтуривание на глубоких горизонтах богатых промышленных руд боливийского и хинганского типов.

Значительный интерес могут представлять богатые руды месторождения Моховое в Республике Бурятия.

Суммарные прогнозные ресурсы рудного олова в южной части Читинской области оцениваются в сто тысяч тонн. Требуется геолого-экономическая переоценка оловорудных объектов, так как они расположены в экономически освоенных районах и могут явиться резервом оловорудной промышленности России.

### **8.3.6. Свинец и цинк.**

Свинцово-цинковые или полиметаллические руды чрезвычайно широко развиты в Забайкалье. Их месторождения на территории Читинской области, как известно из исторического обзора, имели решающее значение для развития горной промышленности России. Поскольку эти два металла в силу геохимических особенностей поведения в минералогенетических процессах образуют комплексные месторождения, руды их рассматриваются вместе.

#### **8.3.6.1. Свинец.**

##### **8.3.6.1.1. Свойства.**

Свинец (Pb, IV, 82), металл, тускло-серый, мягкий, ковкий, пластичный; проявляет основные и амфотерные свойства, халькофильный, устойчивые валентности  $2^+$  и  $4^+$ .

Плотность  $11350 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 38–50 МПа; температура плавления  $327^\circ \text{C}$ , кипения – 1740; теплопроводность  $35,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $20,65 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; удельная магнитная вос-

приимчивость –  $1,4 \cdot 10^{-9}$  м<sup>3</sup>/кг; температурный коэффициент линейного расширения  $29,1 \cdot 10^{-9}$  К<sup>-1</sup>.

Свинец – высокотоксичный элемент (I–II классы опасности). ПДК<sub>р.з</sub> Pb – 0,01 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>с.с</sub> неорганических соединений – 0,0003, PbS – 0,0017 мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>в</sub> Pb – 0,03 мг/дм<sup>3</sup>.

#### **8.3.6.1.2. Распространенность и запасы.**

Кларк свинца земной коры 16 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,1, основных – 8, средних – 15, кислых – 20, осадочных (глинах и сланцах) – 20. Естественное содержание в почвах – 10–38 г/т.

Мировые общие запасы свинца (без стран СНГ) – около 180 млн. т, подтвержденные – 80; годовое производство составляет около 5 млн. тонн. Наиболее крупные производители – США, ФРГ, Япония, Великобритания, Китай, Италия.

В странах СНГ запасы свинца составляют 46 млн. т, производство – около 105 тыс. тонн. В России запасы – 19 млн. т, производство – 26 тыс. тонн.

#### **8.3.6.1.3. Области использования.**

Структура потребления (%): производство аккумуляторов – 65, изготовление белил, сурика, стекла – 14, красителей – 13, сплавов – 3, оболочек кабеля – 2,5, производство боеприпасов – 2,5.

#### **8.3.6.1.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно 315 минералов свинца. Среди них преобладают халькогениды, арсенаты, оксиды, силикаты. Промышленное значение имеют лишь два минерала: галенит (PbS, 26,64% Pb) и церуссит (PbCO<sub>3</sub>, 77,5% Pb, 83,5% PbO).

Промышленные типы месторождений – вулканогенно-осадочный, стратиформный, метасоматический, жильный. Наибольшее значение имеют два первых типа. В Забайкалье – два последних.

По запасам свинца (млн. т) месторождения подразделяют на весьма крупные – более 10, крупные – 10–5, сред-

ние – 5–2,5, мелкие – менее 2,5, очень мелкие – менее 0,5.

Промышленные руды – полиметаллические колчеданные и баритовые, полиметаллические углеродсодержащие, свинцово-цинковые флюоритовые.

По содержанию свинца (%) руды подразделяют на богатые – более 4, рядовые – 4–2, бедные – 2–1,2. По степени окисления руды делят на три типа: сульфидный (оксидов свинца менее 15%), смешанный (15–50) и окисленный (более 50).

### **8.3.6.1.5. Добыча и переработка руд.**

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовку руд к переделу производят с применением предварительного обогащения в тяжелых суспензиях и флотационной технологии.

Извлечение свинца из руд различных типов составляет 60–85% при содержании его в концентрате 42–62%. Примеси в концентрате ограничивают по цинку и меди.

При обогащении руд комплексного состава попутно получают золотосодержащий, цинковый, медный, баритовый концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 65–87%.

Перерабатывают свинцовые концентраты металлургическим или гидро- и электрометаллургическим способами.

Товарный продукт содержит 99,9–99,99995% Pb.

Сопутствующие элементы (золото, серебро, цинк, кадмий, висмут, ртуть, селен, индий, таллий, теллур), содержащиеся в концентратах, при металлургическом производстве переходят преимущественно в пыли и кеки, из которых их извлекают гидро- и электрометаллургическим способами.

Вредные примеси в товарной продукции – Ag, Cu, Zn, Bi, As, Sn, Sb, Mg, Fe, Ca+Na.

### 8.3.6.2. Цинк.

#### 8.3.6.2.1. Свойства.

Цинк (Zn, II, 30), металл, голубовато-белый, хрупкий; проявляет основные свойства, халькофильный, валентность  $2^+$ .

Плотность  $7133 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю  $327\text{--}420$  МПа; температура плавления  $419^\circ \text{C}$ , кипения –  $907$ ; теплопроводность  $116 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $5,9\cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость –  $2,20\cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $25,0\cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Цинк – токсичный (II–III класс опасности), но жизненно важный элемент (входит в состав инсулина), ПДК соединений цинка: фосфида –  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , ПДК сульфида –  $5$ , хлорида –  $0,005$ , ПДК  $\text{ZnO}$  –  $0,01$ , сульфата –  $0,008 \text{ мг/дм}^3$ , ПДК всех соединений цинка –  $1 \text{ мг/дм}^3$ , ПДК  $\text{ZnO}$  –  $0,01$ .

#### 8.3.6.2.2. Распространенность и запасы.

Кларк цинка земной коры  $83 \text{ г/т}$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных –  $30$ , основных –  $130$ , средних –  $72$ , кислых –  $60$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $80$ . Естественное содержание в почвах  $31\text{--}160 \text{ г/т}$ .

Мировые общие запасы цинка (без стран СНГ) – около  $300$  млн. т, подтвержденные –  $190$ , ежегодное производство составляет  $5\text{--}6$  млн. тонн. Наиболее крупные производители – США, Канада, Австралия. В странах СНГ запасы цинка составляют около  $110$  млн. т, производство –  $340$  тыс. т; в России запасы –  $62$  млн. т, производство – около  $200$  тыс. тонн.

#### 8.3.6.2.3. Области использования.

Структура потребления (%): оцинкование –  $47$ ; производство сплавов –  $21$ ; изготовление литья –  $15$ ; прокат цинка –  $9$ ; получение оксида, белил –  $8$ .

#### **8.3.6.2.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно 143 минерала цинка. Среди них преобладают халькогениды, оксиды, оксосоли. Промышленное значение имеют два минерала: сфалерит ( $ZnS$ , 67,1% Zn) и смитсонит ( $ZnCO_3$ , 52% Zn, 64,8% ZnO).

Промышленные типы месторождений – вулканогенно-осадочный, стратиформный, метасоматический, жильный. Наибольшее значение имеют первые два типа.

По запасам цинка (млн. т) месторождения подразделяют на весьма крупные – более 10, крупные – 10–5, средние – 5–2,5, мелкие – менее 2,5, очень мелкие – менее 0,5.

Промышленные руды – полиметаллические колчеданные и баритовые, полиметаллические углеродсодержащие, свинцово-цинковые флюоритовые.

По содержанию Zn+Pb (%) руды подразделяют на богатые – более 7, рядовые – 7–4, бедные – 4–2. По степени окисления руды делят на три типа: сульфидный (окислов цинка < 10%), смешанный (10–50) и окисленный (> 50).

#### **8.3.6.2.5. Способы добычи и переработки руд.**

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовку руд к переделу производят обогащением сырья с применением предварительного обогащения в тяжелых суспензиях и флотационной технологии.

Извлечение цинка из руд различных типов составляет 65–88% при содержании его в концентратах 65–87%. К вредным примесям в концентрате относят железо, кремнезем, медь, мышьяк. При обогащении комплексного состава попутно получают золотосодержащий, свинцовый, медный, баритовый концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет 65–87%.

Перерабатывают цинковые концентраты обжигом, пиromеталлургическим и гидрометаллургическим способами. Товарный продукт содержит до 99,997% Zn.

Сопутствующие элементы (золото, серебро, свинец, кадмий, висмут, ртуть, селен, индий, галлий, теллур), содер-

жащиеся в концентратах, переходят преимущественно в пыли и кеки, из которых их извлекают гидро- и электрометаллургическими способами. Вредные примеси в цинке — Pb, F, Cd, Ca, Sn.

#### **8.3.6.6. Свинцово-цинковые месторождения Забайкалья.**

В Читинской области известно более 700 месторождений и проявлений свинцово-цинковой минерализации, причем около 500 из них сосредоточены на сравнительно небольшой территории уран-золото-полиметаллического рудного пояса в междуречье Газимура и Аргуни. Прочие известные полиметаллические проявления находятся в золото-молибденовом, олово-вольфрамовом и других рудных поясах.

Полиметаллическое оруденение приурочено, в основном, к сланцево-известняково-доломитовым толщам верхнепротерозойско-кембрийского возраста и к терригенным и эффузивным образованиям юры Приаргунья и Шилка-Аргунского междуречья. В связи с нахождением месторождений в различных по возрасту и составу горных породах они подразделяются на два главных геолого-промышленных типа: **нерчинский и новоширокинский**. Руды тех и других довольно близки по минеральному составу, но существенно различаются по условиям локализации.

Главными ценными компонентами полиметаллических руд являются свинец и цинк, попутными — медь, серебро, золото, кадмий, висмут, таллий, индий, галлий, олово. Главные минералы — галенит и сфалерит. Широко развиты также пирит, арсенопирит. Присутствуют буланжерит, бурнонит, блеклая руда, другие, в том числе редкие сульфосоли, киноварь. В окисленных рудах, преимущественно добывавшихся и переплавлявшихся на Нерчинских горнодобывающих предприятиях в XVIII–XIX веках, наряду с сульфидами находились церуссит, англезит, пироморфит, миметезит, каламин, плюмбоярозит, гидроокислы железа и другие минералы. Содержание ценных компонентов — от нескольких процентов до 10 и более. Нередко стоимость попутных компонентов выше, чем основных. Из этих руд были получены первые российские серебро (1676 г.) и золото (1714 г.). Глав-

ные месторождения – Акатуевское, Кадаинское, Благодатское, Кличкинское, Савинское № 5, Спасское, Воздвиженское, Михайловское, Новоширокинское, Нойон-Тологойское и другие. По неполным данным, за почти трехсотлетнюю (1703–1993 гг.) историю разработки полиметаллических месторождений Восточного Забайкалья из них извлечено 18665,6 тыс. т руды, 388,242 тыс. т свинца, 761 тыс. т цинка, 6 тыс. т серебра и 18,177 т золота.

#### **Нерчинский геолого-промышленный тип.**

Этот тип полиметаллических месторождений включает большинство рудных объектов Приаргунья. Он представлен трубообразными и жилообразными телами (залежами) массивных и вкрапленных богатых и рядовых руд в карбонатных породах. Некоторые из месторождений этого типа приурочены к узлам развития скарнов. Обычные размеры рудных тел в горизонтальном сечении 20–200 кв. м, вертикальный размах чаще до 200–300 м, мощность жилообразных залежей до 3-х метров. Более редки штокообразные тела, достигающие по площади горизонтального сечения 1000–1500 кв. м, а также сложные трубо-жилообразные залежи. По минеральному составу руды, в основном, галенит-сфалеритовые, различные вариации обусловлены теми или иными количествами пирита, арсенопирита, сульфосолой свинца и серебра и примесью других минералов. Большая часть месторождений имеет небольшие масштабы, но руды в них часто высокого качества: содержание свинца – 3,5–4%, цинка – 4–5% (с типичным отношением свинца к цинку как 1/1,5). При этом характерны повышенные концентрации ценных попутных компонентов: золота, серебра, индия, кадмия, таллия, висмута и ряда других. Содержание серебра в промышленных месторождениях варьирует от десятков до 400–500 г/т, а в прежние времена обрабатывались гораздо более серебристые руды из множества мелких приаргунских объектов.

К типичным представителям месторождений нерчинского типа относятся Воздвиженское, Благодатское, Кадаинское, Савинское № 5, Акатуевское и другие.

Нерчинско-заводская группа месторождений включает Екатерино-Благодатское, Благодатское, Воздвиженское, Спасское, Средне-Зерентуйское (рис. 8.19), Октябрьское, Ивановское, Михайловское и другие месторождения. Из них первые три обрабатывались Благодатским рудником, начиная с 1952 года. Доразведка подземными горными выработками Ивановского месторождения, пройденными этим рудником, позволила значительно увеличить его запасы, но вследствие низкого содержания в рудах полезных компонентов в 1962 году разведочные и эксплуатационные работы на нем были прекращены.

Основными объектами эксплуатации в послевоенные годы являлись Ивановское, Екатерино-Благодатское, Благодатское, а начиная с 1969 года и Воздвиженское месторождения. Особенностью всех этих месторождений является то, что они сложены типичными трубообразными, реже жилообразными, рудными телами, располагающимися в зонах перемежаемости карбонатных пород, углистых сланцев и метаалевролитов, контролирующимися системами разрывных нарушений и экранирующими прослоями.

Площадь поперечного сечения трубообразных тел — от 20 до 100–250 кв. метров. Падение различное — от пологого до почти вертикального, по падению они прослеживаются от нескольких десятков до 200–250 метров. Скважинами промышленное оруденение подсечено на глубине 600–650 м от поверхности. Руды пиритово-галенитово-сфалеритового состава с буланжеритом, геокронитом, арсенипиритом.

Екатерино-Благодатское и Благодатское месторождения расположены на расстоянии 500 м друг от друга, вскрыты вертикальными стволами с клетьевым подъемом и соединяются между собой в целях вентиляции на каждом из 40-метровых горизонтов (рис. 8.20).

Основная система разработки — магазинирование руды с мелкошпуровой отбойкой и выпуском её через дучки. Доразведка Екатерино-Благодатского и Благодатского месторождений позволила неоднократно реконструировать первоначальную опытно-промышленную обогатительную установку, увеличив ее годовую производительность с 8 до 80–90 тыс. тонн.

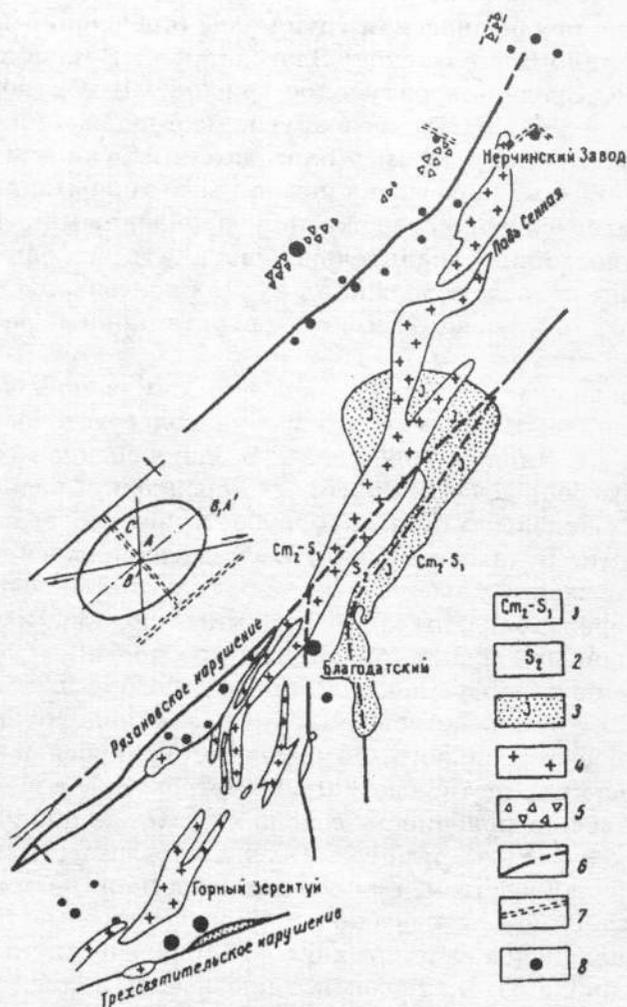


Рис. 8.19. Схема структуры Нерчинско-Заводского рудного поля, связанного с разломами (по Н. Горшкову)

1 – породы нерчинско-заводской свиты; 2 – породы благодатской свиты; 3 – юрские отложения; 4 – интрузии порфиров и гранодиорит-порфиров; 5 – брекчирование; 6 – разломы; 7 – направления преобладающей трещиноватости; 8 – месторождения.



Благодатское месторождение расположено в Нерчинско-Заводском районе на северной окраине пос. Благодатка, в 3,7 км к северо-востоку от пос. Горный Зерентуй, в 13,5 км к юго-западу от села Нерчинский Завод. Открыто оберштейгером Вейгольтом в 1745 году и отрабатывалось до 1822 года, общая добыча составила 119200 тонн богатых руд. Приурочено к северо-западному крылу Благодатской синклинали (рис. 8.21). Рудные тела залегают в доломитизированных известняках нерчинско-заводской свиты палеозоя (рис. 8.22). На юго-восточном фланге находится пять промышленных трубообразных тел от северо-западного до северо-северо-западного простирания, с размерами по простиранию 5–30 м (среднее 15 м) и по падению 10–100 метров. На северо-западном фланге вскрыто 15 жиллообразных тел от северо-восточного до северо-северо-восточного простирания, прослеженных по простиранию на 20–150 метров.

Минеральный состав сульфидных руд: галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит, буланжерит, геокронит, халькопирит, станнин, бурнонит, блеклая руда, магнетит, кварц, доломит, анкерит. Вкрапленные руды составляют 55 %, сплошные – 45 %. Галенит в сплошных и вкрапленных рудах образует крупно-, мелкозернистые и порошкообразные агрегаты идиоморфных зерен (0,01–10 мм); сфалерит – разноморфные агрегаты ксеноморфных зерен (0,02–5 мм); пирит – мелкозернистые идиоморфные зерна (0,006–0,1 мм). Зона окисления развита до глубины 150 метров и представлена сыпучими охрами с кварцевым каркасом. Они сложены лимонитом, церусситом, смитсонитом и остаточным галенитом [Энциклопедия Забайкалья, 2003].

Наряду с добычей руды проводилась эксплоразведка месторождения. Добыча руды с начала разработки составила 598 тыс. т, из них за 1745–1822 годы богатых руд добыто 119 тыс. т, Pb — 22,1 тыс. т; Zn с 1953 года добыто 35,1 тыс. тонн. На 01.01.1983 г. с начала отработки месторождения добыто до 30,4 т Ag, 85,3 т Cd, 76 кг Au. Балансовые запасы по состоянию на 01.01.1999 г. даны в табл. 8.3.

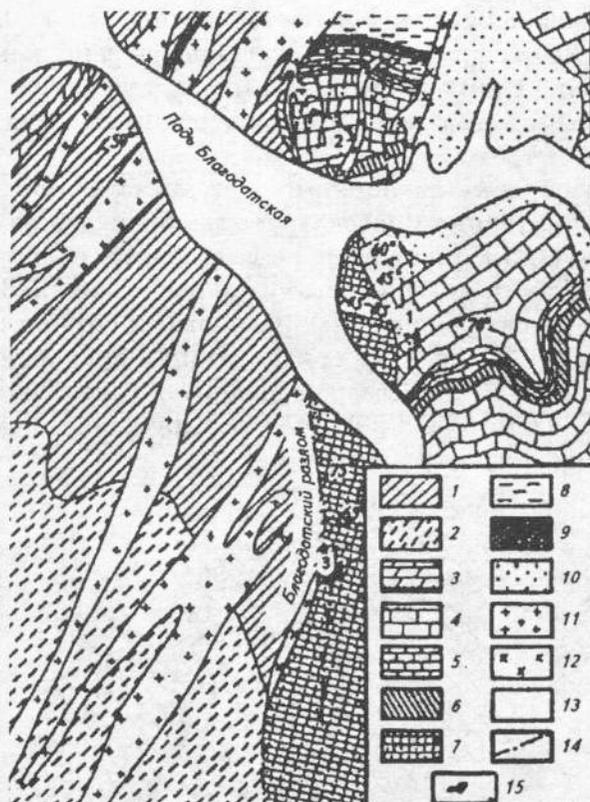


Рис. 8.21. Схема геологического строения Благодатского рудного поля (Кузнецов, 1963):

алтачинская свита: 1 – глинистые алевролиты, 2 – серицит-хлоритовые сланцы, 3 – доломиты; нерчинско-заводская свита: 4 – доломитизированные массивные известняки, 5 – известковисто-глинистые и глинистые сланцы, 6 – углистые сланцы и туфы, 7 – гидротермально-метасоматические доломиты; благодатская свита (S): 8 – метаргиллиты, 9 – кварциты; юра ( $J_{1,2}$ ): 10 – песчаники, конгломераты, сланцы; верхнекиммерийские интрузивные породы: 11 – плагиосиенит-порфиры, 12 – кварцевые порфиры, 13 – наносы, 14 – дизъюнктивные нарушения, 15 – выходы рудных тел на поверхность; цифры обозначают месторождения: 1 – Екатерино-Благодатское, 2 – Благодатское, 3 – Екатерино-Благодатского прииска.

Годовая производительность Благодатской шахты составляла 35 тыс. т руды, обеспеченность запасами 15 лет. С 1992 года рудник не работает, шахта затоплена. Прирост запасов возможен за счет разведки рудных тел ниже горизонта 405 метров.

Вторым важным источником полиметаллических руд является **Екатерино-Благодатское** месторождение. Оно расположено в 0,5 км к востоку от Благодатского месторождения, в 2,5 км к северо-востоку от пос. Горный Зерентуй, Описание приводится по И.Г. Заворотных (2000 г.). Открыто в 1789 году, первый этап эксплуатации прекращен в 1855 году. Локализовано в северо-западном крыле Благодатской синклинали (см. рис. 8.20) и контролируется разломом северо-северо-западного простираения.

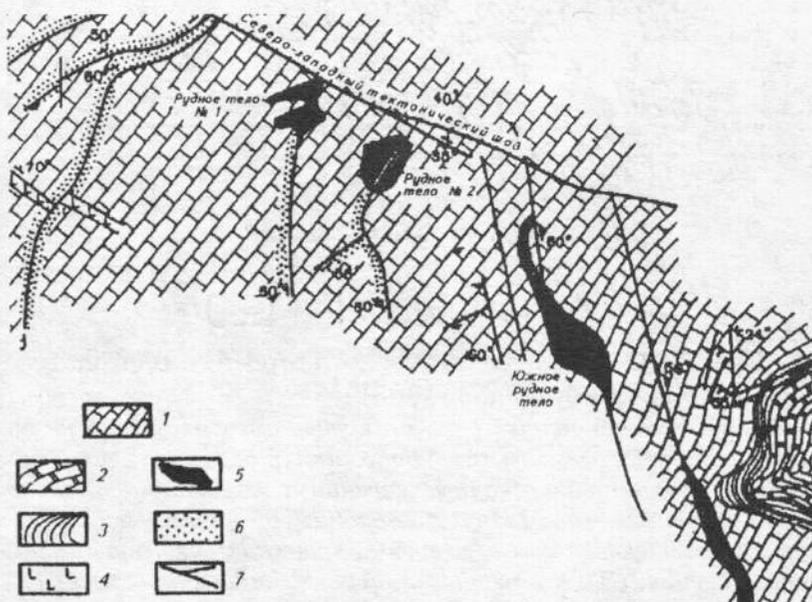


Рис. 8.22. Схема расположения рудных тел на горизонте 649 м. Благодатское месторождения (Кузнецов, 1963):

1 – массивные известняки; 2 – слоистые известняки; 3 – углистые сланцы; 4 – лампрофиры; 5 – рудные тела; 6 – окварцевание; 7 – дизъюнктивные нарушения.

Таблица 8.3

Состояние балансовых запасов главных полиметаллических месторождений  
Восточного Забайкалья  
[Геологические исследования..., 1999]

Наименование месторождения	Руда кат. В+С <sub>1</sub> , тыс.т	Свинец		Цинк		Золото		Серебро		Кадмий		Обеспеченность, лет
		тыс.т	%	тыс.т	%	кг	г/т	т	г/т	т	%	
Акатуевское	250	7,9	3,16	14,3	5,72	189	0,76	15,4	61,6	69	0,028	4,3
Благодатское	388	26,9	6,93	15,5	3,99	688	1,77	23,6	60,3	78,5	0,02	15
Воздвиженское	843	41,8	4,96	46,1	5,46	321	0,38	84,0	99,6	329	0,039	13,3
Михайловское	106	5,3	5,0	3,3	3,11	13,5	0,13	9,8	92,5	27	0,025	3
Кадаинское	523	10,0	1,91	20,3	3,88	151	0,29	31,7	60,6	65	0,012	11,6
Кличка-Савинское № 5	2863	45,6	1,53	101,3	3,54	151,8	0,05	31,7	11,1	361	0,013	22
Новоширокинское*	5880	236,3	4,02	109,4	1,86	23318	3,96	595,2	96,1	502,9	0,009	15

\* - По данным 2002 года (Инвентизиционный..., 2002) запасы составляют (тыс. т.): руды - 9 372,26, цинка - 179, свинца - 440, меди - 26, кадмия - 800 т, золота - 21 т.

Рудные тела залегают, как и на Благодатском, в доломитизированных известняках нерчинско-заводской свиты нижнего палеозоя. Простираение пород северо-восточное, падение на юго-восток  $60-80^\circ$ . Вдоль тектонических нарушений сильно проявлены доломитизация и окварцевание. Разведано три промышленных жилообразных рудных тела северо-восточного и северо-северо-восточного простираения, падением на юго-восток  $60-80^\circ$ , протяженностью по простиранию до 220 м, по падению до 90 м и четыре трубообразных от северо-восточного до северо-западного простираения размером в длину 5–28 и по падению 12–160 метров. Зона окисления развита до глубины 150 метров и представлена сыпучими охрами с кварцевым каркасом.

Первичные руды состоят из галенита, сфалерита, пирита, арсенопирита, буланжерита, геокронита, халькопирита, станнина, бурнонита, блеклой руды, магнетита, сидерита, кварца, доломита, анкерита. Вкрапленные руды составляют 55 %, сплошные – 45 %. Галенит образует крупно-, мелкозернистые и порошкообразные агрегаты идиоморфных зерен (0,01–10 мм), сфалерит – разноморфные агрегаты ксеноморфных зерен (0,02–5 мм). Пирит образует мелкозернистые идиоморфные зерна (0,006–0,1 мм). Руды хорошего и среднего качества. Окисленные руды состоят из лимонита, церуссита, смитсонита с остатками галенита.

С начала разработки добыто 22,4 тыс. т Pb. Добыча Zn в 1951 году составила 36,6 тыс. т, Cd – 19 т, Au – 14 кг, Ag – 5,8 т. В 1990 году добыто 23 тыс. т руды, 0,7 тыс. т Pb (среднее содержание 9,04%), 0,6 тыс. т Zn (среднее содержание 9,91%). В текущих балансовых запасах по категориям А + В + С<sub>1</sub> числится 183 тыс. т руды, Pb – 11,8 тыс. т (среднее содержание 6,72%). Среди попутных компонентов важное значение имеют Cd – 40 т (среднее содержание 0,044%), Au – 26 кг (среднее содержание 0,46 г/т), Ag – 8,3 т (среднее содержание 0,46 г/т), таллий. Обеспеченность запасами 21,2 года. С 1993 года шахта затоплена.

Возобновление работы Нерчинского полиметаллического комбината наиболее выгодно начать с освоения **Воздвижен-**

ского месторождения, расположенного в 6 км к юго-западу от села Нерчинский Завод. Оно открыто в 1746 году и эксплуатировалось до 1881 года. За этот период было добыто около 111 245 тонн руды. В советское время месторождение разведывалось Горно-Зерентуйской экспедицией ЧГУ под руководством А.И. Кулагашева (1950–1958 гг.), доразведывалось Н.Г. Григорьевым и В.П. Зашихиным. Залегаает в северо-западном крыле Рязановской синклинали. Крылья синклинали осложнены послойными и секущими нарушениями, контролирующими оруденение. Вмещающие породы – нижнепалеозойские белые и светло-серые доломиты нерчинско-заводской и доломитовые известняки алтачинской свит. Выделяются три участка: Воздвиженский, Юго-Западный и Рязановский. На Воздвиженском участке известно 17 промышленных тел линзо- и трубообразной формы с размерами по простиранию 10–30 м (средняя 20 м) и по падению 20–300 м (средняя 120 м), мощностью 2–15 метров; на Юго-Западном – два промышленных рудных тела линзообразной формы длиной по простиранию 30,0–40,0 м (средняя 35 м), по падению 50–200 м (средняя 100 м). Рязановский участок имеет также два рудных тела аналогичной формы – № 3 и № 6. Размеры их по простиранию 150–400 м (средняя 250 м), по падению 100–270 м (средняя 180 м), мощность 0,3–11 метров.

Главные минералы первичных руд: пирит, сфалерит, галенит; минералы-спутники – буланжерит, геокронит, джемсонит, блеклая руда, бурнонит, арсенопирит, халькопирит, станнин; нерудные – доломит, кварц, кальцит, серицит, хлорит, турмалин, графит. Галенит образует крупнозернистые агрегаты, сфалерит – сплошные аллотриоморфные и составляет до 25% от массы всех минералов. Буланжерит наблюдается в виде розеток и игольчатых кристаллов в ассоциации с геокронитом.

Зона окисления распространена до глубины 70–160 метров. Руды состоят из лимонита, бурых охр, обохренных доломитов с церусситом, кварцем, скородитом и смитсонитом. Сведения о балансовых запасах и ресурсах на 01.01.1999 г. по месторождению представлены в табл. 8.4.

Таблица 8.4

**Запасы и ресурсы руды и полезных компонентов  
Воздвиженского месторождения  
[Геологические исследования..., 1999]**

Категория запасов			B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
руда, компонент	ед. измерения	содержание, %		
Руда	тыс. т		1448	4400
Свинец	тыс. т	4,57	71,8	218,2
Цинк	тыс. т	6,75	79,1	240,2
Золото	кг	0,38 *	550	1672
Серебро	т	100 *	145	440
Кадмий	т	0,039	565	1716

\* Содержание в г/т.

Данные таблицы 8.4 однозначно указывают на то, что есть возможность в первую очередь возобновить работы на Воздвиженском участке Благодатского рудника. При возобновлении работы рудник может добывать и перерабатывать 70 тыс. т руды, выпускать 2590 т свинца в свинцовом концентрате с содержанием 50–52% и 3780 т цинка в цинковом.

В ноябре 2005 года (09.11.2005 г.) лицензией на Воздвиженское месторождение овладело ООО «Забайкалзолоторазведка», уплатив за право пользования недрами 4200000 рублей.

Резервом для Благодатского рудника могут быть Спасское и Октябрьское месторождения, расположенные в непосредственной близости от с. Нерчинский Завод.

Спасское расположено в 1 км к северо-северо-востоку от пос. Горный Зерентуй. Описание дано по И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Нерчинский Завод. Оно открыто и разведано под руководством К.Д. Шолкина и Л.Н. Ленок (1955 г.) на месте Старо-Зерентуйского рудника, где руды были известны с 1739 года. Рудные тела залегают в прослое доломитовых известняков мощностью 100–200 метров алтачинской песчано-сланцевой свиты нижнего па-

леозоя и образуют пластообразные зоны. Месторождение представлено двумя стратиформными рудными телами длинной по простиранию, соответственно, 103–1230 м и 95–740 м и по падению 40–510 м (в среднем 330 м) и 20–430 м (в среднем 400 м) и одним телом жилообразной формы северо-восточного простирания с длиной по простиранию 40–106 м, по падению 30–60 м (в среднем 40 м).

Сульфидные руды сложены пиритом, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом, бурнонитом, станнином, халькопиритом, джемсонитом, доломитом, кварцем, кальцитом. Руды вкрапленные и массивные. В массивных содержится 25–30 % галенита, во вкрапленных – 10–15 %. Он образует ксеноморфные зерна размером 0,01–1 мм, часто в сростаниях с буланжеритом. Пирит присутствует (30–40 %) в виде мелкозернистых агрегатов и отдельных зерен от 0,01 до 1–5 мм. Сфалерит в количестве 5–10 % образует ксеноморфные зерна 0,01–0,05 мм. Зона окисления развита до глубины 40–60 м и представлена обохренными известняками, охрами пористой, губчатой и ячеистой текстур с почками остаточного галенита. Окисленные руды сложены церусситом, англезитом, миметезитом, гетитом, гидрогетитом, лепидокроцитом, скородитом, беданитом, галенитом, пиритом.

По данным технологических исследований руд выход свинцового концентрата – 2,5% при содержании свинца 51,3%, цинка – 5,68%, серебра – 1879 г/т, цинкового концентрата – 2,81% при содержании цинка 44,8%, свинца 0,7%, серебра – 62 г/т.

Балансовые запасы руды по категориям  $A+B+C_1$  – 4309 тыс. т,  $C_2$  – 880 тыс. т; свинца – 98,8 тыс. т при среднем содержании 2,99%,  $C_2$  – 17,8 тыс. т при среднем содержании 2,02%; цинка – 41,4 тыс. т при среднем содержании 1,3%; висмута 763,3 т при среднем содержании 0,02%; золота – 2253 кг при среднем содержании 0,52 г/т; серебра – 216,8 т при среднем содержании 50,3 г/т. По категории  $C_2$  числится галлия 36,4 т при среднем содержании 8 г/т, таллия – 15,5 т при среднем содержании 3,0 г/т, индия – 41,5 т при среднем содержании 8 г/т.

Месторождение разведано как резерв для действовавшего до 1993 года Благодатского рудника. Увеличение запасов возможно за счет доразведки глубоких горизонтов центральной части месторождения и его юго-западного фланга.

**Октябрьское** месторождение находится в 1,2 км к северо-западу от пос. Горный Зерентуй. Описание приводится по И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2005] Выявлено в 1955 году и разведано в 1959 году Горно-Зерентуйской экспедицией ЧГУ под руководством А.И. Кулагашева и В.И. Огородниковой. Оруденение локализовано в северо-западном крыле Нерчинско-Заводско-Явленской синклинали. Рудные тела залегают в спасской пачке известняков алтачинской песчано-сланцевый свиты нижнего палеозоя. Разведано два промышленных рудных тела жиллообразной формы. Простираение их от северо-востока до северо-северо-востока с размерами по простиранию 50–100 м, в среднем 80 м и 30–100 м, в среднем 60 м и по падению в среднем 270 м и 250 метров. В составе первичных руд – пирит, арсенопирит, буланжерит, галенит, сфалерит, станнин, самородное серебро, халькопирит, аргентит, геокронит, тетраэдрит, кварц, турмалин, анкерит, хлорит, серицит. Вкрапленные руды составляют 80%, сплошные – 20%. Зона окисления проникает до глубины 20–25 метров и представлена железистыми охрами, содержащими кварц и остаточный галенит.

Балансовые запасы сульфидной полиметаллической руды по категориям  $A+B+C_1$  равны 244 тыс. т, свинца – 9,1 тыс. т при среднем содержании его 3,72%, цинка – 10,7 тыс. т при среднем содержании 4,39%, кадмия – 63,5 т, золота – 439 кг, серебра – 10,5 т, индия – 0,7 т при среднем содержании, соответственно, 0,26%, 1,8 г/т, 43 г/т, 3 г/т; по категории  $C_2$  – галлия 1,4 т при среднем содержании 5,75 г/т. Забалансовые запасы руды – 80 тыс. т, свинца – 2,4 тыс. т, цинка – 2,7 тыс. т. Учтено также 2,7 т таллия по категории  $C_2$ . Месторождение является резервным для Благодатского рудника.

**Кадаинская группа месторождений.** Выделяется еще одна группа полиметаллических месторождений, тяготею-

щая к Кадаинскому руднику, расположенному в Калганском районе. Это собственно Кадаинское месторождение, а также Михайловское, Новопокровское и некоторые другие. Запасы Кадаинского и Михайловского месторождений, на базе которых проектировалось предприятие, разведывались в конце 20-х – начале 30-х годов. Новопокровское месторождение разведано Читинским геологическим управлением.

Кадаинское месторождение расположено в Калганском районе, в 0,5 км к югу от пос. Кадая. Открыто в 1757 году оберштейгером Базановым. Почти непрерывно эксплуатировалось до 1906 года, дав 160 000 т сортированных руд. Разведывалось в 1949–1951 годах, разрабатывалось в 1951 году и одновременно разведывалось. Рудные тела залегают среди известняков и доломитов быстринской свиты нижнего палеозоя и имеют тесную и распространенную связь с дайками лампрофиров верхнеюрского возраста. Разведаны три участка: Центральный, Южный и Северный. Рудные тела Центрального участка – Осиновский шток и Кадаинская жила отработаны. Южный участок состоит из 14 рудных тел линзообразной формы протяженностью 20–100 м (средняя 50 м), по падению 30–100 м (средняя 60 м), мощностью 0,5–10 м, залегающих согласно слоистости пород. Северный участок имеет 4 рудных тела трубообразной формы протяженностью 10–50 м (средняя 30 м), по падению 50–100 м (средняя 80 м), мощностью 4–25 м (средняя 8 м), залегающих согласно слоистости пород. Первичные сульфидные руды состоят из сфалерита, галенита, пирита, из второстепенных минералов распространены буланжерит, халькопирит, пирротин, арсенопирит, реже отмечаются касситерит, марказит, геокронит, прустит, пираргирит, аргентит, серебро. Нерудные минералы – анкерит, кварц, кальцит, доломит. Галенит мелкозернистый (0,5–2 мм) совместно с другими минералами образует прожилки и гнездообразные скопления. Сфалерит встречается в виде единичных зерен (0,1–0,5 мм), гнезд и прожилков. Руды мелко-среднезернистые, прожилково-вкрапленные, реже массивные.

Зона окисления развита до глубины 40–200 метров. В ней отмечены лимонит, гидрогематит, псиломелан, церуссит, каламин, вторичный кварц, доломит, кальцит, охры и сажистые скопления гидрооксидов Mn.

Значительная часть запасов Кадаинского месторождения была сконцентрирована в полностью отработанном Осиновском штоке площадью 400–500 кв. м с его уникальными «бурундучными» рудами. В двух километрах южнее штока геологи рудника обнаружили и разведали слепое оруденение Аномалии №1, представленное жилообразным телом протяженностью 70–90 м и мощностью от 1 до 4–6 м, а также мелкими линзообразными телами, что позволило продлить срок эксплуатации месторождения.

К попутным полезным компонентам месторождения отнесены Cd (0,019%), Au (0,7 г/т), Ag (22,7 г/т и 103 г/т), Bi (0,01%). Запасы руд даны в табл. 8.3.

Михайловское месторождение расположено в Нерчинско-Заводском районе, в 5,6 км к юго-западу от пос. Михайловка. Описание дано по И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2005]. Наиболее интенсивно разрабатывалось в 1770–1990 годы. В 1949–1952 годах разведывалось. С 1960 года начата эксплуатация одновременно с разведкой, продолжавшейся до 1982 года. Рудные тела залегают в прослое известняков мощностью 30–100 м, находящихся в сланцах алтачинской свиты нижнего палеозоя. Разведано 15 рудных тел трубообразной формы протяженностью по простиранию 10–70 м, по падению – от 100 до 550 м, мощностью 1–20 м, крайне невыдержанных по мощности. Выклинивание их по падению и простиранию резкое. Сульфидные руды сложены пиритом, марказитом, сфалеритом, галенитом, среди второстепенных минералов наиболее развиты арсенипирит и буланжерит. Реже встречаются станнин, халькопирит, пирротин, джемсонит. Нерудные минералы – кальцит, доломит, анкерит, кварц. Сфалерит образует среднезернистые агрегаты с зернами 0,1–0,5 мм. Галенит ассоциирует со сфалеритом, слагая среднезернистые агрегаты из зерен 0,5–2 мм и присутствуя в тончайших прожилках,

секущих сфалерит, пирит, марказит. Руды пирит-марказит-галенит-сфалеритовые от тонко- до среднезернистых. Текстура руд вкрапленная, массивная, брекчиевидная, полосчатая. Зона окисления наблюдается до глубины 100 метров, представлена гематитовыми и лимонитовыми охрами с церусситом и смитсонитом. Содержание Pb и Zn в рудах от 1 до 35%. Из попутных компонентов присутствуют Au – 0,14 г/т, Ag – 1 г/т, Cd – 0,02%, In – 30 г/т, Tl – 19 г/т. Балансовые запасы по состоянию на 01.01.1999 г. даны в табл. 8.3.

**Ново-Покровское (Покровское)** месторождение, бывшее в сфере добычи Кадаинского рудника, локализовано в юрских песчаниках и конгломератах и по ряду признаков относится к ново-широкинскому типу месторождений полиметаллических руд и поэтому рассмотрено совместно с ними.

Кадаинское и Михайловское месторождения были вскрыты вертикальными стволами с клетьевым подъемом, а на Покровском руда добывалась открытым способом. Основные системы разработки по Кадаинскому штоку – подэтажные штреки с отбойкой глубокими скважинами, по остальным рудным телам – с магазинированием руды, мелкошпуровой отбойкой и доставкой через дучки или скрепированием.

Обогащительная фабрика, расположенная в трех километрах от Кадаинской шахты, действовала с 1956 года. Вследствие отработки основных запасов Кадаинского месторождения и тяжелого финансового положения в 1993 году шахты были затоплены.

За все время существования рудника добыто и переработано на фабрике 4180 тыс. т руды и выпущено в концентратах 95 тыс. т свинца и 165 тыс. т цинка.

**Александрово-Заводская группа.** Полиметаллические руды в Александрово-Заводском рудном районе добывались в Акатуевском рудном поле (рис. 8.23), относящемся к Шахтаминскому рудному району. Оно известно с 1815 года и было одним из крупнейших исторических полиметаллических месторождений Приаргунья. Открыл его унтерштейгер Меркульев. Разрабатывалось до 1904 года. На его базе был

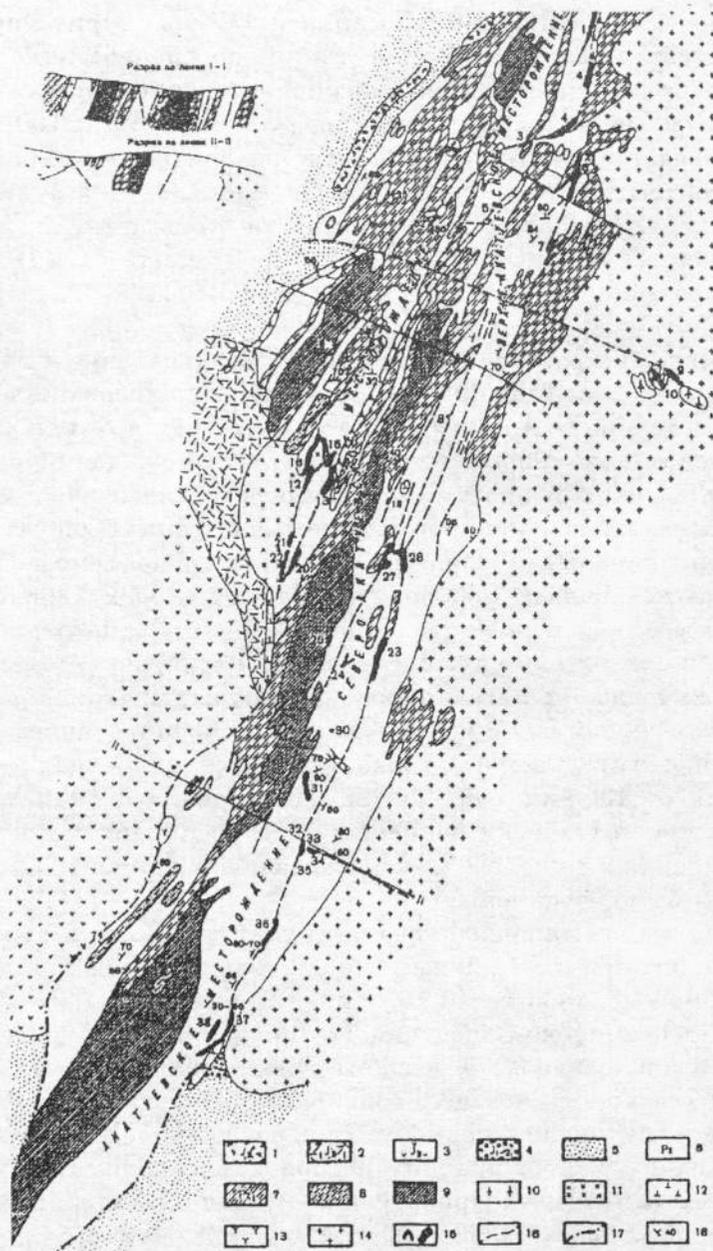


Рис. 8.23. Схема геологического строения Акатуевского рудного поля (Восточное Забайкалье), составленная Д.Б. Плигиной (1963):

1 – туфобрекчии ( $J_3$ ); 2 – туфопесчаники, алевролиты ( $J_3$ ); 3 – порфириты, кварцевые порфиры, туфы кварцевых порфиров и кварцевых порфиритов ( $J_3$ ); 4 – базальные конгломераты ( $J_{1,2}$ ); 5 – песчаники ( $P_2$ ); 6 – известняки ( $P_2$ ); 7 – углисто-глинистые сланцы ( $P_{21}$ ); 8 – углистые сланцы ( $P_{21}$ ); 9 – роговики; 10 – скарны; 11 – граносиенит-порфиры; 12 – порфириты; 13 – кварцевые и бескварцевые порфиры; 14 – граниты и гранодиориты; 15 – рудные тела; 16 – разрывные нарушения; 17 – тектонические контакты; 18 – элементы залегания.

создан Акатуевский рудник. Месторождение дало 64 402 тонны руды. Ныне входит в состав Северо-Акатуевского месторождения, расположенного в Александрово-Заводском районе, в 20-ти км к северо-западу от села Александровский Завод, в 4-х км к северо-западу от села Акатуй. Открыто в 1950 году. Разведывалось до 1959 года Акатуйской партией, затем экспедицией ЧГУ (А.К. Сахнов, И.Р. Заворотных, Д.Б. Плигина и др.). Рудовмещающая структура – Акатуевская моноклиналиль. Рудные тела локализованы в известняках и сланцах алгачинской свиты нижнего палеозоя. Мощность 300–700 метров. Вместе с Акатуевским и Верхне-Акатуевским месторождениями образует Акатуевское рудное поле. Отрабатывалось 30 рудных тел линзообразной формы северо-северо-восточного простирания, крутого северо-западного падения мощностью 0,5–15,0 м, в среднем 5 м, длиной по простиранию 10–80 м, в среднем 40 м, по падению – 100–400 м, в среднем 250 м. Главные рудные минералы сульфидных руд – галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит; второстепенные – пирротин, буланжерит, халькопирит; редкие – магнетит, марказит, золото, станнин. Доля свободного золота составляет 49% от общего содержания в руде. Галенит среднезернистый 1–6 мм ассоциирует с пиритом, сфалеритом, флюоритом. Сфалерит находится в виде сплошных минеральных масс или совместно с галенитом, пиритом, арсенопиритом. Свинцово-цинковые руды – среднезернистые до мелкозернистых, массивные, вкрапленные. Зона окисления – до глубины 40–80 метров представлена смесью лимонита, церуссита, смитсонита, остаточного галенита с кварцем [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Промышленные запасы по состоянию на 01.01.1999 г. даны в табл. 8.5.

Кроме того, в рудах находится 3 тонны индия, нечислящихся на балансе. Разрабатывалось до 1993 года Акатуевским рудником. Выпускался свинцовый концентрат. Извлечение свинца составляло 89,2% при содержании в нем свинца 61%, цинка – 3,3%, золота – 1,4 г/т. За время существования рудника добыто 2630 тыс. т руды и выпущено в концентратах 83 тыс. т свинца, 130 тыс. т цинка.

Таблица 8.5

**Запасы и ресурсы руды и полезных компонентов  
Северо-Акатуевского месторождения**

Категория запасов			B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
руда, компонент	ед. измерения	содержание, %		
Руда	тыс. т		548	2000
Свинец	тыс. т	3,16	15,8	47
Цинк	тыс. т	5,72	22,0	68
Золото	кг	0,76 *	189,4	—
Серебро	т	62 *	28,1	—
Кадмий	т	0,028	69	—

\* Содержание в г/т.

По состоянию на 1982 год добыто золота 413 кг, серебра — 113,6 т, кадмия — 153 т, неучтенного индия — 10,3 тонн. Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки благоприятные или средние. Отрабатывавшиеся руды восполнялись приростом при эксплоразведке. Предполагается, что прирост запасов возможен на глубоких горизонтах месторождения, где бурением обнаружены промышленные руды на глубине порядка 1000 метров.

Восстановление добычи на руднике Акатуй рентабельно. При нормальной работе рудник сможет добывать и перерабатывать 66 тыс. т руды в год и выпускать в свинцовом концентрате 1294 т свинца при содержании 64% и 1800 т цинка при содержании 50%.

**Кличкинская группа.** Кличкинская группа месторождений тяготеет к Кличкинскому руднику, расположенному в одноименном поселке в Приаргунском районе.

Месторождение **Савинское № 5** расположено в 12 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Маргудек, на северной окраине пос. Кличка. Открыто в 1783 году. В 1947–1955 годах проведена детальная разведка под руководством В.П. Дзядка. Локализовано в породах горизонта частого переслаивания известняков и сланцев алтачинской свиты. Рудные тела

находятся в зоне контакта этих пород с кварцевыми диоритами и в общей сложности образуют выдержанную зону пластовой формы. Они линзообразные, жилообразные, сложные трубообразные и гнездообразные. На месторождении широко проявлен контактовый метаморфизм с образованием контактовых роговиков и скарноидов. Первичные руды сложены пирротином, сфалеритом, галенитом, пиритом, в меньшей степени арсенопиритом, халькопиритом, буланжеритом и тетраэдритом. Сфалерит представлен черным марматитом в среднезернистых массах. Галенит отмечается как совместно со сфалеритом, так и без него. Не редки галенито-буланжеритовые образования. В галените отмечаются каплевидные включения самородного серебра (размером 0,01–0,1 мм), самородного висмута, тетраэдрита. В рудах развиты также флюоритовые, кварцевые, кальцитовые, цеолитовые жилы. Рудные тела южной части месторождения представлены сложными пластообразными залежами. Наиболее крупное из них, мощностью 1–2,5 м (до 10–15 м в раздувах), падает на восток под углами 35–80°. Руды представлены сланцами и карбонатными породами с вкрапленностью сульфидов. В пластообразных залежах содержание свинца составляет 2–3%, цинка 3–4%; в гнездообразных телах суммарное содержание металлов достигает 12–15%. Содержание свинца 0,1–20%, цинка – 3–40%. По состоянию на 01.01.1999 г. запасы даны в табл. 8.6.

В рудах присутствуют также индий, сурьма, вольфрам, бериллий, торий, ниобий.

С перерывами месторождение обрабатывалось с 1783 по 1852 год, когда из-за колчеданности руд работы были прекращены. Всего Савинским № 5 рудником, Мелентьевским и Домашевским приисками за этот период добыто 66416 тонн руды. Попутно со свинцом, цинком и мышьяком из руд извлекались серебро и золото. Добыча руды возобновилась Кличкинским рудником в 1955 году, и по 1994 год добыто 7030 тыс. т руды, 61 тыс. т свинца, 270 тыс. т цинка.

Верхняя часть месторождения была разведана поверхностными буровыми скважинами по сети 50 x 50 м, что

Таблица 8.6  
**Запасы и ресурсы полезных компонентов**  
**месторождения Савинское № 5**

Категория запасов			B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
Руда, компонент	ед. измерения	содержание, %		
Руда	тыс. т		2884	2419
Свинец	тыс. т	1,50	32,6	3,1
Цинк	тыс. т	3,85	138,1	90
Золото	кг	0,08 *	151,8	—
Серебро	т	15,8 *	31,7	—
Кадмий	т	0,018	262,3	—
Висмут	т	0,0011	2211	—

\* Для золота и серебра — г/т.

обеспечивало подсчет запасов по категории В. На средних и нижних горизонтах сеть была разрежена до 50 x 100 м, и запасы квалифицировались по категории С<sub>1</sub>. Отсутствие заверочных подземных выработок привело к ошибочным представлениям о морфологии рудных тел и существенно изменило количество подсчитанных запасов руды и металлов.

На верхних горизонтах руды залежали в пачке частого переслаивания карбонатных и силикатных пород в виде более или менее протяженных зон прожилково-вкрапленного оруденения. На горизонтах 550–570 метров вмещающими породами оказались скарны и скарнированные известняки. Это усложнило морфологию рудных тел, которые оказались представленными линзообразными и трубообразными телами, протяженностью по простиранию 70–500 м, по падению — до 900 м, при мощности от 1 до 20–30 метров. Изменился также и химический состав руд: при снижении среднего содержания свинца почти в два раза несколько повысилось содержание цинка.

Месторождение было вскрыто комбинированным способом — капитальной штольней и слепым стволом с клетьевым подъемом, с расстоянием между эксплуатационными горизонтами 40 метров. На верхних горизонтах наиболее

часто применялись камерные системы с подэтажной отбойкой глубокими скважинами, а с глубиной, в связи с усложнением морфологии рудных тел, увеличился объем систем с магазинированием руды при мелкошпуровой отбойке и скрепировании при пологом их залегании.

Для компенсации снижения качества добываемых руд была увеличена годовая производительность рудника до 210–220 тыс. тонн. С этой целью пройден второй клетьевой ствол и реконструирована обогатительная фабрика. Это, а также наличие в свинцовых и цинковых концентратах оплачиваемых попутных компонентов Au, Ag, Bi и Cd, обеспечивало рентабельную работу предприятия.

С 1994 года добыча руды прекращена.

#### **Новоширокинский геолого-промышленный тип.**

Этот тип полиметаллических месторождений представлен жилами и штокверковыми зонами в силикатных породах (эффузивах, гранитоидах и др.). К нему принадлежат, в основном, месторождения, открытые в Приаргунье во второй половине XX века – Новоширокинское, Нойон-Тологойское, Новопокровское и другие, а также известное с 1815 года Алгачинское месторождение. К этому же типу относится и Курултыкинское месторождение Хапчерангинского рудного района.

Для месторождений рассматриваемого типа характерны прожилково-вкрапленные, реже массивные руды, с содержанием свинца 3–3,5%, цинка – 2–2,5% и обычным отношением свинца к цинку порядка 1/0,8. Протяженность жил и минерализованных зон меняется от 100–200 м до 500–900 м при мощности 0,5–3 м; по падению оруденение прослеживается до 200–300 метров. Рудные минералы представлены галенитом, сфалеритом и переменными количествами халькопирита, пирита, пирротина, арсенопирита, буланжерита, а также аргентита, самородного золота и других компонентов. В рудах в качестве основных элементов-примесей, кроме золота и серебра, содержатся медь, индий, кадмий и другие. При повышенных концентрациях золота месторождения являются комплексными золото-полиметаллическими (Новоширокинское).

Новоширокинское золото-полиметаллическое месторождение расположено в Газимуро-Заводском районе, в 25 км к северо-востоку от села Газимурский Завод. Открыто и разведано в 1951–1962 годах М.Р. Дудиным. С 1970 года с перерывами строится рудник. Рудовмещающей структурой является Новоширокинский субширотный разлом. Рудное поле сложено породами нижних горизонтов средней (эффузивной) и нижней (туфогенно-осадочной) толщи шадоронской серии. Рудные тела контролируются серией кулисообразных трещин северо-западного простирания. К промышленным рудным телам относятся Главное, Седьмое, Пятое и группа из 10 тел северо-западного фланга. Рудные тела жилообразные, северо-западного простирания и крутого юго-западного падения. Длина по простиранию 540–1430 м, в среднем 540–670 м, по падению – 40–450 метров. Мощность 3,4–6,6 метра. Рудные тела брекчированы, не выдержаны по мощности, с раздувами, пережимами, апофизами. Главные рудные минералы – галенит, сфалерит, пирит; второстепенные – халькопирит, гематит, ковеллин, малахит, смитсонит; редкие – бурнонит, золото, англезит, борнит, халькозин. Галенит образует мелкозернистые агрегаты идиоморфных зерен 0,1–1,0 мм, сфалерит – мелкозернистые агрегаты 0,5–1,0 мм и гнездообразные скопления зерен 2,0–2,5 см. Пирит в виде кристаллов размером 0,01–3 мм и крупнозернистых агрегатов – до 1,0–1,5 см. Руды кокардовые, брекчиевые, массивные, метаколлоидные, полосчатые, прожилково-вкрапленные, переотложенные. Типы руд – медистые серно-колчеданные, кварцево-полиметаллические, карбонатные полиметаллические. Балансовые запасы даны в табл. 8.3. Кроме того, возможно извлечение меди – 26 тыс. тонн. На 01.01.1984 г. учтены также запасы рассеянных элементов по категории  $C_2$ : галлия – 93,7 т, германия – 18,7 т, индия – 15 т, таллия – 28,1 т. В Гинцветмете по технологической схеме коллективной селективной флотации сульфидных полиметаллических руд получен свинцовый концентрат, содержащий свинца 62,7% при извлечении его из руды 92%, цинковый концентрат с содержанием цинка 54,3% при

извлечении 64%. Содержание серы в свинцовом концентрате 16,42%, цинковом – 29,89%. Получается пиритный концентрат с содержанием пирита 49,6% при извлечении его из руды 50%. Обеспеченность запасами – 23 года при годовой производительности по руде 400 тысяч тонн. Годовая производительность цинка – 5500 т, свинца – 12800 т, золота – 1300 кг. Общие перспективы Новоширокинского рудного поля оцениваются в 500–600 тыс. т свинца и 40 т золота. Описание месторождения дано с использованием материалов И.Р. Заворотных [Энциклопедия Забайкалья, 2005].

Нойон-Тологойское месторождение относится к совершенно новому для Забайкалья типу. Оно расположено в Александрово-Заводском районе, в 30 км к северу от рудника Кличка Нерчинского полиметаллического комбината. Разведывалось с 1991 года. Локализовано в северо-восточном замыкании Западно-Урулюнгуевской впадины, выполненной мезозойскими осадочными и субвулканическими отложениями на пересечении Еланенской северо-восточного простирания и Бутунтаевской широтного простирания зон разломов. Выделено четыре разобщенных рудонасыщенных участка: Центральный, Юго-Восточный, Северо-Восточный и Восточный (рис. 8.24). Оруденение приурочено к тектонически нарушенным породам вдоль круто- и пологопадающих разрывов и зон трещиноватости и развивается по всему разрезу осадочно-вулканогенных образований, включающих конгломераты, базальты, сиенит-порфиры. Размах оруденения по вертикали – более 500 метров. Рудные залежи имеют жилообразную, пластообразную и штокверкоподобную формы. Мощность жило- и пластообразных залежей – 1–24 м, средняя по залежам 4,54–12,23 метра. Мощность штокверкоподобных залежей достигает 80–120 м, в их контурах выделяется до 25 рудных интервалов мощностью от 1 до 48 метров. Окисленные руды развиты ограничено до глубины 20–30 метров. Запасы категории  $C_2$  составляют: свинца – 205,4 тыс. т, цинка – 217,4 тыс. т, серебра – 948,9 кг. Содержание (в %): Zn – 0,73–2,38 (среднее 1,55); Pb – 1,05–3,27 (среднее 1,46); Ag – 10,68–67,76 (среднее 67,6) г/т.

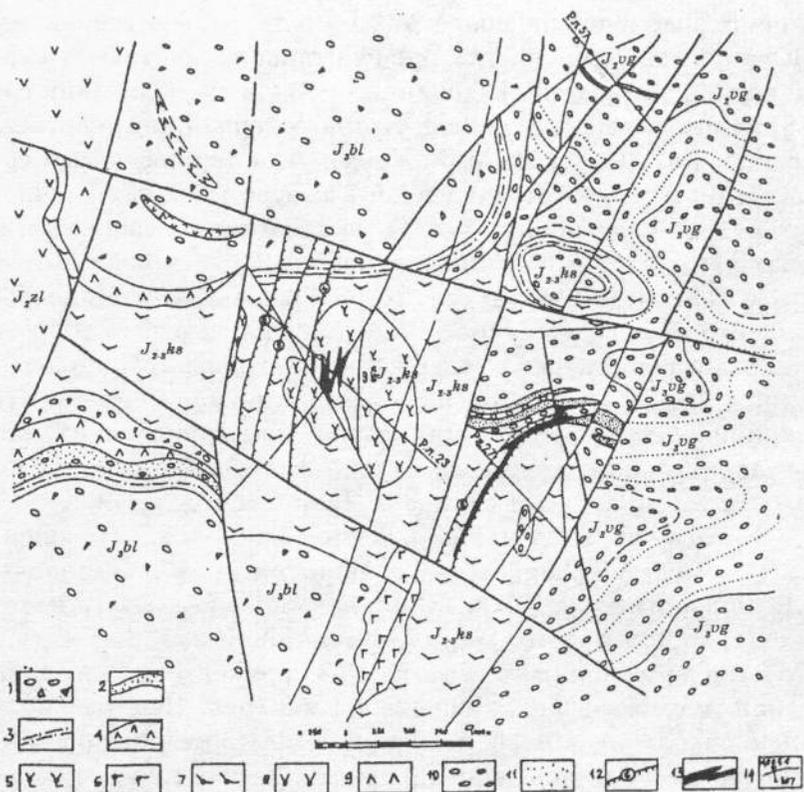


Рис. 8.24. Месторождение Нойон-Тологой (по А.Н. Тарабарко и Г.Н. Губкину, 1996; Гловой и др., 2001).

1–4 – болбойская свита ( $J_{2bl}$ ): 1 – конгломераты и туфоконогломераты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – туфы дацитов; 5–6 – акатуйский интрузивный комплекс ( $J_{23a}$ ): 5 – сиенит-порфиры, 6 – субщелочное габбро; 7 – кайласская свита ( $J_{23ks}$ ): базальты, трахиандезит-базальты, трахиандезиты с прослоями конгломератов, песчаников, алевролитов; 8–9 – залгатуйская свита ( $J_{2zl}$ ): 8 – трахиандезиты, 9 – дациты; 10–11 – верхнегазимурская свита ( $J_{2vg}$ ): 10 – конгломераты разногалеchnые, 11 – прослои и линзы песчаников; 12 – пологие тектонические нарушения и их номера; 13 – рудные тела; 14 – колонковая скважина, её номер и глубина на разрезах.

Присутствует попутное золото (0,09 г/т). По Центральному и Юго-Восточному участкам подсчитаны прогнозные ресурсы руд по категории  $P_1$  (свинца – 714,6 тыс. т, цинка – 873,6 тыс. т, серебра – 3061 т, при содержаниях, соответственно, 1,04%, 1,22% и 44,5 г/т). В окрестностях месторождения подсчитаны прогнозные ресурсы бедных и рядовых руд по категориям  $P_2$  и  $P_3$  со средним содержанием в рудах свинца 1,36%, цинка – 11,2%. В рудах содержатся также кадмий (82 г/т) и сера (5,58%). Получен свинцовый концентрат – с содержанием Pb – 52% с извлечением 91,5%, цинковый концентрат с содержанием металла 45% с извлечением 86,3% и серебра 52%. В свинцовом концентрате накапливается висмут, в цинковом – кадмий и индий. По предварительной оценке является самым крупным месторождением по запасам свинца в Читинской области.

К этому же типу месторождений относится и Новопокровское месторождение (охарактеризовано по материалам И.Р. Заворотных, 2001 г.). Оно расположено в Калганском районе, в 108 км к юго-западу от рудника Кадая. Открыто в 1764 году рудопромышленником Сибиряковым. Разведано в 1958 году. Разработка начата с 1963 года. Приурочено к зонам дробления в известняках, сланцах алтачинской свиты нижнего палеозоя, конгломератах, песчаниках, сланцах калганской свиты ранней-средней юры. Рудные тела приурочены к зоне северо-западного (субмеридионального) простирания шириной 50–70 метров. Рудные тела жилеобразной формы (Главное, Четвертое, Западное), длина 30–300 м по простиранию и 100–250 м по падению. Мощность 1–25 метров. Главные рудные минералы: сфалерит, пирит, галенит, арсенопирит; второстепенные – пирит, пирротин, мельниковит, марказит, магнетит, гематит; редко встречаются – халькопирит, блеклая руда, буланжерит, бурнонит, энаргит, леллингит, станнин.

Зона окисления развита до глубины 60 метров и представлена кварцем, лимонитом с примесью скородита, галенита, ярозита, церуссита, смитсонита, бедантита, реже анг-

лезита, малахита. Руды прожилково-вкрапленные (80%) и сплошные (20%). Минеральные типы руд галенитово-сфалеритовые, сфалеритово-галенитовые, существенно галенитовые, существенно сфалеритовые, пиритово-арсенопиритовые, пирротиновые, магнетитовые, буланжеритовые.

Запасы руды по категориям  $A+B+C_1$  – 789 тыс. т,  $C_2$  – 321 тыс. т, свинца – 28,4 тыс. т, цинка – 32 тыс. т и запасы попутных полезных компонентов по категории  $C_2$ : кадмия – 254,7 т, золота – 717 кг, серебра – 114,3 т, галлия – 17,5 тонны. С начала разработки добыто: руды – 234 тыс. т, свинца – 4,3 тыс. т, цинка – 4,6 тыс. т, попутных: кадмия – 55,5 т, золота – 153 кг, серебра – 24,3 т, галлия – 4 тонны. Отрабатывалось карьером. Готовилось к подземной отработке. С 1992 года добыча руды не ведется.

Алгачинское месторождение, расположенное в Александрово-Заводском районе, в 26 км к юго-западу от села Александровский Завод, также относится к новоширокинскому типу, и несмотря на то, что пространственно относится к Кличкинскому рудному району, рассматривается в этой группе. Описано с использованием материалов И.Р. Заворотных, 2001 г. Открыто в 1815 году П. Домашевским как Южно-Покровский участок. Разрабатывалось до 1906 года, с 1932 по 1946 год и с 1951 по 1955 год. Всего добыто 188,5 тыс. т руды, 8,3 тыс. т Pb, 2,6 тыс. т Zn, 1745 тыс. т As. Разведывалось в 1956–1962 годах. Рудовмещающей структурой является Северная антиклиналь. Месторождение состоит из пяти участков, расположенных на расстоянии 0,5–1,25 км один от другого. Жилы всех участков имеют северо-восточное простирание и крутое северо-западное падение, кроме жилы Алгачинского участка, имеющей южное падение. Длина по простиранию и мощность по падению, соответственно: 90–320, 70–500 и 0,15–5,2 метра. Глубина залегания кровли жил 0–243 метра. Они отработаны до глубины 25–166 метров. Зона окисления рудных тел прослежена до глубины 5–30 метров. В составе руд галенит, буланжерит, сфалерит, арсенопирит, пирит, золото, аргентит. Галенит нахо-

дится в виде прожилков, линз, вкрапленников и сплошных сульфидных руд, буланжерит – в форме микросростков, размером от сотых долей до 0,5 мм, ассоциирующих с мелкозернистым галенитом. Сфалерит, в основном, крупнокристаллический и находится среди кварца, галенита и других сульфидов в виде полос шириной до 1,5 сантиметра. Текстуры руд массивные, полосчатые, брекчиевидные, прожилковые, вкрапленные, пятнистые. Окисленные руды относятся к корковым, пористым, охристым колломорфным разновидностям. Характерна высокая мышьяковистость руд. Общие перспективы месторождения оцениваются в 80–100 тыс. т Pb, 300–400 т Ag. Возможно открытие новых слепых рудных тел.

На начало 1993 года в Читинской области эксплуатировались 8 полиметаллических месторождений: Воздвиженское, Благодатское, Екатерино-Благодатское, Центральное, Михайловское, Кадаинское, Савинское № 5 и Северо-Акатуевское, расположенные в Нерчинско-Заводском, Кличкинском и Шахтаминском рудных районах. Были подготовлены к эксплуатации Новоширокинское и Новопокровское месторождения, разведаны и находились в резерве Спасское и Октябрьское, проведена оценка месторождения Нойон-Тологой.

В Республике Бурятия разведано два крупных месторождения свинцово-цинковых руд – Холоднинское в Северном Прибайкалье и Озерное – в Западном Забайкалье. По данным Д.И. Царева (Месторождения Забайкалья, 1995), Озерное месторождение вместе с 17 месторождениями и рудопроявлениями свинца, цинка, меди, железа и других полезных ископаемых расположено в нижнекембрийских вулканогенно-осадочных породах в кровле палеозойских гранитов и образует Озернинский рудный узел. Подобные останцы образуют цепь мелких полиметаллических проявлений, протягивающуюся от р. Витим до верхнего течения р. Джиды в Южном Прибайкалье. Она может быть сопоставима с рассмотренным выше Приаргунским полиметаллическим поясом. Длина рудных тел 1300–2340 м, мощность – от 1–2 до 30–45 метров. Руды галенит-сфалерит-пирито-

вые. Руды труднообогатимы: флотацией при извлечении в концентрат до 80% металла: Pb – 72–76%; Zn – 67–76%; пирит – 52–54%. Соотношение Zn/Pb = 5–6:1. Попутно могут быть извлечены Cd, Ag, Tl. Запасы свинца составляют 1550 тыс. т, цинка – 8200 тыс. т при содержаниях, соответственно, 1,2% и 6,2%.

Для руд Холоднинского месторождения средние содержания (%): Zn – 4,0–6,3; Pb – 0,5–1,7; Cu – 0,02–0,05. Из элементов-примесей присутствуют (г/т): Cd – 80–100; As – 200–500; Sb – 30–50; Ag – 6,4–15,4; Au – 0,1–0,2 (Месторождения Забайкалья, 1995). Запасы цинка составляют 10 млн. т, свинца – 1,5 млн. т при среднем содержании цинка 2,7–10%, свинца – 0,5–3,7%. Вероятность его освоения проблематична в связи с тем, что оно находится в охранной зоне Байкала.

**Перспективы развития минерально-сырьевой базы свинца и цинка.**

В балансе промышленных запасов около 90% приходится на руды нерчинского типа, заключенные в малых и средних по масштабам месторождениях. Общие запасы обеспечивают восстановление и развитие добычи только на ближайшие годы, поэтому важное значение приобретает реализация прогнозных ресурсов, преобладающая часть которых ожидается в районах действующих предприятий. В частности, прогнозные ресурсы Нерчинско-Заводского, Кадаинского, Явленского, Запокровского и Козулинского рудных узлов в Нерчинско-Заводском районе оцениваются примерно в 1 млн. т свинца и 1,4 млн. т цинка; в Кличкинском рудном районе прогнозируется по 1,5 млн. т свинца и цинка, примерно половина которых приходится на Нойон-Тологойское месторождение; в Шахтаминском и Будюмкано-Култуминском рудных районах – от 0,2 до 0,3 млн. т свинца и цинка. Попутные свинец и цинк в рудах Бугдаинского месторождения также могут внести существенный вклад в сырьевые ресурсы этих металлов. Они составляют для Pb – 509,0 тыс. т с содержанием 0,085% и для Zn – 650,3 тыс. т с содержанием 0,110%.

Большие надежды возлагаются и на новые районы, в особенности севера Читинской области, минерагенический потенциал которого по свинцу и цинку в сумме оценивается в 3–3,5 млн. тонн. Здесь возможно открытие месторождений новых типов, в том числе стратиформных рудных залежей в известняково-доломитовых толщах Березовского прогиба Сибирской платформы (рудопроявления Бестях, Оттах и др.), а также колчеданно-полиметаллических руд озернинского типа на северо-восточном продолжении Удино-Витимской рудной зоны Бурятии (Илькилонский рудный узел) и другие [Чечеткин и др, 1997].

### **8.3.7. Сурьма**

На территории области сурьмяная минерализация распространена в виде многочисленных коренных проявлений, однако объекты промышленной значимости пока не разведаны. Собственно сурьмяные месторождения развиты ограниченно. Обычно сурьма ассоциирована с ртутью (Казаковский, Нерчинский, Марьинский и другие ртутно-сурьмяные узлы), ртутью и вольфрамом в ферберите (Барун-Шивеинское, Ново-Ивановское), шеелите (Ново-Казачинское и Усть-Сергинское), с серебром (до 240 г/т) и мышьяком – до 2–16% (Ртутно-Ильдиканское). Широко распространены месторождения золота, в которых в качестве попутного компонента присутствует сурьма, и руды являются комплексными (Итакинское, Апрельковское месторождения). Значительные массы сурьмы были в постзолотых антимонитово-кварцевых жилах на Тасеевском золото-серебряном месторождении. Минералы сурьмы присутствуют и в полиметаллических рудах.

#### **8.3.7.1. Свойства.**

Сурьма (Sb, V, 51), полуметалл, серебристый, твердый, хрупкий, обладает металлическим обликом; проявляет амфотерные свойства, халькофильный, устойчивые валентности 3<sup>+</sup>, 5<sup>+</sup>.

Плотность 6691 кг/м<sup>3</sup>; твердость по Бринеллю 294–384 МПа; температура плавления 630°С, кипения – 1635; теп-

лопроводность  $54,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ; удельное электрическое сопротивление  $39,0 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость  $- 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Сурьма – токсичный элемент (II–III классы опасности). ПДК<sub>р.з</sub> Sb –  $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ , ПДК<sub>м.р</sub> оксидов и соединений с хлором и фтором –  $0,3$ , ПДК<sub>с.с</sub> Sb –  $0,01$ , оксидов –  $0,02 \text{ мг}/\text{м}^3$ ; ПДК<sub>в</sub> –  $0,05 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

### **8.3.7.2. Распространенность и запасы.**

Кларк сурьмы земной коры  $0,5 \text{ г}/\text{т}$ . Средние ее содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных –  $0,1$ , основных –  $1,0$ , средних –  $0,2$ , кислых –  $0,26$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $2,0$ . Естественное содержание в почвах  $0,6 \text{ г}/\text{т}$ .

Мировые запасы сурьмы –  $5,3 \text{ млн. т}$ , годовое производство находится в пределах  $63\text{--}106 \text{ тыс. тонн}$ . Наиболее крупные производители – Китай, Боливия, ЮАР, Турция, Канада, Гватемала, Мексика. В странах СНГ сурьму добывают в Таджикистане, Киргизии, России (Саха-Якутия).

### **8.3.7.3. Области использования.**

Используют преимущественно для производства металла и сплавов, а также в химической промышленности, керамическом и стекольном производстве.

### **8.3.7.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно более  $150$  минералов сурьмы. Среди них преобладают сульфoантимониты и оксиды. Промышленное значение имеет один минерал – антимонит ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ,  $71,4\% \text{ Sb}$ ). В современной минералогии за рубежом принято использовать название стибнит.

Промышленные типы месторождений – антимонитовый плутоногенный, антимонитовый джаспероидный телетермальный, золото-антимонитовый кварцево-жильный телетермальный, полисульфидно-сурьмяный поствулканический.

Наибольшее значение имеют три первых типа. В Забайкалье – первый, второй и третий.

По запасам сурьмы (тыс. т) месторождения подразделяются на уникальные – более 300, крупные – 300–100, средние – 100–50, мелкие – менее 50.

Промышленные руды – сурьмяные монометалльные, комплексные, сурьмусодержащие. По содержанию сурьмы (%) руды подразделяют на богатые – более 30, рядовые – 30–5, бедные – 5–0,8.

### **8.3.7.5. Добыча и переработка руд.**

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовка руд к переделу включает дробление, сортировку богатых руд и обогащение бедного сырья с применением предварительного обогащения в тяжелых суспензиях и дальнейшее глубокое обогащение промпродуктов по комбинированным технологиям (гравитация, флотация). Извлечение сурьмы из руд различных типов достигает 92% при содержании ее в концентрате 30–60%.

Обогащение руд комплексного состава дает возможность попутно получать сурьмяно-ртутные, флюоритовые и полиметаллические концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет: 70–85% Hg, 30–35% Cu. К вредным примесям в концентрате относится мышьяк. Перерабатывают богатые сурьмяные руды и концентраты термическими способами. Товарные продукты – сурьма металлическая трехсернистая – содержит, соответственно, сурьмы (в %) 99,8–99,9 и 45–70. Сопутствующую ртуть, содержащуюся в концентратах, переводят в летучую форму, а затем извлекают конденсацией.

Вредные примеси в сурьме: Fe, Ni, Pb, Sn, As, S<sub>своб.</sub>

### **8.3.7.6. Месторождения сурьмы в Забайкалье.**

На территории Читинской области согласно сводке В.Г. Васильева [Месторождения Забайкалья, 1995] известно до 250 пунктов сурьмяной минерализации. В собственно

сурьмяных рудопроявлениях, где антимонит значительно преобладает над киноварью, содержания сурьмы обычно довольно высокие – до 5–10%, иногда даже до 30%. Как и в собственно ртутных, в некоторых сурьмяных рудопроявлениях присутствует золото (до 3,5 г/т). Иногда золото достигает промышленных концентраций и руды относятся к комплексным сурьмяно-золотым (Итакинское, Апрельковское месторождения). Как и для киновари, характерна связь сурьмяной минерализации с зонами тектонической брекчии и низкотемпературного окварцевания.

Сурьмяные и золото-сурьмяные проявления концентрируются обычно в пределах протяженных (от нескольких десятков до сотен километров) рудных зон, главными из которых являются: 1) Газимурская зона киноварно-флюоритово-антимонитовой минерализации с прогнозными ресурсами 60 тыс. т; 2) Итака-Дарасунская зона золото-антимонитового оруденения с прогнозными ресурсами 30 тыс. т и 3) Тыргетуй-Жипкопинская зона антимонитового оруденения с прогнозными ресурсами 50 тыс. тонн.

#### Газимурская зона.

В пределах этой зоны находится наиболее хорошо изученное Солонеченское месторождение сурьмяных руд, относящееся по В.Г. Васильеву [Месторождения Забайкалья, 1995] к наиболее важному джаспероидному типу. Оно находится в 15 км южнее с. Будюмкан Газимуро-Заводского района. Открыто в 1944 году Л.Н. Постниковым. Поисково-оценочные работы проводились в 1952–1957 годах трестом «Союзредметразведка». На площади месторождения, по данным Х.Я. Хейн, выявлено несколько десятков рудных тел протяженностью 45–180 м, при средней мощности 2,7–20 метров. Руды находятся среди сланцево-карбонатной толщи нижнекембрийского возраста в стратифицированном пласте джаспероидов и доломитов. Рудные тела имеют форму пластов, линз, тел сложной морфологии (рис. 8.25). Развито и прожилково-вкрапленное оруденение. Руды антимонитовые; антимонитово-кварцевые с тонкозернистым пиритом, арсенипиритом, флюоритом; пиритово-арсенипиритово-кварцевые

с золотом. Содержание сурьмы 4–24%, среднее – 7,2%. Запасы оценены по трем жилам по категории  $C_1 + C_2$  в количестве 8520 т сурьмы при среднем содержании 7,2%. В 1988 году С.П. Чипизубовым прогнозные ресурсы категории  $P_2$  оценены в 45,1 тыс. т при среднем содержании 5,3%. В 1995 году В.Г. Васильевым с учетом отнесения оруденения к джаспероидному типу ресурсы  $P_1 + P_2$  оцениваются в 60 тыс. т сурьмы [Месторождения Забайкалья, 1995]. В контуре мес-

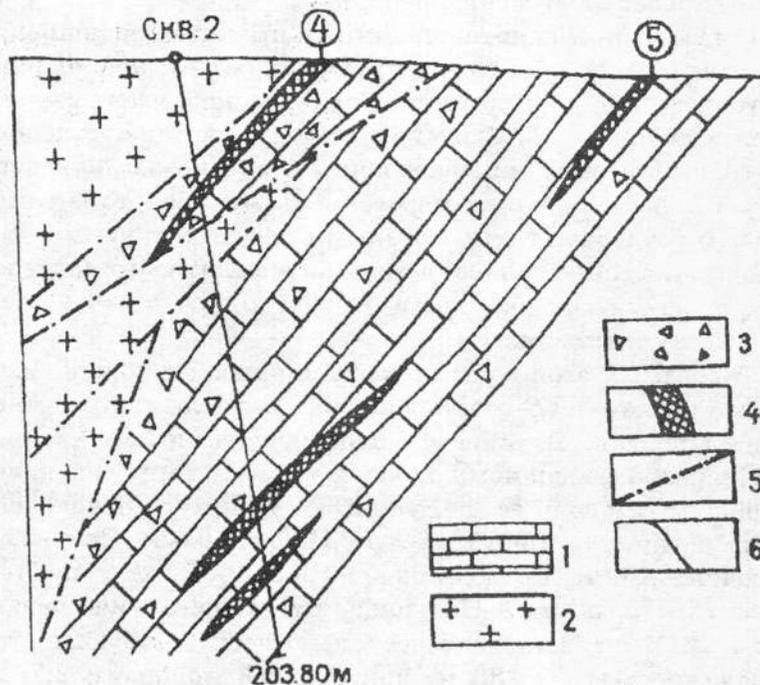


Рис. 8.25. Схематический геологический разрез центральной части Западного участка Солонечинского месторождения сурьмы (по материалам Х.Я. Хейн, В.Д. Сазонова; Месторождения Забайкалья, 1995)

1 – известняки и доломиты; 2 – граниты; 3 – брекчии; 4 – рудные тела и их номера; 5 – разрывные нарушения; 6 – контакты пород.

торождения известно также и собственно золотое оруденение в халцедоновидном кварце, что чрезвычайно важно, если учесть широкое развитие наложенного антимонита в отдельных частях Тасеевского золото-серебряного месторождения. Перспективы увеличения запасов (до масштабов крупного месторождения) связываются с изучением глубоких горизонтов и флангов. С 9 ноября 2005 года правом пользования недрами на площади Солонеченского месторождения обладает ООО «ГРК Быстринское».

**Итака-Дарасунская зона.**

Итака-Дарасунская зона включает Итакинское, Апрельковское, Дельмачикское, Жикошинское месторождение и другие золото-сурьмяные рудные поля.

**Итакинское золото-сурьмяное месторождение** расположено в Могочинском районе, в 38 км к северу от ж.-д. ст. Ксеньевская. Коренное золото выявлено в 1961–1963 годах. Состоит из нескольких участков (Сурьмяная Горка, Гавриловский, Малеевский, Алексеевский). На некоторых участках велась старательская добыча золотосодержащего сурьмяного концентрата. Оруденение относится к золотоантимонитовому типу. Руды локализованы в зонах дробления и каолинизации гранитогнейсов архейского возраста и представлены жильными и минерализованными зонами. Выявлено более 20 антимонитово-кварцевых жил протяженностью десятки – первые сотни метров и мощностью 0,1–0,3 м, до 2,7 метра. Серии жил образуют рудные зоны протяженностью до 800 м и мощностью до 30 метров. Оруденение прослежено до глубины 50 метров. Рудные тела – жилы, линейные жильные зоны, гнезда, тела сложной морфологии. Руды кварцево-антимонитовые с участием кварцево-полиметаллической и кварцево-пиритово-арсенипиритовой минерализации с Au. Содержание Sb неравномерное, в среднем составляя по разным рудным телам 4,5–16%. В 70 км к юго-востоку от Итакинского расположено аналогичное Майское золотосурьмяное месторождение.

В пределах рассматриваемой зоны южнее Дарасунского месторождения золота, где также развита сурьмяная

минерализация, находятся Дельмачикское и Апрельковское золото-сурьмяные месторождения.

#### **Тыргетуй-Жипкошинская зона.**

В 25 км от пос. Первомайский, в Могойтуйском районе, в 4 км к юго-западу от с. Берея находится Жипкошинское месторождение сурьмы. Оно выявлено в 1957 году. По данным В.Г. Васильева [Месторождения Забайкалья, 1995], оруденение относится к субвулканическому типу. Месторождение локализовано в зоне дробления триасовых базальных конгломератов, согласно перекрытых юрскими эффузивами. Представлено относительно выдержанными кварц-антимонитовыми жилами протяженностью до 130 м при мощности до 0,9 метра. Известно два участка – Западный и Восточный. На Западном руды сложены кварцем и антимонитом, часто мономинеральным антимонитом с редкими зернами пирита, содержание Sb от 27 до 46 %. На Восточном участке более развито прожилковое оруденение с содержанием Sb до 5%. Содержание золота достигает 0,8 г/т. Запасы категории C<sub>1</sub> Западного участка М.И. Тулохоновым в 1962 году оценивались в 3500 т сурьмы.

**Тыргетуйское месторождение** (описание дается по В.Г. Васильеву, Месторождения Забайкалья, 1995) расположено в Карымском районе, в 32 км от ж.-д. ст. Дарасун. Л.Н. Землянским и Н.А. Лопатыным в 1953–1955 годах и 1958–1960 годах проведены поисково-оценочные работы. Выявлено 16 антимонит-кварцевых жил протяженностью от 50 до 240 м при мощности 0,1–4,2 метра. Глубина залегания кровли – до 50 м от дневной поверхности. Рудные тела приурочены к эруптивному аппарату среди милонитизированных песчано-сланцево-конгломератовых пород юрско-мелового возраста. Тип оруденения субвулканический кварцево-антимонитовый. Форма рудных тел – крутозалегающие жилы. Руды кварцево-антимонитовые, содержат бертьерит, арсенопирит, золото. Содержание сурьмы – до 28%, золота – 1–3 г/т. Месторождение входит в Туринскую группу. Запасы по данным разведки 9 жил составляли 2230 т сурьмы и были списаны с баланса в связи с открытием крупных месторождений в Киргизии и Якутии.

В 27 км юго-восточнее с. Дульдурга находится Нарин-Кондуйское проявление сурьмяных руд. Оно было открыто Усть-Илинской партией ЧГУ и оценивалось Л.Н. Землянским в 1980–1984 годах. Главное рудное тело прослежено по простиранию на 200 м, на глубину – до 97 метров. Средняя мощность – 4,5 метра. Рудное тело, его апофизы и ряд рудных точек связаны с вулканно-плутонической структурой среди терригенных пород мезозоя. Предполагаемый тип оруденения субвулканический [Месторождения Забайкалья, 1995]. Форма рудных тел – крутозалегающие жилы. В лежачих боках развиты массивные антимонитовые руды, сцементированные халцедоновидным кварцем с содержанием сурьмы 19–42%, переходящие в прожилково-вкрапленное оруденение. Состав руд кварцево-антимонитовый с участием арсенопирита, шеелита, сфалерита, золота. Содержания сурьмы достигают 38–42%, среднее – 8,46%. Рудопроявление рассматривается в качестве потенциального сурьмяного месторождения среднего масштаба.

Потеря основных минерально-сырьевых баз сурьмы, происшедшая в связи с распадом СССР, заставляет обратить внимание на специальное изучение таких регионов, как Забайкалье, с его давно известными, но недостаточно оцененными многочисленными рудопроявлениями. При благоприятных условиях Читинская область может стать одним из основных поставщиков сурьмы в России. Наибольший интерес представляет золотосодержащее киноварно-флюоритово-антимонитовое (с золотом) оруденение Тыргетуй-Жипкошинской зоны. Для окончательной оценки перспектив сурьмяного оруденения в Забайкалье необходимо провести целенаправленные геологоразведочные работы.

### **8.3.8. Ртуть.**

Промышленные месторождения ртути, за исключением комплексного Барун-Шивеинского, на территории Забайкалья неизвестны. Тем не менее, добыча ее производилась в 1759–1833 годах из руд Ильдиканского ртутно-полиметаллического месторождения, участок Ртутный Ильдикан

(см. табл.1.1). За период обработки месторождения (1753–1833 гг.) добыто киноварной руды – 164,51 т, в 1797–1798 годах – 6,96 т чистой киновари.

### **8.3.8.1. Свойства.**

Ртуть (Hg, II, 80), металл, серебристый, жидкий; проявляет основные свойства, халькофильный, валентности 0, 1<sup>+</sup>, 2<sup>+</sup>.

Плотность 13546 кг/м<sup>3</sup>; температура плавления 38,87°С, кипения – 643; теплопроводность 8,34 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление 94,1 · 10<sup>-9</sup> Ом·м; удельная магнитная восприимчивость 0,1 · 10<sup>-9</sup> м<sup>3</sup>/кг; температурный коэффициент линейного расширения 18,1 · 10<sup>-5</sup> К<sup>-1</sup>.

Ртуть – высокотоксичный элемент (I класс опасности). ПДК<sub>м.р</sub> Hg – 0,0003 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>с.с</sub> Hg – 0,0003 мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>в</sub> солей ртути – 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК<sub>в.р</sub> HgCl – 0,00001.

### **2.3.8.2. Распространенность и запасы.**

Кларк ртути земной коры 0,083 г/т. Средние ее содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0,01, основных – 0,03, средних – 0,07, кислых – 0,08, осадочных (глинах и сланцах) – 0,4. Естественное содержание в почвах 0,06–0,3 г/т.

Мировые запасы ртути – около 300 тыс. тонн, годовое производство составляет 3 тыс. тонн. Наиболее крупные производители – Испания, Киргизия, Алжир, Китай. В России добывают 10 тонн ртути в год.

### **8.3.8.3. Области использования.**

Структура потребления (%): электротехническая промышленность – 33; производство хлора и каустической соды – 33; для контрольно-измерительных приборов, красок, стоматологических материалов – 34.

### **8.3.8.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно 87 минералов ртути. Среди них преобладают интерметаллиды и халькогениды. Промышленное значение

имеет один минерал – киноварь ( $\text{HgS}$ , 86,25% Hg). Редко промышленное значение имеет самородная ртуть. В геотехногенных месторождениях может накапливаться в виде амальгам в зоне криоминералогенеза.

Промышленное значение могут иметь комплексные золото-серебряно-ртутные руды, в которых ртуть содержится в сульфосолях. Важнейшая из них – шватцит ( $\text{Cu}_{10}\text{Hg}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ , до 17% Hg), развитая в рудах Хайдарканского месторождения в Киргизии. Присутствует она и в золото-серебряных рудах Тасеевского месторождения в Забайкалье.

Промышленные типы месторождений – телетермальный (кварц-диккитовый, джаспероидный, карбонатный, листовитовый) и вулканогенный (полиаргиллитовый, травертиновый, опалитовый).

По запасам ртути (т) месторождения подразделяют на весьма крупные – десятки тысяч, крупные – тысячи, средние – первые сотни, небольшие – до первых десятков, мелкие – до единиц.

Особенности при поисках и разведке заключаются в эффективности применения шлихового и литохимического методов по основному и сопутствующим элементам, а также газово-ртутной съемки.

Промышленные руды – собственно ртутные (киноварные, ртутно-самородные и оксихлоридные) и комплексные (блеклые руды, киноварно-антимонитовые, ливингстонитовые, киноварно-баритовые, киноварно-золотоносные, ртутно-вольфрамовые, ртутно-мышьяковые, ртутьсодержащие полиметаллические руды, каустобиолиты, карбонатные породы). По содержанию ртути (%) руды подразделяют на уникальные – десятки, весьма богатые – единицы, богатые – около 1, повышенного качества – 0,3–0,2, рядовые – 0,2–0,1, бедные – 0,1–0,06, очень бедные – первые сотые доли.

#### **8.3.8.5. Добыча и переработка руд.**

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами. Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обога-

щением бедного сырья с применением гравитационных, флотационных и комбинированных технологий. Извлечение ртути из руд различных типов составляет 80–90% при содержании ее в концентрате 0,7–3%. К вредным примесям в концентрате относят сурьму, мышьяк и серу.

При обогащении руд комплексного состава возможно попутное получение сурьмяных и флюоритовых концентратов. Извлечение сопутствующих элементов составляет 30–40%. Богатые руды и концентраты перерабатывают пирометаллургическим и гидрометаллургическим способами.

Товарный продукт содержит 99,90–99,99% Hg. Вредные примеси в ртути – нелетучий остаток (механические органические и металлические примеси).

#### ***8.3.8.6. Месторождения ртути и перспективы открытия промышленных месторождений.***

Барун-Шивеинское месторождение ртути, сурьмы и вольфрама рассмотрено выше при характеристике вольфрамовых руд, и поэтому здесь лишь отметим, что оруденение тяготеет к разрывным нарушениям субширотного и северо-восточного простирания. Рудовмещающие нарушения имеют кулисообразное строение, развиты оперяющие и соединяющие их трещины с оруденением, образующие рудный штокверк с продуктивным оруденением в полосе шириной 300 метров. Главная масса промышленных комплексных рудных тел сосредоточена на участках брекчирования пород. Содержание Hg здесь достигает 0,2%. Участки брекчирования образуют несколько этажей до полного выклинивания на глубине 120 метров. По В.К. Боровкову и Б.А. Гайворонскому [Месторождения Забайкалья, 1995], среди брекчиевых руд по вертикали выделяются три разновидности. На самых верхних горизонтах, где значительно проявлены процессы окисления, в рудных брекчиях присутствуют, в основном, ферберит и киноварь. Именно в этой части месторождения развиты наиболее богатые (до 0,2% Hg) ртутные руды. Содержание трехоксида вольфрама здесь 0,1–0,3%. На средних и нижних горизонтах содержание ртути находится

в пределах первых сотых и тысячных долей процента. К главным минералам месторождения относятся ферберит, антимонит и киноварь, к второстепенным – пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, магнетит и пиролюзит.

Большинство рудопроявлений киновари сконцентрировано в Дарасуно-Балейском районе в пределах Казаковской и Нерчинской ртутно-сурьмяных зон, расположенных в обрамлении Ундино-Даинской и Арбагарской нижнемерловых впадин. Типичное *Усть-Еггинское* проявление (на левобережье Унды) приурочено к зонам дробления, каолинизации и прожилкового окварцевания с неравномерным содержанием ртути – от 0,5 до 5,5%. Минерализованные зоны имеют длину 150–400 метров при мощности 0,5–6 метров. Рудопроявление *Лучинное* (в том же рудном узле) представлено штокверком размером 20 x 40 м со средним содержанием ртути 0,5%. Кроме того, в пределах рудного узла известны геохимические ореолы ртути и находки зерен, галек и валунов киновари в золотоносных песках. Прогнозные ресурсы Казаковского сурьмяно-ртутного рудного узла можно оценить в 10–15 тыс. тонн. Аналогичный характер имеют Нерчинский, Марьинский и другие сурьмяно-ртутные узлы. В некоторых других рудопроявлениях присутствуют золото – до 3–8 г/т (Молодежное), серебро – до 240 г/т, мышьяк – до 2–16% (Ртутно-Ильдиканское).

В связи с утратой Россией основных сырьевых баз ртути, отошедших вследствие распада СССР частью к Украине (Никитовское и др.), частью к Киргизии (Хайдарканское) и другим государствам, роль Забайкалья в этом отношении может существенно возрасти, если наиболее перспективные на ртуть районы станут объектами специализированных ГРР. Наибольшими перспективами обладают Усть-Еггинская и Марьинская площади, а также киноварно-флюоритово-антимонитовое оруденение Тыргетуй-Жипкошинской зоны.

### **8.3.9. Кадмий.**

Несмотря на отсутствие собственно кадмиевых месторождений на территории Забайкалья, он образует существен-

ные концентрации в свинцово-цинковых и олово-полиметаллических рудах.

### **8.3.9.1. Свойства.**

Кадмий (Cd, II, 48), металл серебристого цвета; проявляет основные свойства; халькофильный, устойчивая валентность  $2^+$ .

Плотность  $8650 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 203–275 МПа; температура плавления  $321^\circ \text{C}$ , кипения –  $765$ ; теплопроводность  $96,8 \text{ В(м} \cdot \text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $6,83 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость –  $2,21 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $29,8 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ ; площадь сечения захвата тепловых нейтронов  $24,5 \cdot 10^{-26} \text{ м}^2$ .

Кадмий – высокотоксичный элемент (I класс опасности). Для неорганических соединений в пересчете на Cd ПДК<sub>р.з</sub> –  $0,01 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>м.р</sub> –  $0,01$ , ПДК<sub>с.с</sub> –  $0,0003 \text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>в</sub> –  $0,001 \text{ мг/дм}^3$ , ПДК<sub>в.р</sub> –  $0,0005$ .

### **8.3.9.2. Распространенность и запасы.**

Кларк кадмия земной коры  $0,13 \text{ г/т}$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных –  $0,05$ , основных –  $0,19$ , средних –  $0,15$ , кислых –  $0,1$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $0,3$ . Естественное содержание в почвах  $0,1\text{--}0,6 \text{ г/т}$ .

Мировые подтвержденные запасы кадмия, без стран СНГ, составляют порядка  $900 \text{ тыс. тонн}$ , извлекаемые –  $465$ ; годовое производство –  $200 \text{ тыс. тонн}$ . Страны СНГ по учетным запасам кадмия занимают первое место в мире, производят  $250 \text{ тыс. т}$  в год, из них  $30\%$  – Россия.

### **8.3.9.3. Области использования.**

Структура потребления (%): электроника и производство никель-кадмиевых батарей – около  $65$ ; приготовление пигмента –  $18$ ; лигатуры –  $3$ ; сплавов –  $2$ ; остальное количество – в проводниках, атомных реакторах и других областях.

### **8.3.9.3. Минеральный состав и типы руд.**

Собственно кадмиевые минералы (оксид, карбонат, арсенид, селенид сульфиды) весьма редки. Собственные минералы: гринокит ( $\text{CdS}$ , 77,8% Cd), кадмоселит ( $\text{CdSe}$ , 49,37% Cd), ксанохроит ( $\text{CdS} \cdot n \text{H}_2\text{O}$ , 77,22% Cd), отавит ( $\text{CdCO}_3$ , 61,5–74,43 % кадмия в зависимости от замещенности кадмия цинком).

Промышленное значение имеют кадмийсодержащие минералы-концентраторы руд свинцово-цинковых и других месторождений: сфалерит (2000–9600 г/т Cd), галенит (до 4700 г/т), халькопирит (60–125 г/т).

Кадмий не образует собственных месторождений, а находится в месторождениях цветных металлов. Промышленные типы кадмийсодержащих месторождений – эффузивно-осадочный, стратиформный, гидротермально-метасоматический, осадочный. В России наибольшее значение имеют первые два типа, в Забайкалье – третий.

По запасам кадмия (тыс. т) месторождения подразделяют на уникальные – более 10, крупные – 10–3, средние – 3–0,5, мелкие – менее 0,5.

Промышленные кадмийсодержащие руды – свинцово-цинковые, медно-золотые и золотосеребряные, оловянные, флюоритовые. Средние содержания кадмия (%) в рудах: свинцово-цинковых – 0,04; медных – 0,0002–0,01, золотых и золото-серебряных – 0,004–0,04; оловянных – 0,005–0,003, флюоритовых – 0,02.

### **8.3.9.5. Добыча и переработка руд.**

Разработку месторождений осуществляют способами, применяемыми для добычи свинцово-цинковых и медных руд (открытая, подземная, комбинированная системы).

Подготовку руд к переделу производят обогащением кадмийсодержащего сырья с применением гравитационно-флотационной технологии. Извлечение кадмия из руд различных типов составляет 10–55% при содержании его в концентрате 0,11–0,6%. К вредным примесям в концентрате относят сурьму, мышьяк и серу.

Кадмийсодержащие концентраты перерабатывают по комбинированной гидро- и пироэлектrolитической технологии. Товарный продукт содержит 99,8–99,95% Cd. Вредные примеси в металле – свинец, цинк, медь, железо, никель, теллур.

### **8.3.9.6. Месторождения кадмия в Забайкалье.**

Кадмий на территории Забайкалья, как уже указывалось выше, не образует собственных месторождений и, в основном, связан с олово-полиметаллическими и полиметаллическими месторождениями и в меньшей мере – с золото-кварцево-сульфидными и медно-никелевыми. В первых трех группах месторождений основная масса кадмия находится в сфалерите, изоморфно замещая в нем цинк. В медно-никелевых кадмий находится также в сфалерите, образующем структуры распада твердых растворов в халькопирите, а также эмульсионную вкрапленность.

Среднее содержание кадмия в сфалеритах Восточного Забайкалья составляет 0,22% [Геохимия редких..., 1964].

Содержания кадмия в сфалеритах полиметаллических месторождений достигает 0,8%, варьируя для разных месторождений. Например, сфалериты Покровского месторождения содержат (%): 0,2–0,34 (среднее 0,25) кадмия, Запокровского – 0,2; Гурулевского – 0,28; Кадаинского – 0,095–0,41 (среднее 0,23), Савинское № 5 (0,12–0,54), Мелентьевское (0,38–0,59) и т.д. [Геохимия редких..., 1964]. Среднее содержание кадмия в сфалеритах Приаргунья составляет 0,29% при среднеквадратичном отклонении 0,17. Сфалериты олово-полиметаллических месторождений содержат до 0,96% (среднее 0,4812%). Для сфалеритов золото-кварцево-сульфидных месторождений среднее содержание кадмия определено равным 0,40% при среднеквадратичном отклонении 1,06 [Юргенсон, 2003].

Среднее содержание кадмия в халькопиритах медно-никелевых рудных тел (Чинейское месторождение) составляет 0,0211%.

Учитывая распространенность сфалерита в месторождениях различных промышленно-генетических типов, сле-

дует считать основными источниками кадмия полиметаллические и олово-полиметаллические месторождения.

Сводные данные по содержаниям и оценке запасов кадмия приведены в табл. 8.7.

Таблица 8.7

**Оценка запасов и добычи кадмия в некоторых месторождениях Читинской области**

Месторождение	Содержание Cd, %	Запасы Cd, т	Добыто, т
Благодатское	0,02	78,5	85,3
Воздвиженское	0,039	565	
Екатерино-Благодатское	0,044	40	19
Кадаинское	0,019	99,37	
Октябрьское	0,26	63,5	
Покровское		199,2	55,5
Центральное	0,021	81,6	15,6
Новоширокинское		800	
Итого		1927,17	175,6

Из нее следует, что наиболее важными источниками кадмия могут быть Воздвиженское, Октябрьское и Покровское месторождения полиметаллических руд. Возможными источниками кадмия могут быть также Озерное и Холоднинское месторождения.

### **8.3.10. Алюминий.**

В Сибири, в том числе в Забайкалье, в силу специфики геологической истории не сохранилось слабометаморфизованных палеозойских и мезозойских высокоглиноземных кор выветривания, сформировавшихся в условиях глубокого преобразования алюмосиликатных пород. Поэтому, за исключением докембрийских низкокачественных боксонских бокситов в Красноярском крае, это традиционное алюминиевое сырье на территории Забайкалья неизвестно. Здесь,

как на севере Бурятии, так и в Читинской области, разведаны высокоалюмокалиевые щелочные горные породы. Технология переработки таких руд, добываемых на Кия-Шалтырском месторождении, известна и освоена на Ачинском глиноземном заводе в Красноярском крае.

Тем не менее, ниже приводятся общие сведения об особенностях как традиционного, бокситового, так и небокситового алюминиевого сырья.

### **8.3.10.1. Свойства.**

Алюминий (Al, 27, III), серебристо-белый, мягкий, пластичный металл. Проявляет литофильные свойства и большое сродство к кислороду, обладает высокой основностью. Валентность  $3^{+}$ .

Плотность  $2698,9 \text{ кг/м}^3$ , твердость по Бринеллю – 170 МПа, температуры плавления  $660,24^{\circ}\text{C}$ , кипения –  $2467$ , теплопроводность (при  $190^{\circ}\text{C}$ )  $343 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , удельная теплоемкость (при  $100^{\circ}\text{C}$ )  $931,98 \text{ Дж/кг}$ ; электропроводность по отношению к меди (при  $20^{\circ}\text{C}$ )  $65,5\%$ . Предел прочности при растяжении  $50\text{--}60 \text{ МПа}$ ; удельная магнитная восприимчивость  $7,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $23,03 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Алюминий – общетоксичный элемент (II–IV классы опасности), ПДК<sub>р.з</sub> –  $2 \text{ мг/м}^3$ , ПДК<sub>с.с</sub> –  $0,04 \text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>в</sub> –  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ .

### **8.3.10.2. Распространенность и запасы.**

Кларк алюминия земной коры  $8,05\%$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (%): ультраосновных –  $0,45$ , основных –  $8,76$ , средних –  $8,85$ , кислых –  $7,7$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $10,45$ . Естественное содержание в почвах  $5,0\text{--}6,5\%$ .

Мировые общие запасы бокситов – 70 млрд. тонн, в том числе подтвержденные – порядка 33. Ежегодная добыча составляет более 100 млн. тонн. Наиболее крупные производители – Австралия, Гвинея, Ямайка, Бразилия, Индия, Китай.

### 8.3.10.3. Области использования.

Наиболее широкое применение алюминий находит в авиационной и автомобильной промышленности, в строительстве и машиностроении, электропромышленности. Бокситы используют также в качестве материала для получения абразивов, цемента, огнеупоров, глинозема, мартеновской стали. Нефелины применяют в керамическом и стекольном производстве. Способность сгорания в токе кислорода с температурой около 3000° С используют в алюминотермии.

### 8.3.10.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно около 250 минералов алюминия. Среди них преобладают алюмосиликаты. Промышленное значение имеют не более 12 минералов: бемит и его полиморфная модификация диаспор ( $\text{AlOOH}$ , 84,99%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 44,98% Al, примеси Ga и Se в бемите, Cr – в диаспоре), гиббсит ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 65,35%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 34,60% Al), корунд ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 52,9% Al), каолинит ( $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot (\text{OH})_8$ , 20,7% Al, 39,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), гидрослюдь ( $(\text{K}_x(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_{2-3}[\text{Si}_{4-x}\text{Al}_x\text{O}_{10}]) \cdot (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $x \leq 0,5$ ;  $n \leq 1,5$ , содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  широко варьирует), хлориты ( $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_6 \cdot [(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\text{OH}]_8$ , содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  варьирует), нефелин ( $\text{K}, \text{Na}_3[\text{AlSiO}_4]_4$ , до 17% Al, до 33%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), кальсилит (калиевая разновидность нефелина) и псевдолейцит ( $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$ , 12,4% Al, 23,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), алуниит ( $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$ , 19,6% Al, 37,0%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , содержит примеси редких земель), криолит ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , 12,8% Al).

Промышленные типы месторождений – бокситовый (латеритный, полигенный, осадочный), нефелиновый (магматический), алунитовый (вулканогенно-метасоматический), криолитовый. В Забайкалье – только второй и четвертый типы.

По запасам бокситов (млн. т) месторождения подразделяют на уникальные – более 500, крупные – 500–100, средние – 100–25, мелкие – менее 25.

Особенности при поисках и разведке месторождений бокситов заключаются в применении геоморфологического и электроразведочного методов.

Промышленные руды – бокситы, нефелины, алуниты, криолиты.

Бокситы с кремниевым модулем более 7,0 – высококачественные, 2–6 – низкокачественные. При содержании в бокситах  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  более 15% – высокожелезистые, при  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  менее 10% – маложелезистые.

Среди нефелиновых руд по содержанию нефелина (%) выделяют: существенно нефелиновые – более 60, бесполовошпатовые нефелиновые породы – 60–40, нефелиновые синениты – 40–10.

Месторождения бокситов, нефелинов и алунитов разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой бокситовых руд и обогащением бедного нефелинового и алунитового сырья с применением флотационной технологии. Извлечение  $\text{Al}_2\text{O}_3$  из руд различных типов составляет 80–95% при содержании его в концентрате 28–45%. К вредным примесям в концентратах относят  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ , сульфиды, органические вещества, пентоксид фосфора, соединения хрома.

При обогащении руд комплексного состава могут быть получены титановые и железорудные концентраты.

Перерабатывают бокситы, нефелиновые и алунитовые концентраты сначала на глинозем процессом Байера и спеканием. Из глинозема электролизом получают алюминий технической чистоты. Очистку производят электролитическим рафинированием. Товарный продукт содержит алюминий (%): технический – 99,5–99,85; высокой чистоты – 99,95–99,995; особой чистоты – 99,999.

Сопутствующие элементы (галлий и ванадий), содержащиеся в концентратах, переходят в маточные и оборотные растворы, из которых их извлекают электролизом и кристаллизацией смешанных натриевых солей при охлаждении до температуры 30–40° С.

Вредные примеси в алюминии – железо, кремний, медь, цинк, титан.

### 8.3.10.6. Месторождения алюмокалиевого сырья.

В Забайкалье, в его северной части, широко развиты нефелиновые сиениты. Важное промышленное значение имеют массивы ультракалиевых щелочных пород Сыннырский, Мухальский и Сакунский. Рассмотрим особенности последнего.

Голевское (Сакунское) месторождение сынныритов находится в Каларском районе, в 25 км к югу от ж.-д. ст. Хани. Ультракалиевые породы – сынныриты открыты в 1962 году В.В. Архангельской (ВИМС) в составе Сакунского щелочного массива, выделенного М.З. Глуховским в 1962–1965 годах. Поисково-разведочные работы выполнены В.К. Голевым, Н.Г. Максимовой, А.Т. Лысыковым (1979–1981 гг.), ПГО «Читагеология». Сакунский массив является составной частью ханинского комплекса позднепалеозойского – раннемезозойского возраста. Площадное распространение, состав, свойства и запасы сынныритов определены в 1979–1981 годах В.К. Голевым, имя которого присвоено месторождению. Площадь массива – около 50 км<sup>2</sup>. Ультракалиевые породы сосредоточены в лейкократовой серии сиенитов I фазы ханинского комплекса. Выделены четыре участка развития сынныритов – Южный, Восточный, Западный и Северный шток. Южный представляет собой крупное месторождение (рис. 8.26). В его пределах находится южный сегмент кольцевого тела пород I фазы длиной 5 километров. Мощность кольцевой интрузии – 1800 метров на западе и 1000 метров на востоке. В разрезе кольцевого интрузива выделяются низкокалиевые мезократовые и ультракалиевые лейкократовые (светлоокрашенные) породы. Последние содержат 12–22% K<sub>2</sub>O. Высокосортными рудами считаются сынныриты, содержащие > 1 7% K<sub>2</sub>O. В плане лейкократовые породы образуют почти правильный сегмент длиной 4 км и шириной 900 метров. Сынныриты имеют массивную, пятнистую или линзовидно-пятнистую текстуру. Структура мелкозернистая, реже порфириовидная. Минеральный состав: псевдолейцит, нефелин-кальсилит, микроклин, биотит, гранат. Основу породы составляют первые три. Сынныриты обогащены так-

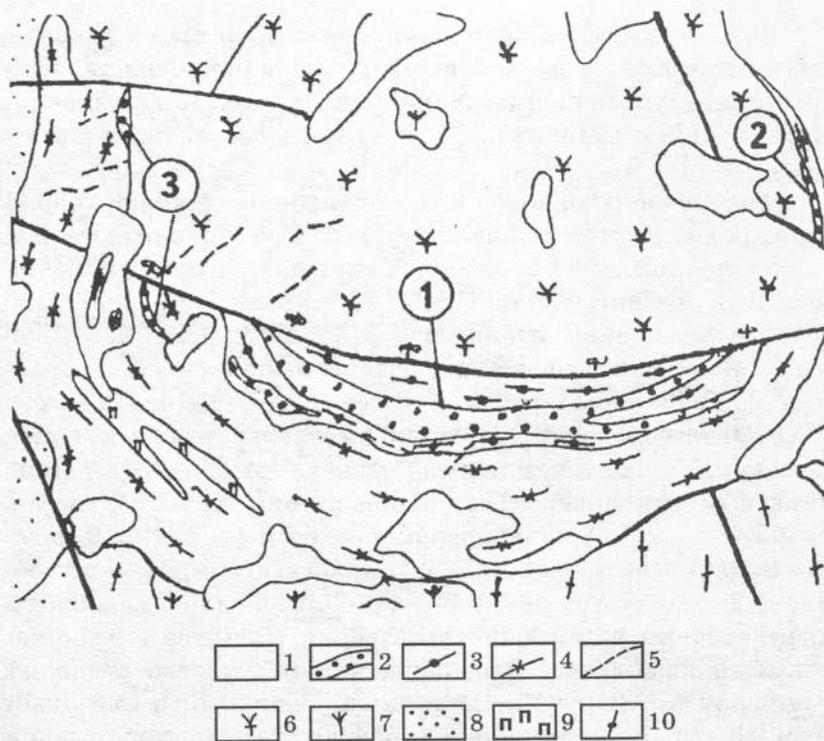


Рис. 8.26. Схема геологического строения Голевского месторождения сыннитов

1 – четвертичные отложения; 2–5 – ханинский комплекс: сынниты, броланиты, фергуситы (2); псевдолейцитовые, нефелин-псевдолейцитовые сиениты, пуласкиты, святоноситы (3); пуласкиты, псевдолейцит-нефелиновые сиениты, реже лузитаниты, итсиндриты (4); дайки порфировидных граносиенитов, кварцевых сиенитов (5); 6–7 – ингамакитский комплекс: граносиениты, кварцевые сиениты (6); монзониты, монцодиориты (7); 8 – удоканская серия протерозоя; 9 – биотит-апатит-магнетитсодержащие пироксениты; 10 – гнейсограниты (архейские образования); в кружках участки: 1 – Южный, 2 – Восточный, 3 – Западный.

же Rb ( $Rb_2O - 0,09-0,12\%$ ). Они образуют рудные тела линзовидно-пластовой формы мощностью 250–300 м и протяженностью до 4 км. Сынныриты содержат (%):  $K_2O - 14-21$ ,  $Al_2O_3 - 19-22$ ,  $Na_2O - 0,2-1,5$ ,  $SiO_2 - 54-56$ . Разведанные запасы при среднем содержании  $K_2O 18,2\%$  и  $Al_2O_3 21,3\%$  составляют 258 млн. тонн; прогнозные ресурсы – 2,6 млрд. тонн. По данным: (Инвестиционные..., 2002) запасы категории  $C_1 + C_2 = 175$  млн. т при содержании 17,9%  $K_2O$ ; прогнозные ресурсы  $P_1$  при таком же содержании  $K_2O$  составляют 142 млн. тонн. Сынныриты как таковые представляют собой калий-алюминий-керамическое сырье. Они относятся к самым высококалиевым алюмосиликатным горным породам и являются перспективным сырьем многоотраслевого использования. Передел сынныритов позволяет получить глинозем (20%), бесхлорные калийные удобрения (55%), высококачественную керамику, белитовый клинкерный минерал, являющийся одним из основных компонентов цемента (25%), и соли Rb. Технология позволяет обогащение и переработку руд тонкомолотых сынныритов с выделением 25% калишпатового концентрата с высоким калиевым модулем (15 и более) и низким содержанием (до 0,02%) красящих оксидов, являющегося кондиционным сырьем для фарфоро-фаянсовой, электротехнической, абразивной и других отраслей промышленности. Шламовые хвосты пригодны в качестве природных калиевых туков. При производстве в год 560–650 тыс. т глинозема и 3,8–1,8 тыс. т бесхлорных удобрений рентабельность предприятия составит, соответственно, 16 и 26% при сроке окупаемости капиталовложений 4–6 лет. Обосновано строительство карьера производительностью 3 млн. тонн руды в год.

Уртиты, ийолит-уртиты и ийолиты Мухальского массива в Республике Бурятия по категориям  $C_1$  и  $C_2$  до глубины 400 м при средних содержаниях (%)  $Al_2O_3 - 25,1$  и суммы щелочей 14 оцениваются в 882,0 млн. тонн.

Запасы категории  $C_2$  алюмокалиевых руд Калюмнинского месторождения в массиве Сынныр составляют 679 млн. т при среднем содержании  $K_2O - 18,1\%$  и  $Al_2O_3 -$

22,4%. Ресурсы по этому месторождению составляют 1850 млн. т ( $K_2O$  – 331,  $Al_2O_3$  – 414 млн. т) [Месторождения Забайкалья, 1995].

Таким образом, сырьевой потенциал только этих трех массивов может обеспечить потребности страны в сырье для производства алюминия, калия, цемента, удобрений на сотни лет.

### **8.3.11. Висмут.**

Висмут относится к довольно широко распространенным химическим элементам, но, за редким исключением, не образует собственных крупных месторождений.

#### **8.3.11.1. Свойства.**

Висмут (Bi, V, 83), металл, серебристо-розоватый, хрупкий; проявляет основные свойства, халькофильный, устойчивая валентность  $3^+$ .

Плотность  $9747 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 70–94 МПа; температура плавления  $271^\circ\text{C}$ , кипения – 1560; теплопроводность  $7,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $106,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; удельная магнитная восприимчивость –  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $13,4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Висмут – элемент повышенной токсичности. ПДК<sub>р.а</sub> Bi –  $0,05 \text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>с.с</sub>  $Bi_2O_3$  –  $0,05 \text{ мг/м}^3$ ; ПДК<sub>в</sub> Bi –  $0,5$ – $0,1 \text{ мг/дм}^3$ .

#### **8.3.11.2. Распространенность и запасы.**

Кларк висмута земной коры  $0,009 \text{ г/т}$ . Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных –  $0,001$ , основных –  $0,007$ , средних –  $0,01$ , кислых –  $0,01$ , осадочных (глинах и сланцах) –  $0,01$ . Естественное содержание в почвах  $0,1$ – $0,3 \text{ г/т}$ .

Мировые запасы висмута (без стран СНГ) – 250 тыс. т, извлекаемые – 110; годовое производство составляет  $4,5$ – $5$  тыс. тонн. Наиболее крупные производители – Китай, Перу, Мексика, Япония. В России производство висмута составляет  $400$ – $500 \text{ т}$  в год.

### **8.3.11.3. Области использования.**

Структура потребления (%): химическая промышленность, фармацевтика, косметика – 53; металлургия – 27; радиотехника – 17; другие отрасли – 3.

### **8.3.11.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно более 140 минералов висмута. Среди них преобладают халькогениды. Промышленное значение имеют шесть минералов: самородный висмут, висмутин ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , 81,3% Bi, примеси Pb, Cu, Se), бисмутит ( $\text{Bi}_2[\text{CO}_3]_2$ , 76,3% Bi, 91,4%  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), бисмит ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , 89,7% Bi), висмутсодержащий галенит или галенобисмутит ( $\text{PbBi}_2\text{S}_4$ , 55,5% Bi, примеси Sb, Se, Au).

Промышленные типы месторождений – висмутовый (мышьяково-висмутовый, никель-кобальтово-висмутовый, медно-висмутовый) и висмутсодержащий (вольфрамовый, оловянный, золотой, свинцово-цинковый, медный, россыпной). Наибольшее значение имеют медно-висмутовый, вольфрамовый, свинцово-цинковый, россыпной. В Забайкалье развиты все типы.

По запасам висмута (тыс. т) месторождения подразделяют на уникальные – более 10, крупные – 10–4, средние – 4–1, мелкие – менее 1.

Промышленные руды – висмутовые (арсенопиритовые, пирротин-халькопиритовые, арсенидные, халькопирит-галенитовые) и висмутсодержащие (касситерит-вольфрамитовые, пирротин-халькопиритовые, галенитовые, пирит-халькопиритовые). В висмутовых рудах содержание висмута 0,1–0,2%.

Висмутсодержащие руды делят на три типа по их качеству: висмутовый или селективный (содержание висмута 0,1–0,2%), комплексный (более 0,05), сопутствующий (менее 0,05). В Забайкалье развиты второй и третий.

### **8.3.11.5. Способы добычи и переработки руд.**

Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением комбинированных технологий (гравитация, магнитная сепарация, флотация). Извлечение висмута из

руд различных типов составляет 30–90% при содержании его в концентрате 0,05–0,5%.

Перерабатывают висмутовые концентраты и висмутсодержащие продукты гидро- и электролитическим способами. При металлургическом переделе висмут концентрируется в пылях, шламах и других отходах металлургического производства.

Товарный продукт содержит висмута 96,5–99,999%. Сопутствующие элементы висмутсодержащих продуктов – золото, серебро и другие – извлекают гидрометаллургическим способом.

Вредные примеси в висмуте – свинец, цинк, железо, сурьма, сера, серебро, мышьяк, теллур, кобальт, кадмий, марганец, ртуть, молибден, никель, олово, хром, золото, индий.

### ***8.3.11.6. Месторождения висмута в Забайкалье.***

Первый российский висмут был добыт из висмута и бисмутита Шерловогорской россыпи после исследования висмутоносности рудных месторождений Восточного Забайкалья К.А. Ненадкевичем в 1922 году [Ненадкевич, 1922]. Промышленная висмутоносность олово- и вольфрамоносных грейзенов и связанных с ними россыпей Шерловой Горы установлена А.К. Болдыревым и Я.А. Луи в 1928 году. Висмут как попутный компонент имеет практическое значение в рудах месторождений вольфрама и олова (Спокойнинское, Шерловогорское, Белухинское, Букукинское, Бом-Горхонское, Шумиловское, Гранитовое и др.), золота (Дарасунское, Уконикское, Среднеголготайское и др.), молибдена (Жирекенское), полиметаллических руд (Савинское № 5, Октябрьское, Спасское и др.).

К числу собственных висмутовых относится Уронайское месторождение комплексных висмут-вольфрамово-медных руд.

В золотых рудах Среднеголготайского месторождения, расположенного в Балейском районе, в 10–12 км к югу от г. Балей, минералы висмута находятся в золотоносных жи-

лах, локализованных в ундинских гранодиоритах, прорванных телами диорит-монцитов. Наибольшее количество жил (около 30) сконцентрировано на Центральном и Кафтановском его участках. При этом корреляция между содержанием золота и висмута выдерживается только в тех случаях, когда висмут находится в тетрадимите и других теллуровисмутитах. На участке Кафтановском, где висмут находится в висмутине, золото и висмут не коррелируют. Промышленное значение имеют золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварц-турмалиновые, иногда совмещенные в единых трещинных структурах. По простиранию прослежены до 200–500 м, редко (жила 52) до 750 м, мощность достигает 3 м, в среднем – 0,4–0,5 метра. Среднее содержание золота в руде около 15 г/т. Отмечаются высокие концентрации висмута. В продуктивном на золото жильном кварце содержания висмута широко варьируют (среднее – 0,0549% при среднеквадратичном отклонении 0,111%) и изменяются с глубиной (см. рис. 3.3). По жиле 52 на отметке 100 м среднее содержание (%) составляет 0,054 при среднем квадратичном отклонении 0,1202, 150 м, соответственно, – 0,0446 и 0,0665 и 250 м – 0,0461 и 0,0448. В золото-кварцевых рудах Среднеголготайского месторождения среднее содержание висмута находилось в пределах 0,07%, а в сульфидных, существенно висмутиновых, – 0,1%. Запасы составляют около 5–6 тыс. тонн.

В.Ф. Дробышевым (ЗабНИИ) разработана гравитационно-флотационная схема переработки руд месторождения. Для золото-кварцевого типа извлечение золота в концентрат составляет 92,8%, висмута – 93,1%. Для обогащения руды золото-сульфидного типа предложено два технологических варианта с извлечением золота 94,7 и 93,5% при попутном извлечении висмута 97,4 и 70,8%, соответственно. Тем не менее, руды месторождения добывались для подшихтовки тасеевских, обогащавшихся на ЗИФ-2 комбината «Балей-золото» по схеме для руд Тасеевского месторождения. Висмут не извлекался и находится частью в отвале Тасеевской фабрики. Перспективы Среднеголготайского месторождения

могут быть значительно увеличены за счет разведки глубоких уровней, а также поисков и оценки – на флангах.

На Бом-Горхонском месторождении добыча вольфрама сопровождается складированием обогащенных висмутом руд для последующей их переработки. Минералы висмута относятся на Бом-Горхонском месторождении к широкораспространенным. Представлены они, как выявлено В.С. Тимофеевой [Условия образования..., 1976], двумя изоморфными рядами – висмутин-айкинитовым ( $\text{Cu}_{0,2}\text{Pb}_{0,2}\text{Vi}_{7,8}\text{S}_{11,3}$  –  $\text{Cu}_{3,5}\text{Pb}_{3,5}\text{Vi}_{4,5}\text{S}_{11,6}$ , где часть серы, 0,7–0,4 формульных единиц, должна быть замещена на Те) и густавит-лиллианитовым ( $\text{Ag}_{2,8}\text{Pb}_5\text{Vi}_{11}\text{S}_{22,5}$  –  $\text{Pb}_3\text{Bi}_2\text{S}_6$ , где часть серы также должна быть замещена на Те). Наиболее распространены минералы первого ряда. К ним относятся гладит ( $\text{Cu}_{1,5}\text{Pb}_{1,5}\text{Vi}_{6,5}\text{S}_{12}$ ) и переходные разности между ним и висмутином, линдстремит ( $\text{Cu}_2\text{Pb}_2\text{Bi}_6\text{S}_{12}$ ) и переходные разности от него к айкиниту. Менее распространены, но имеют промышленное значение, минералы ряда густавита-лиллианита, галенобисмутит ( $\text{PbBi}_2\text{S}_{3,9(4,0)}$ ), минералы бенжаминитового ряда ( $\text{Ag}_{1,0-1,84}\text{Cu}_{1,6-0,84}\text{Pb}_{0,2-0,35}\text{Vi}_7\text{S}_{22,3-12}$ ), тетрадимит, самородный висмут. Содержание висмута в среднем находится в пределах 50–600 г/т.

Ю.Г. Саитов [Вещественный..., 2001] показал, что висмут содержится в рудах Уконикского месторождения (13,1 г/т). По данным Л.Ф. Наркелюна и др. [Вещественный..., 2001], в рудах Удоканского месторождения висмут содержится (г/т) в основном в борните (20), в халькопирите (3), халькозине (2) и пирите (1). Содержания его как попутного компонента малы. Тем не менее, при отработке этого уникального месторождения извлечение его в составе сульфидов меди может дать существенное количество этого металла.

Среднее содержание висмута в рудах Белухинского месторождения составляло 0,1%. Мусковитовые вольфрамоносные грейзены Спокойнинского месторождения содержат в среднем 26–33 г/т [Условия образования..., 1976].

В рудах Бугдаинского месторождения висмут присутствует в количестве 0,002–0,1% (среднее 0,0136), а с глуби-

ной его содержание возрастает [Вещественный..., 2001]. По результатам доразведки месторождения, проведенной в 1990–1997 гг. Казаковской экспедицией, были определены прогнозные ресурсы висмута в количестве 55,27 тыс. тонн.

В рудах полиметаллических месторождений Приаргунья средние содержания висмута по минералам ряда месторождений представлены в табл. 8.8.

Таблица 8.8

**Средние содержания висмута в главных  
рудообразующих сульфидах полиметаллических  
месторождений Приаргунья  
(Чумаченко и др., 1973)**

Месторождение	Минерал	Среднее содержание висмута, г/т
Савинское № 5	Пирит	20
	Арсенопирит	233
	Пирротин	240
	Сфалерит	46
	Галенит	1167
Кадаинское, Северо-Акатуевское	Пирит	5
	Арсенопирит	10
	Галенит	246
Благодатское	Пирит	8
Михайловское	Галенит	85

Как видно из табл. 8.8, максимальные концентрации  $\text{Bi}$  связаны с галенитом во всех группах месторождений. Наиболее обогащены висмутом галениты месторождения Савинское № 5, где проявлены наиболее высокотемпературные процессы и геохимическая специализация скарново-грейзенового процесса. Основная масса висмута, как показали А.М.Чумаченко и др. (1973), находится в галените в виде собственных минералов висмута. Запасы висмута в рудах месторождения Савинского № 5 составляют 2211 т, Спаского – 763,3 т при среднем содержании 0,02%. До 690 т висмута находится в отвалах обогатительных фабрик.

Запасы висмута как попутного компонента числятся на балансе многих месторождений (табл. 8.9).

Таблица 8.9

**Запасы висмута  
в некоторых месторождениях Читинской области**

Месторождение	Содержание, %	Запасы, тыс. т
Шумиловское	0,04	3,6
Гранитовое	—	0,3
Савинское № 5	0,0011	2,211
Шахтаминское	0,06	0,258
Октябрьское мышьяковое	0,025–0,76	5,164
Спасское	0,02	0,7633
Уронайское	0,2	6,06
Всего		18,0956

В целом запасы и ресурсы попутного висмута в Читинской области могут при необходимости обеспечить потребности страны в этом металле.

### **8.3.12. Титан.**

#### **8.3.12.1. Свойства.**

Титан (Ti, IV, 22), металл, серебристый, твердый; проявляет амфотерные свойства, сидерофильный, устойчивые валентности  $3^+$  и  $4^+$ .

Плотность  $4540 \text{ кг/м}^3$ ; твердость по Бринеллю 1815–2770 МПа; температура плавления  $1660^\circ\text{C}$ , кипения –  $3287$ ; теплопроводность  $21,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; удельное электрическое сопротивление  $42,0 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; слабая магнитная восприимчивость  $4,01 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ; температурный коэффициент линейного расширения  $8,35 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ . Устойчив к коррозии. Обладает способностью самосваривания под давлением.

Титан – токсичный элемент (III–IV классы опасности). ПДК<sub>р.в</sub> (мг/м<sup>3</sup>) – Ti – 10, соединений титана: нитрида – 4, хлорида – 1, диоксида металлического – 10; ПДК<sub>в</sub> Ti, TiCl<sub>4</sub>, TiO<sub>2</sub> – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

### **8.3.12.2. Распространенность и запасы.**

Кларк титана земной коры 0,45%. Средние его содержания в горных породах главных типов (%): ультраосновных – 0,03, основных – 0,9, средних – 0,8, кислых – 0,23, осадочных (глинах и сланцах) – 0,45. Естественное содержание в почвах 0,3–2,0%.

Мировые подтвержденные запасы  $TiO_2$  (без России) – 735 млн. т, мировое производство около – 3,5 млн. тонн. Наиболее крупные производители – Канада, Норвегия, ЮАР, Австралия, Украина, Бразилия, Индия, Китай.

### **8.3.12.3. Области использования.**

Структура потребления (%): производство лаков и красок – 60; пластмассы – 20; целлюлозно-бумажная промышленность – 13, в других областях – 7. Главные области применения: авиакосмическая техника, химическая промышленность, нефтяное машиностроение, металлургия, судостроение, лакокрасочное и бумажное производство, для изготовления керамики, стекла, огнеупоров.

### **8.3.12.4. Минеральный состав и типы руд.**

Известно более 150 минералов титана. Среди них преобладают силикаты и оксиды. Промышленное значение имеют пять минералов: ильменит ( $FeTiO_3$ , 31,6% Ti), рутил ( $TiO_2$ , 59,9% Ti), лейкоксен (продукт изменения титансодержащих минералов переменного состава, содержит  $TiO_2$  различных модификаций, воду, карбонаты, до 50,9% Ti), титаномagnetит ( $Fe(Fe,Ti)_2O_4$ , 6,98–27,77%  $TiO_2$ ).

Промышленные типы месторождений – магматогенный и экзогенный (россыпи и коры выветривания). Наибольшее значение имеют россыпи (морские).

По запасам  $TiO_2$  (млн. т) месторождения титана подразделяют: магматогенные – на весьма крупные – более 50, крупные – 50–10, средние – 10–5, мелкие – менее 5; россыпные – на весьма крупные – более 10, крупные – 10–5, средние – 5–1, мелкие – менее 1; кор выветривания – на

весьма крупные – более 15, крупные – 15–5, средние – 5–1, мелкие – менее 1.

Промышленные руды магматогенных месторождений: ильменитовые, титаномagnetитовые, лейкоксенновые, рутиловые, апатит-магнетит-ильменитовые; россыпных месторождений: ильменитовые, лейкоксенновые, циркон-ильменитовые, циркон-рутил-ильменитовые.

По содержанию  $TiO_2$  (%) руды магматогенных месторождений подразделяют на богатые – более 10, рядовые – 10–7, бедные – 7–5. Промышленные россыпи содержат титановые минералы в количестве от десятков до первых сотен килограммов на кубический метр.

### **8.3.12.5. Способы добычи и переработки руд.**

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами. Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением развитых комбинированных технологий (дезинтеграция, промывка, гравитация, магнитная и электрическая сепарация, сушка).

Извлечение диоксида титана из руд различных типов составляет 70–90% при содержании его в концентратах различного назначения 45–94%.

К вредным примесям в концентрате относятся  $Fe_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $WO_3$ ,  $SiO_2$ ,  $MnO$ ,  $V_2O_5$ ,  $CuO$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $P_2O_5$ ,  $ZrO_2$ ,  $SO_3$ .

При обогащении руд комплексного состава попутно получают цирконовый, дистен-силлиманитовый, ставролитовый концентраты.

Титановые концентраты перерабатывают хлоридовозгонкой, гидрометаллургическим и металлургическим способами. Товарные продукты – титановые белила и металлический титан содержат, соответственно, до 30%  $TiO_2$  и до 99,9999 Ti.

Вредные примеси в металлическом титане – N, C, O, H, Cl, Fe, Si.

### **8.3.12.6. Месторождения титана в Забайкалье.**

Основными источниками титана в Забайкалье являются Кручининское и Чинейское месторождения комплексных, соответственно, железо-титан-фосфорных и железо-титан-ванадиевых руд. Характеристики их даны в разделе Черные металлы (8.2.1.6). В целом по запасам титана Читинская область занимает ведущее место в России и одно из ведущих мест в мире. Обеспеченность запасами очень высокая. В среднем течении р. Кручина возможно получение промышленных запасов ильменита и титаномагнетита в россыпях.

### **Контрольные вопросы**

1. Основные химические, физические и экологические свойства цветных металлов.

2. Промышленные типы месторождений, способы добычи и переработки руд цветных металлов.

3. К каким промышленным типам относятся главные месторождения руд кобальта и никеля Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений руд кобальта и никеля?

4. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования руд кобальта и никеля.

5. К каким промышленным типам относятся главные месторождения олова и вольфрама Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений руд олова и вольфрама?

6. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования руд олова и вольфрама.

7. К каким промышленным типам относятся главные месторождения молибденовых руд Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений руд молибдена?

8. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования руд молибдена.

9. К каким промышленным типам относятся главные месторождения полиметаллических руд Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений полиметаллических руд?

10. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные области использования полиметаллических руд.

11. К каким промышленным типам относятся главные месторождения руд алюминия Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений руд алюминия?

12. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования руд алюминия.

13. К каким промышленным типам относятся главные месторождения руд сурьмы, ртути и висмута Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений руд сурьмы, ртути и висмута?

14. Назовите главные месторождения сурьмы, ртути и висмута в Читинской области.

15. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования руд сурьмы, ртути и висмута.

16. К каким промышленным типам относятся главные месторождения руд титана Забайкалья? Каковы перспективы Читинской области на открытие новых месторождений руд титана?

17. Назовите главные месторождения титана в Читинской области.

18. Укажите минеральный состав, типы руд, попутные компоненты, возможные способы использования руд титана.

## Литература

Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1983.

Месторождения Забайкалья. Под. ред. акад. Н.П. Лавёрова. Т.1. Кн.1–2. – Чита – Москва: ЗАО «Геоинформмарк», 1995.

Минеральное сырьё / Под. ред. В.П. Орлова. Составители: А.Н. Еремеев, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко. / Краткий справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Остапенко П.Е., Мясников Н.Ф. Безотходная технология. Переработка руд черных металлов. – М.: Недра, 1988.

Павловский А.Б., Грекулова Л.А. Новые оловосодержащего сырья и технология их комплексной переработки / И.П. Бардин и отечественная металлургия. – М.: Наука, 1983.

Павловский А.Б., Грекулова Л.А., Лугов С.Ф. Минеральное сырьё. Олово. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Павловский А.Б., Дробин Г.Д., Пахомов М.И. Методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на оловорудных месторождениях. – М.: Роскомнедра, ВИМС, 1992.

Петроченков А.А., Стасева И.М. Методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на россыпных месторождениях олова. – М.: Роскомнедра, ВИМС, 1992.

Повилайтис М.М. Закономерности размещения и формирования месторождений вольфрама. – М.: Наука, 1975.

Поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений вольфрама / Под ред. Ф.Р. Апельцина и Е.С. Павлова – М.: Недра, 1983.

Полькин С.И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов. – М.: Недра, 1987.

Полькин С.И., Лаптев С.Ф. Обогащение оловянных руд и россыпей. – М.: Недра, 1974.

Резниченко В.А., Рапопорт М.Б., Ткаченко В.А. Металлургия титана. – М.: Изд. АН СССР, 1963.

Роговой В.М. Сурьмяные месторождения. – М.: Недра, 1991.

Россыпные месторождения титана СССР / Под ред. Г.С. Момджи, В.А. Блинова. – М.: Недра, 1976.

Сотников В.И., Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О. Жирекенское медно-молибденовое месторождение / Месторождения Забайкалья. – М., 1995. – Т. 1, кн. 1;

Чечёткин В.С., Асосков В.М., Воронова Л.И. и др. Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997.

Энциклопедия Забайкалья. Гл. редактор. Р.Ф. Гениатулин. Отв. ред. А.Б. Птицын, Г.А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2002 Т.1. Издание 2-е, испр. Т.2, 2003. Т.3, 2005. Т.4, 2006.

#### **Дополнительная литература**

Венецкий С.И. В мире металлов. – М.: Metallургия, 1982.

Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Чинейский расчлененный плутон. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1993.

Скурский М.Д. Недра Забайкалья. – Чита: Изд-во ЧитГТУ, 1996.

Розен Б.Я. Соперник серебра. – М.: Metallургия, 1984.

Розен Б.Я., Розен Я.Б. Металл особой ценности. – М.: Metallургия, 1980.

Харлампович Г.Д., Кауфман А.А. Черный хлеб металлургии. – М.: Metallургия, 1983.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

## Список литературы к Части I

### Основная

Абрамов А.А., Леонов С.В. Обогащение руд цветных металлов. – М.: Недра, 1991.

Алексеев В.А. Экологическая геохимия. – М.: ЛОГОС, 2000.

Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы, человек. – М.: Мысль, 1976.

Венецкий С.И. В мире металлов. – М.: Metallургия, 1982.

Вещественный состав и обогащение руд и россыпей Восточного Забайкалья / Справочное пособие. Чита: «Поиск», 2001.

Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых. – Санкт-Петербург, 1993. – 151 с.

Гавур В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. – М.: ГП «Роснефть», 1995.

Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья // Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990.

Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. – М.: Недра, 1981.

Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1983.

Гонгальский Б.И., Криволицкая Н.А. Чинейский расчлененный плутон. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1993.

Гудима Н.В., Шейн Я.П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. – М.: Metallургия, 1975.

Железородная база России / Под. ред. В.П. Орлова, М.И. Веригина, Н.И. Головкина. – М.: ЗАО «Геоинформ-марк», 1997.

Инвестиционные проекты Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа. – Чита: Центр научных и образовательных программ, 2002.

Лисицын А.Е., Остапенко П.Е. Минеральное сырье. Хром / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Месторождения Забайкалья / Под. ред. акад. Н.П. Лавёрова. Т.1.Кн.1-2. – Чита–Москва: ЗАО «Геоинформмарк», 1995.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области / В.С. Чечеткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита: Изд. «Читагеолкома», 1997. – 121 с.

Минеральное сырье. Краткий справочник. / Под ред. В.П. Орлова. Составители: А.И. Ершов, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко. – М.: «Геоинформмарк», 1999.

Минеральное сырье. Марганец / Н.И. Потехин, А.С. Столяров, А.А. Марков и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Минеральное сырье. Справочник. – М.: «Геоинформмарк», 1999.

Минеральное сырье / Под. ред. В.П. Орлова. Составители: А.Н. Еремеев, А.Е. Лисицын, П.Е. Остапенко / Краткий справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Михайленко Н.Н. Контроль качества минеральной продукции горнорудных предприятий Восточного Забайкалья ядерно-физическими методами. – СПб.: Нестор, 2001.

Мокроусов В.А., Лилеев В.А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. – М.: Недра, 1979.

Остапенко П.Е., Мясников Н.Ф. Безотходная технология. Переработка руд черных металлов. – М.: Недра, 1988.

Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Медь». Методическое руководство. Изд. 3-е переработанное и дополненное / А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев, А.Г. Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002

Павловский А.Б., Грекулова Л.А. Новые типы олово-содержащего сырья и технология их комплексной переработки / И.П. Бардин и отечественная металлургия. – М.: Наука, 1983.

Павловский А.Б., Грекулова Л.А., Лугов С.Ф. Минеральное сырье. Олово / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Павловский А.Б., Дробин Г.Д., Пахомов М.И. Методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на оловорудных месторождениях. – М.: Роскомнедра, ВИМС, 1992.

Переработка природных солей и рассолов / Справочник / И.Д. Соков и др. – Л.: Химия, 1985.

Петроченков А.А., Стасева И.М. Методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на россыпных месторождениях олова. – М.: Роскомнедра, ВИМС, 1992.

Повилайтис М.М. Закономерности размещения и формирования месторождений вольфрама. – М.: Наука, 1975.

Поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений вольфрама / Под ред. Ф.Р. Апельцина и Е.С. Павлова – М.: Недра, 1983.

Полькин С.И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов. – М.: Недра, 1987.

Полькин С.И., Лаптев С.Ф. Обогащение оловянных руд и россыпей. – М.: Недра, 1974.

Разработка месторождений горно-химического сырья подземным способом / Добыча и переработка горно-химического сырья. – М.: ГИГХС, 1983. Вып. 60.

Резниченко В.А., Рапопорт М.Б., Ткаченко В.А. Металлургия титана. – М.: Изд. АН СССР, 1963.

Роговой В.М. Сурьмяные месторождения. – М.: Недра, 1991.

Розен Б.Я., Розен Я.Б. Металл особой ценности. – М.: Metallургия, 1980.

Розен Б.Я. Соперник серебра. М.: Metallургия, 1984.

Россыпные месторождения титана СССР / Под ред. Г.С. Момджи, В.А. Блинова. – М.: Недра, 1976.

Саксин Б.Г., Крупская Л.Т., Ивлев А.М. Региональная экология горного производства. – Хабаровск, 2001.

Скурский М.Д. Недра Забайкалья. – Чита: Издательство ЧитГТУ, 1996.

Сотников В.И., Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О. Жирекенское медно-молибденовое месторождение / Месторождения Забайкалья. – М., 1995. – Т. 1, кн. 1.

Справочник по обогащению руд в 4-х книгах / Под. ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненаркомова и В.И. Ревнивцева. – М.: Недра, 1982 -1984.

Технологическая оценка минерального сырья // Справочник в 8-ми книгах / Под ред. П.Е. Остапенко. – М.: Недра, ВИМС, 1990–1997.

Требования к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья. М.: ГКЗ СССР, 1989.

Трубачев А.И. Основы технологической минералогии. Чита: – ЧитГТУ, 2001.

Горная энциклопедия / Под ред. Е.А. Козловского. – М.: Недра, 1984–1991. Т. 1–5.

Харлампович Г.Д., Кауфман А.А. Черный хлеб металлургии. – М.: Металлургия, 1983. 1. Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999. 574 с.

Чечёткин В.С., Асосков В.М., Воронова Л.И. и др. Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997.

Энциклопедия Забайкалья. Гл. редактор. Р.Ф. Гениатулин. Отв. ред. А.Б. Птицын, Г.А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2002 Т. 1. Издание 2-е, испр. Т. 2, 2003. Т. 3, 2005. Т. 4, 2006.

Юргенсон Г.А. Геохимия ландшафта. – Чита: ЗабГПУ, 2005.

Юргенсон Г.А. Проблема взаимодействия природных и техногенных процессов на границах геосфер / Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе. – Улан-Удэ: ИИЦ БНЦ СО РАН, 1999. – С.188–194.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1986.

#### Дополнительная

Вчера, сегодня, завтра нефтяной и газовой промышленности России / Под ред. Н.А. Крылова. – М.: РАЕН, 1995

Геологическое строение и полезные ископаемые Читинского участка зоны БАМ (Аналитический обзор) / В.С. Чечёткин, Ю.Ф. Харитонов, В.М. Асосков и др. – Чита Агентство РИП, 2002.

Межуева Г.С., Егорова М.Г., Роговой В.М. Об учете и оценке попутных редких элементов в горно-металлургических и геологоразведочных работах. – М.: ИМГРЭ, 1990.

Остапенко П.Е., Мясников Н.Ф. Безотходная технология. Переработка руд черных металлов. – М.: Недра, 1988

Чечеткин В.С., Рутштейн И.Г., Фомин И.Н., Волков Л.С. Развитие минерально-сырьевой базы Читинской области // Географические проблемы изучения хозяйства Читинской области – Чита: Изд. Забайкальск. фил. Геогр. о-ва СССР, 1987. – С. 55–61

Юргенсон Г.А. Каменная радуга. – Иркутск, 1980. – 112 с.

Юргенсон Г.А. Радуга в колеснице. – Иркутск: Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1991. – 303 с.

Юргенсон Г.А., Горячкина А.Г. Новое в истории открытий самоцветов в Забайкалье // Записки Всероссийского минералогического общества. – 2003. – № 2. – С.41-48.

## Используемые сокращения

- (Fe, VIII, 26) – название химического элемента, группа в Периодической системе и атомный номер.
- ПДК – предельно допустимая концентрация химических веществ:
- ПДК<sub>р.з</sub> – в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>м.р</sub> – максимальная разовая в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>с.с</sub> – среднесуточная в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>в</sub> – в водоемах санитарно-бытового и хозяйственного назначения, мг/дм<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>в.р</sub> – в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей, мг/дм<sup>3</sup>.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	5
<b>Глава 1. Из истории горнозаводского производства в Забайкалье .....</b>	<b>7</b>
Контрольные вопросы .....	19
Литература .....	19
<b>Глава 2. Общие понятия о минеральном сырье .....</b>	<b>20</b>
2.1. Общие определения и классификация. ....	20
2.2. Использование минерального сырья. ....	21
2.3. Промышленные минералы и минеральные образования. ....	21
2.4. Промышленные типы месторождений. ....	23
2.5. Промышленные типы сырья. ....	23
Контрольные вопросы .....	24
Литература .....	25
<b>Глава 3. Стадии и методы изучения минерального сырья .....</b>	<b>26</b>
3.1. Оценка месторождения при поисках и разведке. ....	26
3.1.1 Общие понятия и положения. ....	26
3.1.2. Классификация запасов и ресурсов. ....	29
3.1.3. Технология и стадийность геологоразведочных работ. ....	36
3.1.3.1. Общие замечания. ....	36
3.1.3.2. Этапы и стадии ГРР. ....	36
3.2. Опробование. ....	44
3.2.1. Методы и способы опробования. ....	44
3.2.2. Принципы обработки проб и подготовки к анализу. ....	49
3.3. Изучение качества (состава и свойств) полезного ископаемого. ....	50
3.3.1. Требования к методам анализа. ....	50
3.3.2. Изучение качества твердого минерального сырья. ....	50
3.3.3. Особенности испытания качества углеводородного и гидроминерального сырья. ....	55
3.4. Изучение попутных полезных ископаемых и компонентов. ....	56
3.5. Оконтуривание тел полезных ископаемых. ....	58
3.6. Принципы подсчета запасов. ....	59
Контрольные вопросы .....	60
Литература .....	61

<b>Глава 4. Технологические процессы обогащения и переработки полезного ископаемого .....</b>	<b>63</b>
Контрольные вопросы .....	69
Литература .....	70
<b>Глава 5. Разработка месторождений .....</b>	<b>71</b>
5.1 Разработка месторождений твердых полезных ископаемых .....	71
5.1.1 Подземная разработка .....	71
5.1.2 Открытая разработка .....	72
5.2 Добыча жидкого и газообразного сырья .....	74
Контрольные вопросы .....	75
Литература .....	75
<b>Глава 6. Влияние геологоразведочных работ, добычи и переработки минерального сырья на окружающую среду .....</b>	<b>76</b>
6.1. Общие положения .....	76
6.2. Деструкция и деградация ландшафта при добыче минерального сырья .....	79
6.3. О полноте использования руд. ....	80
6.4. Особенности миграции химических элементов в зоне геотехногенеза .....	81
6.5. Прогноз экологических последствий .....	83
Контрольные вопросы .....	84
Литература .....	84
<b>Глава 7. Минерагеническое районирование .....</b>	<b>86</b>
Контрольные вопросы .....	94
Литература .....	94
<b>Глава 8. Черные и цветные металлы .....</b>	<b>95</b>
8.1. Общие замечания .....	95
8.2. Черные металлы .....	95
8.2.1. Железо .....	95
8.2.1.1. Свойства .....	95
8.2.1.2. Распространенность и запасы .....	96
8.2.1.3. Области использования .....	96
8.2.1.4. Минеральный состав и типы руд .....	97
8.2.1.5. Добыча и переработка руд .....	97
8.2.1.6. Месторождения железа Забайкалья .....	98
8.2.2. Хром .....	111
8.2.2.1. Свойства .....	111
8.2.2.2. Распространенность и запасы .....	111
8.2.2.3. Области использования .....	111
8.2.2.4. Минеральный состав и типы руд .....	112
8.2.2.5. Способы добычи и переработки руд .....	112
8.2.2.6. Месторождения хрома в Забайкалье .....	113

8.2.4. Марганец.....	114
8.2.4.1. Свойства.....	114
8.2.4.2. Распространенность и запасы.....	114
8.2.4.3. Области использования.....	115
8.2.4.4. Минеральный состав и типы руд.....	115
8.2.4.5. Способы добычи и передела.....	115
8.2.4.6. Марганцевые руды в Забайкалье.....	116
Контрольные вопросы.....	117
Литература.....	118
8.3. Цветные металлы.....	118
8.3.1. Медь.....	119
8.3.1.1. Свойства.....	119
8.3.1.2. Распространенность и запасы.....	119
8.3.1.3. Области использования.....	119
8.3.1.4. Минеральный состав и типы руд.....	120
8.3.1.5. Способы добычи и переработка руд.....	120
8.3.1.6. Месторождения меди в Забайкалье.....	121
8.3.2. Кобальт и никель.....	129
8.3.2.1. Кобальт.....	129
8.3.2.1.1. Свойства.....	129
8.3.2.1.2. Распространенность и запасы.....	130
8.3.2.1.3. Области использования.....	130
8.3.2.1.4. Минеральный состав и типы руд.....	130
8.3.2.1.5. Способы получения.....	131
8.3.2.2. Никель.....	131
8.3.2.2.1. Свойства.....	131
8.3.2.2.2. Распространенность и запасы.....	132
8.3.2.2.3. Области использования.....	132
8.3.2.2.4. Минеральный состав и типы руд.....	132
8.3.2.3. Способы добычи и переработки руд.....	133
8.3.2.4. Месторождения никеля и кобальта.....	134
8.3.3. Молибден.....	135
8.3.3.1. Свойства.....	135
8.3.3.2. Распространенность и запасы.....	135
8.3.3.3. Области использования.....	136
8.3.3.4. Минеральный состав и типы руд.....	136
8.3.3.5. Способы добычи и переработки руд.....	137
8.3.3.6. Месторождения молибдена в Забайкалье.....	137
8.3.4. Вольфрам.....	148
8.3.4.1. Свойства.....	148
8.3.4.2. Распространенность и запасы.....	149
8.3.4.3. Области использования.....	149
8.3.4.4. Минеральный состав и типы руд.....	149
8.3.4.5. Способы добычи и переработки руд.....	150
8.3.4.5. Месторождения вольфрама в Забайкалье.....	151
8.3.5. Олово.....	161
8.3.5.1. Свойства.....	161
8.3.5.2. Распространенность и запасы.....	161

8.3.5.3. Области использования.....	161
8.3.5.4. Минеральный состав и типы руд.....	162
8.3.5.5. Добыча и переработка руд.....	163
8.3.5.6. Месторождения олова в Забайкалье.....	164
8.3.6. Свинец и цинк.....	174
8.3.6.1. Свинец.....	174
8.3.6.1.1. Свойства.....	174
8.3.6.1.2. Распространенность и запасы.....	175
8.3.6.1.3. Области использования.....	175
8.3.6.1.4. Минеральный состав и типы руд.....	175
8.3.6.1.5. Добыча и переработка руд.....	176
8.3.6.2. Цинк.....	177
8.3.6.2.1. Свойства.....	177
8.3.6.2.2. Распространенность и запасы.....	177
8.3.6.2.3. Области использования.....	177
8.3.6.2.4. Минеральный состав и типы руд.....	178
8.3.6.2.5. Способы добычи и переработки руд.....	178
8.3.6.6. Свинцово-цинковые месторождения Забайкалья.....	179
8.3.7. Сурьма.....	210
8.3.7.1. Свойства.....	210
8.3.7.2. Распространенность и запасы.....	211
8.3.7.3. Области использования.....	211
8.3.7.4. Минеральный состав и типы руд.....	211
8.3.7.5. Добыча и переработка руд.....	212
8.3.7.6. Месторождения сурьмы в Забайкалье.....	212
8.3.8. Ртуть.....	217
8.3.8.1. Свойства.....	218
2.3.8.2. Распространенность и запасы.....	218
8.3.8.3. Области использования.....	218
8.3.8.4. Минеральный состав и типы руд.....	218
8.3.8.5. Добыча и переработка руд.....	219
8.3.8.6. Месторождения ртути и перспективы открытия промышленных месторождений.....	220
8.3.9. Кадмий.....	221
8.3.9.1. Свойства.....	222
8.3.9.2. Распространенность и запасы.....	222
8.3.9.3. Области использования.....	222
8.3.9.3. Минеральный состав и типы руд.....	222
8.3.9.5. Добыча и переработка руд.....	223
8.3.9.6. Месторождения кадмия в Забайкалье.....	224
8.3.10. Алюминий.....	225
8.3.10.1. Свойства.....	226
8.3.10.2. Распространенность и запасы.....	226
8.3.10.3. Области использования.....	227
8.3.10.4. Минеральный состав и типы руд.....	227
8.3.10.6. Месторождения алюмокалиевого сырья.....	229
8.3.11. Висмут.....	232
8.3.11.1. Свойства.....	232

---

8.3.11.2. Распространенность и запасы. ....	232
8.3.11.3. Области использования. ....	233
8.3.11.4. Минеральный состав и типы руд. ....	233
8.3.11.5. Способы добычи и переработки руд. ....	233
8.3.11.6. Месторождения висмута в Забайкалье. .	234
8.3.12. Титан. ....	238
8.3.12.1. Свойства. ....	238
8.3.12.2. Распространенность и запасы. ....	239
8.3.12.3. Области использования. ....	239
8.3.12.4. Минеральный состав и типы руд. ....	239
8.3.12.5. Способы добычи и переработки руд. ....	240
8.3.12.6. Месторождения титана в Забайкалье. ...	241
Контрольные вопросы. ....	241
Литература. ....	243
Список литературы к Части I. ....	245
Список используемых сокращений. ....	252

Учебное издание

Юргенсон Георгий Александрович

## **МИНЕРАЛЬНОЕ сырье Забайкалья**

Учебное пособие

**Часть I**

Черные и цветные металлы

На обложке использован фрагмент геологической карты  
полезных ископаемых Олондинского зеленокаменного пояса  
[Геологическое строение и полезные ископаемые..., 2002]  
и фото окисленной руды Шерловогорского месторождения

Редактор Т.П. Прокопенко

Компьютерная верстка И.В. Измайлов

Оформление обложки М.Г. Юргенсон

Книжное издательство «Поиск»

Подписано в печать 28.02.2006

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура School.

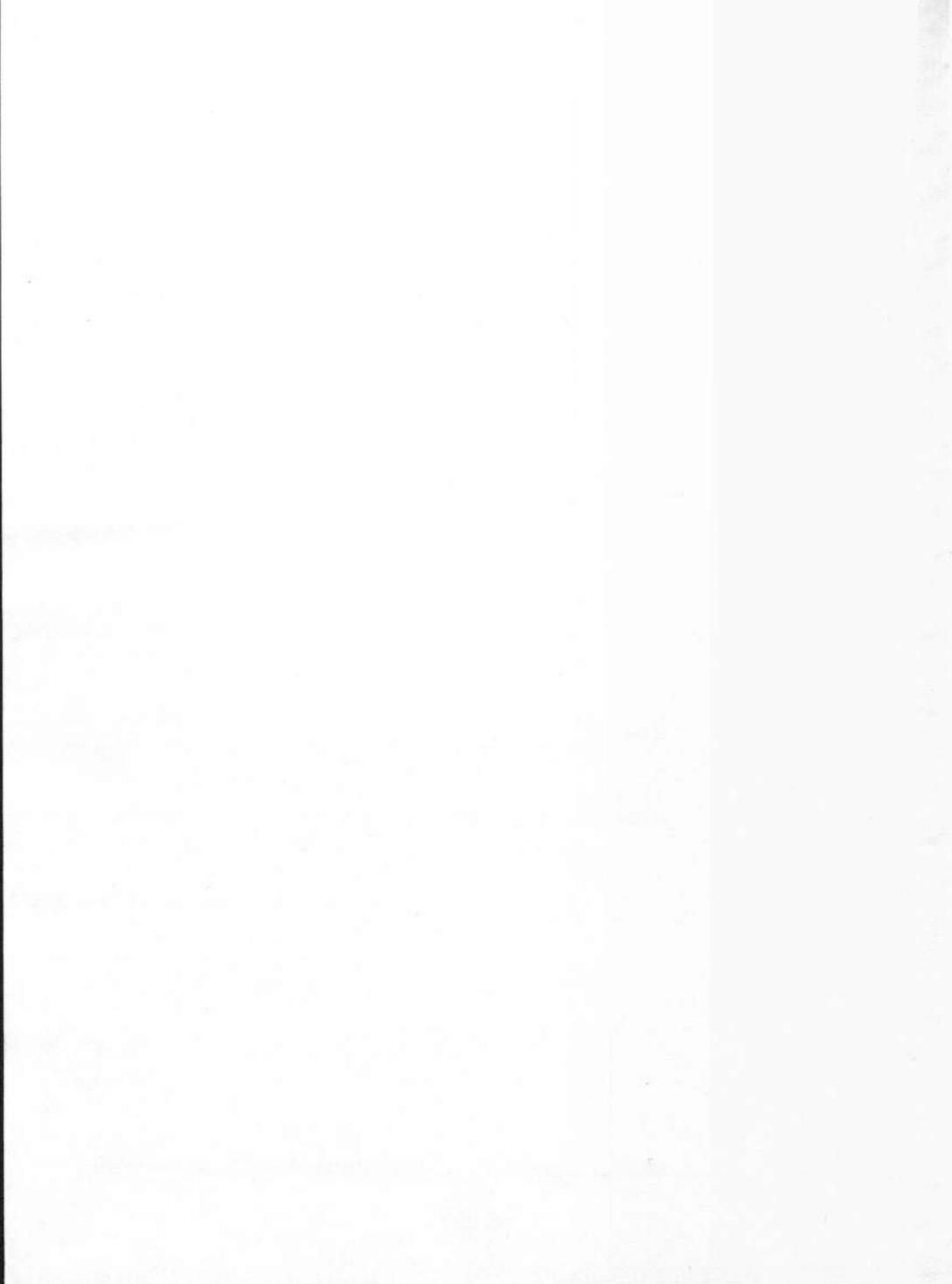
Усл. печ. л. 14,88. Тираж 300. Заказ 28.

672027, г. Чита, ул. Смоленская, 22.

Тел. 26-59-21

Замеченные опечатки в книге  
Г.А. Юргенсон «Минеральное сырье  
Забайкалья», «Поиск», 2006

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
96	2 сверху	275°C	2750°C
111	5 сверху	1875°C	1857°C





30

