К3
10-66
ецаП

Г.А. ЮРГЕНСОН

МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЁ ЗАБАЙКАЛЬЯ

В библиотеку
им. А. С. Пушкина
от автора

17. 05. 2011

Российская академия наук
Сибирское отделение
Институт природных ресурсов, экологии и криологии
Читинский государственный университет

Г.А. Юргенсон

Минеральное сырье Забайкалья

Учебное пособие

Часть II

Неметаллическое сырье

Книга 1

Чита, «Поиск», 2009

26 К33.2+К61.1 + 26.303я73+33.3я73

УДК 553.25+553.56
ББК 26.303+33.1,4
Ю 66

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

Рецензенты:
доктор геолого-минералогических наук, ИПРЭК СО РАН
Б.Н. Абрамов
доктор технических наук, профессор ЧитГУ
А.В. Фатьянов
доктор геолого-минералогических наук, профессор ЧитГУ
А.И. Трубачев
кандидат геолого-минералогических наук, профессор ЗабГГПУ
В.А. Кривенко

Ответственный редактор –
кандидат геолого-минералогических наук
В.С. Чечеткин

Юргенсон Г.А.

Ю 66 Минеральное сырье Забайкалья: Учебное пособие. Часть II. Неметаллическое сырье. Книга 1. Топливно-энергетическое, горно-химическое и горно-техническое сырье. – Чита: Поиск, 2009. – 308 с., ил.

ISBN 978-5-93119-248-2

Учебное пособие представляет собой вторую часть издания «Минеральное сырье Забайкалья» и написано в соответствии с программой обучения студентов химических, горных и географических специальностей университетов с учетом современных требований к минеральному сырью, определяемых законодательной базой недропользования. Оно состоит из трех книг. Предлагаемая читателю Книга 1 Второй части содержит сведения об основных группах и видах неметаллического минерального сырья. Охарактеризовано топливно-энергетическое, горно-химическое и горно-техническое сырье. Приведены сведения об основных его свойствах, включая экологические, о распространенности в природе, мировых запасах, доле российских, областях использования, минеральном составе, способах добычи и переработки. Впервые дана сводка и описание важнейших месторождений для территории Забайкалья, включая Забайкальский край и Республику Бурятию, закономерности их размещения, запасы и прогнозные ресурсы, минерагенический потенциал.

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

УДК 553.25+553.56
ББК 26.303+33.1,4

ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ КРАЕВАЯ БИБЛИОТЕКА им. А.С. Пушкина
ISBN 978-5-93119-248-2
С 766132

© Юргенсон Г.А., 2009
© ИПРЭК СО РАН, 2009
© ЧитГУ, 2009
© Книжное издательство «Поиск», 2009

ФОНД КРАЕВЕДЕНИЯ

Предисловие

Настоящее издание представляет собою продолжение учебного пособия автора «Минеральное сырье Забайкалья». В части I, состоящей из трех книг («Черные и цветные металлы» – Чита: Поиск, 2006, Книга I; «Редкие элементы» – Чита: Поиск, 2008, Книга 2 и «Благородные металлы» – Чита: Поиск, 2008, Книга 3), (Главы 1–10), были даны общие сведения о минеральном сырье, его современной классификации, способах определения качества, добычи и переработки, а также о месторождениях черных и цветных металлов, редких элементов на территории Забайкалья, включая Забайкальский край и Республику Бурятия.

В предлагаемой читателю Части II пособия «Неметаллическое сырье», также состоящей из трех книг, рассмотрен этот же спектр данных для топливно-энергетического (включая уран), горно-химического, горно-технического, минерально-строительного, камнесамоцветного и гидроминерального сырья. В Книге 1 (Главы 11–13) приведены сведения о топливно-энергетическом, горно-химическом и горно-техническом сырье. В качестве источников информации использованы как опубликованная, так и фондовая литература, а также собственные данные автора. Важным источником информации явилась 4-томная «Энциклопедия Забайкалья», изданная в 2000–2006 годах издательством «Наука» (Новосибирск), ответственным редактором которой совместно с А.Б. Птицыным был автор, а также инвестиционные материалы, издававшиеся Администрацией Читинской области в 2000–2006 годах. Все основные общие источники информации даны во Введении к Первой книге пособия и поэтому здесь не повторяются. Специальные источники, касающиеся рассматриваемых в настоящем издании видов сырья, приведены в списках литературы к отдельным разделам и сведены в конце книги.

Автор считает своим приятным долгом выразить признательность к.г.-м.н. О.К. Смирновой и к.г.-м.н. В.К. Хрусталеву за помощь в подборе материала по месторождениям Республики Бурятия.

Глава 11. Топливно-энергетическое сырье

11.1. Общие замечания.

Топливно-энергетическое сырье в природе встречается в твердом, жидком и газообразном состоянии. К твердым видам топливно-энергетического сырья относятся антрациты, каменные и бурые угли, горючие сланцы, торф, к жидким – нефть, газообразным – углеводородные газы (метан, пропан и другие), а также водород. В 1990-х годах к топливно-энергетическому сырью относят уран, ресурсы которого рассмотрены ниже.

В Забайкалье промышленное значение имеют бурые и каменные угли, а также уран.

11.2. Каменные и бурые угли.

11.2.1. Свойства и состав углей.

Угли представляют собою твердую органическую горную породу, образовавшуюся, в основном, из отмерших растений в результате их биохимических, физико-химических и физических изменений без доступа воздуха. Они состоят из органического углерода (до 92%), азота, серы, водорода. В углях присутствует большое число различных элементов-примесей. К ним относятся Ge, Cd, Co, Ni, Hg, Mn, As, Pb, Sb, P, F, Cl, Cr, Zn, Be, Se. При этом германий образует в углях промышленные концентрации.

Из физико-механических свойств углей наиболее важны: влажность (19–60%), теплота сгорания (наиболее высокая 24–29 МДж/кг); выход летучих веществ (8–60%); для антрацита плотность составляет 1420–1800 кг/м^3, удельное электросопротивление 0, 001–10 Ом·м, микротвердость 300–1470 условных единиц.

11.2.2. Экологические требования к разработке углей.

Разработка углей, их переработка и потребление сопряжены со значительным воздействием на природную окружающую среду, а также взрывоопасностью метаносодержащих углей. Она выражается в образовании угольной пыли, выбросах в атмосферу с дымами значительного количества пыли и угольных аэрозолей, а также вредных газов, прежде всего серного ангидрида и метана. Поэтому разработаны различные ПДК, ПДКр.з., ПДКм.р., ПДКсс (мг/м^3) соответственно: NO_2 – 9; 0.0850; 0.085; NH_4 – 20.0; 0.2; 0.2; As – 0.5; н/д; 0.003; Hg – 0.01; н/д;0.0003; Pb – 0.01; н/д; 0.0007; H_2S – н/д; 0.008; 0.008; CS_2 – н/д; 0.03; 0.005; SO_2 – 10; 0.03; 0.05; P_2O_5 – 1.0; 0.15; 0.05; Cl – 1.0; 0.1; 0.03; CrO_3 – 0.01; 0.0015; 0.0015; угольной пыли – 2.0; нет свед.; нет свед.

11.2.3. Распространенность и мировые запасы.

Угли чрезвычайно широко распространены в терригенных осадочных толщах, образуя различной мощности и протяженности пачки пластов. Главным образом они приурочены к отложениям каменноугольного возраста. Это, в основном, высококачественные каменные угли, часть которых представлена наиболее ценными антрацитами. Второй возрастной уровень угольных месторождений приурочен к юрским и, частично, меловым отложениям. Эти молодые угли обычно слабо метаморфизованы и относятся к бурым. Лишь часть из них, претерпевшая термальный метаморфизм, превращена в каменные угли. В Забайкалье все угли, каменные и бурые, имеют мезозойский возраст.

Мировые запасы углей (трлн т) – около 19. В странах СНГ находится примерно 6.8 трлн т, а в России – 4.7. При этом разведанные запасы угля в России на 01.01.2006 года составляли 270 млрд. т, запасы A+B+C_1 составляют 192 млрд. т. Годовая добыча в 2005 году составила 271.5 млн. т [Богатства недр ..., 2008].

11.2.4. Области использования.

Угли являются промышленным сырьем для энергетической, металлургической, химико-технологической промышленности, а также для получения германия, карборунда, карбида кальция, термографита, термоантрацита, различных сорбентов и другой продукции. Кроме того, продукты сжигания углей используются строительной индустрией для получения кирпича, обжига извести и других карбонатных пород.

Структура потребления (%): энергетика – 28, производство кокса – 23, получение газа, жидких продуктов, кирпичное производство, обжиг извести – 25, бытовые нужды – 24.

11.2.5. Минеральный состав и требования к качеству.

В соответствии с углепетрографическими данными, отображающими степень метаморфического преобразования углей, или степень углефикации, в них выделяют витринитовые и фюзинитовые составляющие. Степень углефикации определяется величиной, отражающей способности витринита, выражаемой в процентах. Кроме того, важными классификационными признаками углей являются их спекаемость, теплота сгорания, выход смол и другие показатели. Всего выделено 50 классов и 17 марок углей. Рассмотрение всех классификационных свойств углей не входит в задачу настоящего учебного пособия.

Наряду с собственно углеродистыми составляющими углей в них присутствуют различные минералы, как обломочные, захваченные в процессе формирования угленосных отложений, так и аутигенные, образовавшиеся в процессе образования ископаемых углей как горных пород. К первым относятся кварц, полевые шпаты, обломки тонкозернистых горных пород, слюды. Вторые представлены аутигенным кварцем, опалом, халцедоном, глинистыми минералами, пиритом, марказитом, иногда сульфидами меди, свинца, цинка, мышьяка, карбонатами, гипсом, ангидритом, апатитом и другими фосфатами, различными солями.

Качество углей определяют по величине высшей теплоты сгорания (МДж/кг) в сочетании со средним значением показателя отражения витринита.

11.2.6. Добыча и переработка углей.

Месторождения разрабатывают открытым (разрезами) и подземным способами.

Промышленная переработка при необходимости включает гравитационное и флотационное обогащение, а также брикетирование, коксование, пирометаллургическую переработку. В необходимых случаях производят подземную газификацию. После обогащения в товарных углях содержание золы должно находиться в пределах 2–20 %, а выход летучих веществ, отнесённых на горючую массу, – 15.0–42.0%.

Вредные примеси в углях – сера и фосфор.

11.2.7. Месторождения углей в Забайкалье.

Промышленная угленосность Забайкалья связана с верхнемезозойскими отложениями, заполняющими многочисленные грабеноподобные впадины, грабен-синклинали и мульды. В их пределах на территории только Забайкальского края выявлено 24 месторождения и 77 углепроявлений с общими ресурсами угля 7.0 млрд. т. Из них балансовых запасов – 4.4 млрд. т, прогнозных ресурсов – 2.6 млрд.т на 01.01.98 (табл. 11.1). По состоянию на 01.01.2006 минерально-сырьевой потенциал угля в недрах Забайкальского края составлял 2 942 692 млн. рублей.

Наиболее крупным из месторождений углей в Республике Бурятия было практически отработанное Гусиноозерское. Размещение месторождений углей в Забайкалье дано на рис.11.1 (Забайкальский край) и 11.2 (Республика Бурятия).

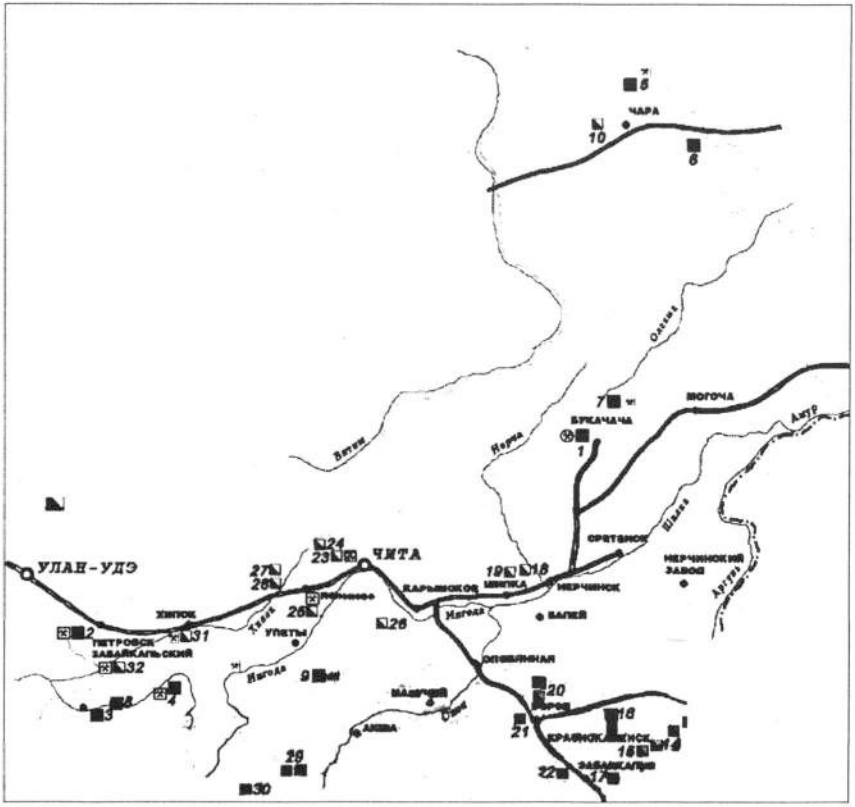


Рис. 11.1. Месторождения каменного угля:

1– Букачачинское; 2 – Олонь-Шибирское; 3 – Красночикойское; 4 – Зашуланское; 5 – Апсатское; 6 – Читкандинское; 7 – Нерчуганское; 8 – Шимбиликское; 9 – Урейское.

Месторождения бурого угля:

10 – Средне-Сакуканское; 11 – Кужертайское; 12 – Кутинское; 13 – Приозерное; 14 – Пограничное; 15 – Средне-Аргунское; 16 – Уртуйское; 17 – Абагайтуйское; 18 – Арбагаро-Холбонское; 19 – Ново-Арбагарское; 20 – Харанорское; 21 – Чиндантское; 22 – Даурское; 23 – Черновское; 24 – Тасеевское; 25 – Татауровское; 26 – Тыргетуй-Жимбирское; 27 – Степное; 28 – Сохондинское; 29 – Мордойское; 30 – Алтайское; 31 – Буртуйское; 32 – Тарбагатайское.

Рис.11.2. Схематическая карта размещения основных месторождений полезных ископаемых Республики Бурятия

Таблица 11.1

Общие ресурсы углей Забайкальского края (в млн. т)
По: [Геол. иссл., 1999]

Месторождение	Балансовые запасы	Прогнозные ресурсы
Бурые угли		
Тарбагатайское	34,2	69
Харанорское	848	263
Чиндантское	87	-
Кутинское	85	43
Татауровское	496	117
Иргенское	41	-
Даурское	58	-

Пограничное	188	-
Тасейское	79	13
Приозерное	189	-
Уртуйское*	117	5
Арбагаро-Холбонское	61	-
Тангинское	-	370
Буртуйское	0,2	-
Сохондинское	44	-
Итого	2327,4	880
Каменные угли		
Букачачинское	12	-
Олонь-Шибирское	243	-
Красночикойское	585	-
Зашуланское	173	-
Апсатское	977	1249
Читкандинское	15	447
Нерчуганское	9	16
Шимбиликское	24	-
Урейское	5	16
Итого	2043	1728
Всего	4370	2608

* Содержат уран.

Для большинства угольных месторождений Забайкалья характерны: 1) преимущественно мульдообразная форма угленосных площадей; 2) пологое (5–12°) до горизонтального залегание угольных пластов; 3) наибольшая угленосность верхней, реже средней (Чикойское) части разреза угленосной толщи; 4) относительно неглубокое залегание угольных пластов (только в Букачачинском месторождении они опускаются на 600 м, а в Чикойской впадине глубина достигает 1200 м). Число угольных пластов крайне изменчиво и варьирует от 2–5

до 55 (в среднем 10–15, из них рабочих, как правило, всего 1–8, реже больше), мощность от 0.5 до 10 м, реже 20–50 м (Харанорское, Апсатское, Красночикойское, Зашуланское).

Угли девяти месторождений (см. табл. 11.1) и восьми проявлений относятся к каменным марок Д, Г, КЖ-К. Все остальные – к бурым углям марок Б1, Б2, Б3. Теплота сгорания каменных углей варьирует от 7580 до 8340 ккал/кг, бурых – от 6180 до 7550 ккал/кг. Исключение составляют угли Харанорского и Читкандинского месторождений, теплота сгорания которых 3000 ккал/кг. Большей частью угли характеризуются низкими или средними значениями зольности – от 8–14 до 25%, в редких случаях до 40% (Олонь-Шибирское) и допустимыми содержаниями вредных примесей.

Часть углей можно использовать не только в качестве топлива, но и получать из них кокс, горючий газ, синтетический бензин, гуматы (стимуляторы роста сельскохозяйственных растений – экологически чистые удобрения) и др.

В Верхне-Каларской угленосной впадине, включающей Читкандинское месторождение, ресурсы извлекаемого метана составляют 13 млрд. куб. м с возможной ежегодной добычей до 0.5 млрд. куб. м [Геологические исследования..., 1999]. Извлечение и использование попутного газа из угольных пластов может иметь весьма существенное экономическое и экологическое значение при освоении других месторождений Удоканского рудного района. Возможно производство сжиженного газа для потребностей региона.

Первые промышленные работы по добыче угля в Забайкальском крае начались в 1887 году на Петровских угольных копях Холбонского участка Арбагаро-Холбонского месторождения. Арбагарское месторождение было вскрыто несколькими шахтами и штольней длиною 350 саженей. От шахт до разъезда Холбон была проложена узкокалейная дорога. Арбагарское месторождение отрабатывалось до 1972 года.

С ноября 1930 года вошла в строй шахта Букачача. Букачачинское месторождение отрабатывалось шахтой до 1998 года, когда она была ликвидирована из-за нерентабельной работы и истощения запасов углей.

В 1933 году организован Государственный Восточно-Сибирский трест каменноугольной промышленности («Вострансуголь») с центром в г. Чита. Первым управляющим трестом был назначен А.С. Аллилуев. В состав треста вошли Черновское шахтоуправление, Букачачинское рудопроявление, Тарбагатайское шахтоуправление, шахты Харанорская и Гусиноозерская, а в 1938 году и Арбагарское шахтоуправление. Годовой плановый объем добычи в 1934 году составлял 1750 тыс. т угля.

Постановлением Совета Народных Комиссаров СССР и приказом Народного Комиссариата топливной промышленности СССР в конце 1937 года трест «Вострансуголь» был передан в ведение наркомата тяжелой промышленности СССР и переименован в трест «Востуголь», который просуществовал до окончания Великой Отечественной войны. В конце мая 1945 года организован Государственный Союзный каменноугольный комбинат «Востсибуголь», куда вошли тресты и предприятия «Востуголь», «Кировуголь», «Черемховуголь», «Красноярскуголь», «Хакассуголь».

В середине 1997 года организовано ОАО «Читинская угольная компания» («Читауголь»). В состав компании «Читауголь» вошли разрез Харанорский, разрез Восточный, разрез Тигнинский и шахта Букачача.

Как видно из табл 11.1, Забайкальский край обладает крупными запасами (4 370 млн. т) и ресурсами (2 608 млн. т) каменных и соответственно (млн. т, 2327.4 и 880) бурых углей, позволяющих обеспечить энергетическим топливом неограниченно большие энергомощности. Тем не менее, несмотря на это, предприятия Забайкалья испытывают дефицит топлива в объеме не менее 1 млн. т в год. Это связано с тем, что угли Харанорского разреза вывозятся на Дальний Восток, а угли Олонь-Шибирского месторождения используются для потребностей Гусиноозерской ГРЭС. Объемы вывоза значительны. Для ликвидации дефицита предусматриваются работы для подготовки к промышленному освоению наиболее крупных месторождений угля (Апсатское, Зашуланское, Красночикойское, Пограничное, Приозерное, Кутинское), а также мелких,

расположенных на значительном удалении от железнодорожных транспортных путей, для местных нужд.

Большинство угольных месторождений Забайкалья имеет меловой возраст и локализовано во впадинах забайкальского типа. Время заложения их относится к верхней перми-триасу.

Забайкальский край.

Месторождения каменных углей. Самым крупным месторождением каменного угля в Забайкалье является **Апсатское.** Оно расположено в Каларском районе Забайкальского края, в 23 км к северо-западу от поселка Чара. Месторождение разведано А.В. Ласыгиным, В.И. Переяславским, В.Н. Грищенко, А.И. Меашкиным, И.Я. Фатнулиным. Угленосная толща представлена отложениями рыбачьей свиты раннемелового возраста. Она сложена переслаивающимися песчаниками, алевролитами и глинистыми сланцами с горизонтом конгломератов в основании (цв. рис. 11.3). Площадь угленосной впадины 100 км^2 (12,0 х 8,5 км). Промышленная угленосность находится в двух (нижнем и верхнем) горизонтах. В нижнем, мощностью 180–360 м, установлено до 40 пластов и пропластков угля, третья часть которых имеет рабочую мощность 0,7 м при коэффициенте угленосности 25–75%. Наиболее высокая угленосность характерна для восточной части месторождения, где из 9 пластов 6 имеют мощность более 15 м. Верхний угленосный горизонт располагается на 900–1000 м выше и содержит 6 угленосных пластов, из которых три сближены и образуют пачку со средней суммарной мощностью 6–8,1 м (см. цв. рис.11.3.).

На верхних горизонтах месторождения преобладают угли марок Ж, К, ОС, а на нижних – К, ОС, КС, в подошвенных частях установлены угли марок Т. Угли марок Ж, КЖ и К дают высокопрочный кокс. Угли марок КС, КО и ОС являются высококачественным отощающим компонентом. Угли верхнего горизонта пригодны как энергетическое сырье, а нижних горизонтов – как металлургическое и химическое.

Из обогащенных углей нижнего горизонта выход коксовых концентратов составляет 75–81% при зольности 7.8–8.9 %. В процессе коксования получены ценные продукты (в выходе

на сухое вещество): смола – 0.66–4.23; бензол – 0.47–1.05; аммиак – 0.1–0.65; коксовый газ – 8.14–18.2; общий выход кокса достигает 76.8–87.47%. Аналитическая влага – 1.7 %, $S_{общ}$ – 0.2 %, зольность 15.8 %, выход летучих веществ – 30 %, теплота сгорания – 8340 ккал/кг. Поэтому часть углей можно использовать в качестве сырья для получения кокса, горючего газа, синтетического бензина, гуматов (стимуляторы роста сельскохозяйственных растений, экологически чистые удобрения).

Запасы углей по категориям (млн. т): С1 – 179, С2 – 790, прогнозные ресурсы Р1 – 1250. Суммарные запасы угля – 977 млн. т, ресурсы составляют 1249 млн. т. До 90% этих углей относятся к коксующимся. В недрах по предварительным данным содержится 160–180 млрд. м^3 метана, в том числе в угольных пластах 50–55 млрд. м^3 газа. Метаноносность пластов составляет 25–28 м^3 на т угля. Ресурсы метана позволяют развить его добычу до 1.0–1.5 млрд. м^3 в год. Месторождение отрабатывается для местных нужд Каларского района. На Госбалансе не числится.

К числу месторождений каменного угля относится также **Букачачинское**, разработка которого подземным способом продолжалась до 1998 года. Оно расположено в Чернышевском районе Забайкальского края, в 41 км к северо-западу от станции Чернышевск Забайкальской железной дороги. Разведку месторождения в 1909 году проводил В.А. Вознесенский. Оно приурочено к брахисинклинальной структуре. Юго-восточное крыло мульды относительно пологое (15–19°), северо-западное более крутое (до 45°). Угленосная толща находится в составе букачачинской свиты раннемелового возраста, представленной переслаивающимися песчаниками, гравелитами, конгломератами, реже алевролитами. Известно 10 угленосных пластов. Пласты 1 и 2, отработанные шахтой «Букачача», были наиболее мощными. Мощности первого составляли 8–12 м, второго – 0.6–6.8 м. Уголь марки Г и Д, влага аналитическая – 2.8 %, зольность – 9 %, выход летучих веществ – 40.3 %, теплота сгорания горючей массы – 5970 ккал/кг. Витренит – 76.5–78 %, фюзинит – 1.3–5.5 %, минеральные примеси – 4.8–17.0 %.

Запасы на 01.01.1998 года составляли 12 млн. т. В 1998 году шахта закрыта.

Вторым по значимости в Забайкальском крае месторождением каменных углей является **Красночикойское**. Оно расположено в западной части Чикойской впадины, в 1 км к востоку от поселка Красный Чикой. Поиски и детальную разведку месторождения в 1984–1994 годах провели В.Ф. Севостьянов, В.Ф. Королев, В.П. Пилягин. Месторождение локализовано в мульде асимметричного строения. Юго-восточное крыло её менее крутое, чем северо-западное. Угленосная толща представлена отложениями чикойской свиты раннемелового возраста. Нижняя подсвита образована переслаивающимися песчаниками и гравелитами с прослоями алевролитов и конгломератов, верхняя — переслаивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами и конгломератами. Выявлено 58 угольных пластов, суммарной мощностью 76 м. Мощность основного угольного пласта (XI) 2.2–22.4 м (в среднем 11.2 м). Присутствие угольных пластов установлено до глубины 672 м. Для них характерно пологое падение (3–7^0). Запасы 535 млн. т (табл.11.1). Марка БПП-Д, влага аналитическая — 5.7 %, $S_{общ}$ – 0.4, зольность – 9, выход летучих веществ – 43.3 %. Витренит – 5.5–94.5 %, семивитренит – 0–80, фюзенит – 1.2–35.5, лейптинит – 3.5–14.4, минеральные примеси – 1.8 %. Месторождение разрабатывается для местных нужд. На Госбалансе числятся запасы энергетических углей в количестве (тыс. т):категорий АВС1 – 581 112, забалансовые – 435 814, доля запасов от общероссийских составляет 0.9 % [Богатство недр..., 2008].

Зашуланское месторождение находится в юго-западной части Забайкальского края, в 67 км от районного центра – с. Красный Чикой.

Оно локализовано в Чикойской впадине, сформировавшейся в раннемеловое время. В ее пределах расположены три мульды (с запада на восток): Красночикойская, Шимбиликская, Зашуланская, к которым приурочены одноименные месторождения. Геологическое строение месторождения достаточно простое и представлено на цв. рис.11.4.

На месторождении выявлено 22 угольных пласта. Наибольшую промышленную ценность имеют 6 пластов средней мощности от 2.2 м до 7.9 м.

Основные характеристики углей Зашуланского месторождения даны в табл.11.2.

Таблица 11.2

Основные технологические свойства углей Зашуланского месторождения

Марка углей	Д(ДВ)
Влага аналитическая (w^a), %	3.8–7.7
Влага рабочая (w^r), %	10.5–17.5
Зольность углей на сухое топливо (Ad), %	10.0–16.1
Выход летучих на горючую массу (vdaf), %	38.4 – 42.7
Сера общая (S^d_t), %	0.51–0.87
Высшая теплота сгорания, МДж/кг	30.82–33.18

Использование углей возможно не только для энергетических целей, но и для получения недорогих дробленых адсорбентов одноразового использования, высококачественных гранулированных адсорбентов и гуматов (природных стимуляторов роста растений).

Ресурсы углей месторождения оцениваются в 500 млн. т, из них разведано 256 млн. т, на Госбалансе числится по категориям $АВС_1$ 252 003 тыс. т. Доля от общероссийских запасов составляет 0.4%.

Лицензия выдана ОАО «Зашуланский угольный разрез».

На участке месторождения площадью 0.3 км^2 с запасами 4.5 млн. т ведется добыча угля для местных нужд.

Олонь-Шибирское месторождение. Расположено в 20 км к северо-западу от г. Петровск-Забайкальский. О находках ископаемых углей Тугнуйской долины было известно от местного населения давно. Прогноз о возможной угленосности Тугнуйской впадины давал академик В.А. Обручев при обследовании территории Забайкалья в 1890–1895 годах.

Планомерное изучение территории геологическими работами было начато в 1926 году с геологической съемки долины реки Тугнуй (Тетяев и др., 1926 г.). Последующими геолого-съемочными работами выявлены три месторождения углей, которые при дальнейших работах оказались фрагментами более крупных угленосных структур (Верещагин и др., 1933–1935 гг.). В начале 1940-х годов Иркутским геологическим управлением предпринята попытка подсчета запасов по категориям A_2+B+C_1 на Хараузском месторождении углей (Потапенко и др., 1941–1942 гг.). Угли были отнесены к бурым, общие запасы составили 7,7 млн. т. Как отмечает А.В. Михелис [1961 г.], эта оценка перспектив угленосности Тугнуйской депрессии была ошибочной и повлекла задержку ее изучения на 10 лет.

Более широкие поисково-разведочные и площадные геофизические исследования начались в 1952 году. Этими работами было выявлено, что угленосность Тугнуйской депрессии носит прерывистый характер и приурочена к опущенным ее блокам (мульдам).

Эти данные позволили принять решение о проходке разведочных линий вдоль оси впадины, а в местах подсечения угленосных отложений разбуривать площади по поперечным линиям и промежуточным профилям (Михелис и др., 1966 г.). В результате выявили три крупных угленосных структуры: Олонь-Шибирскую в северо-восточном замыкании впадины за пределами Бурятии на территории Петровск-Забайкальского района тогдашней Читинской области, Никольскую – к юго-западу от первой на территории Петровск-Забайкальского района Читинской области и Мухошибирского района Бурятии и Эрдэм-Галтайскую – в центральной и юго-западной частях впадины, на территории Мухоршибирского района Бурятии. При этом массовые анализы углей показали принадлежность

ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ
КРАЕВАЯ БИБЛИОТЕКА
им. А.С. Пушкина
С766132

их к каменным, марки Д-Г, что коренным образом изменило представления о промышленной ценности углей Тугнуйского бассейна. По данным всего комплекса работ установлено, что угленасыщенность Тугнуйской депрессии убывает с северо-востока на юго-запад до полного ее исчезновения в юго-западной Цолгинской мульде. Одновременно в этом же направлении происходит погружение угленосной толщи, что исключает возможность добычи угля открытым способом в Эрдэм-Галтайском месторождении, а разработка Олонь-Шибирского и Никольского месторождений возможна открытым способом на 90–95% их запасов.

В результате доразведки Олонь-Шибирского и Никольского месторождений подразделениями Бурятского геологического управления (Потамошнев и др., 1974–1975 гг.) выявлена повышенная угленасыщенность Никольского месторождения. Например, наиболее мощный пласт I (средняя мощность его 11.73 м) занимает и наибольшую площадь – 23.25 кв. км.

Угленосная толща представлена тугнуйским горизонтом среднеюрского возраста. Она сложена преимущественно песчаниками. С запада, юго-запада и востока угленосные отложения ограничены тектоническими нарушениями сбросового характера. Угленосные породы имеют пологое (3–8°) залегание, в прибортовых частях залегание становится более крутым, достигая 30–45° (рис.11.5). Марка Д, влага аналитическая – 3.9 %, сера общая – 0.4 %, зольность – 40 %, выход летучих веществ – 41 %. Витренит – 49.6–80.0 %, фюзенит – 5.5–18.0 %, лейптинит – 1.7–29.5 %, минеральные примеси – 10.3–15.0 %. В целом запасы, утвержденные в ГКЗ СССР, составили 260 млн. т по Олонь-Шибирскому месторождению и 327 млн. т по Никольскому, в том числе пригодные для открытой разработки – 274 млн. т. Всего на месторождении установлено 24 пласта угля. Промышленное значение имеют 5 пластов – № 18, 15, 8.6–8 и 6. Наилучшие качественные показатели имеют угли пласта 18, отрабатываемого в настоящее время.

В 1979 году институту Востсибгипрошахт выдается техническое задание на проектирование строительства разреза Тугнуйский на базе Олонь-Шибирского каменноугольного

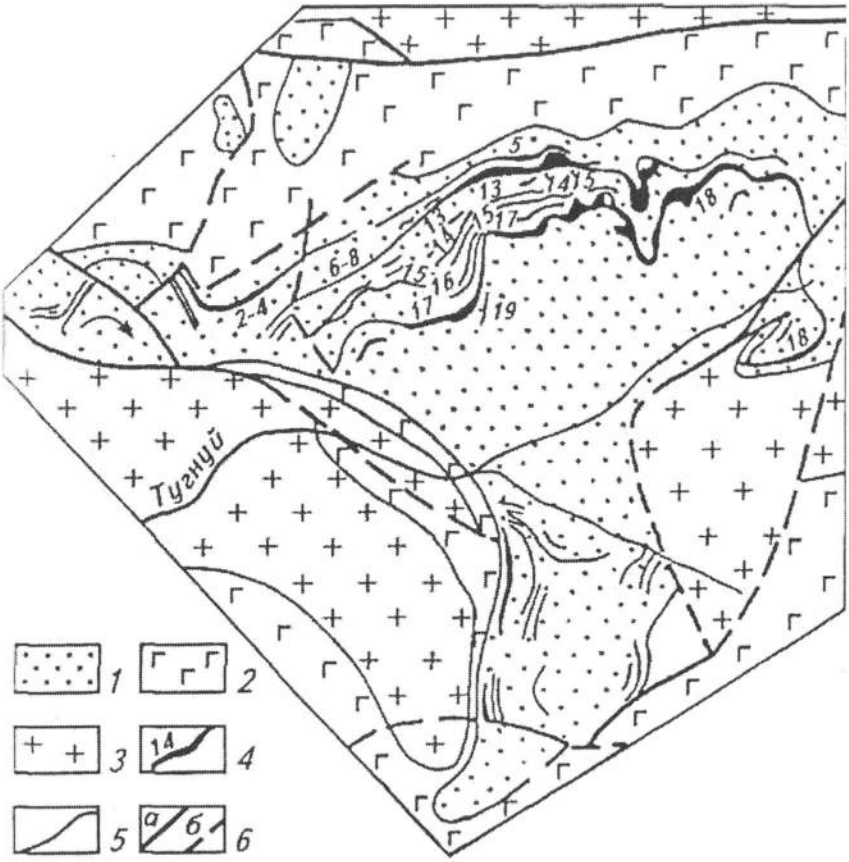


Рис.11.5. Схема строения Олонь-Шибирского месторождения. Схематическая геологическая карта и геологический разрез Тугнуйской впадины. По: [Угольная база..., 2001].

1 – четвертичные отложения, 2 – убукунская свита. 3 – муртойская свита, 4 – хилокская свита, 5 – галгатайская свита, 6 – тугнуйская свита, 7 – ичетуйская свита, 8 – граниты фундамента, 9 – угольные пласты. 10 – разрывные нарушения: установленные (а), предполагаемые (б), 11 – надвиги. 12 – номера угольных месторождений (1 – Олонь-Шибирское, 2 – Никольское, 3 – Мунханский участок, 4 – Эрдэмское, 5 – Галгатайское.

месторождения. Мощность разреза предусматривается на 6 млн. т угля в год (I очередь). Проект на строительство первой очереди завершен в 1983 году. Административно разрез расположен на территории Бурятии. Разрез Тугнуйский заложен в 1984 году в северной части Тугнуйской угленосной депрессии на базе углей Центрального и Южного участков Олонь-Шибирского каменноугольного месторождения. Тогда же начались первые строительные работы по созданию промплощадки разреза и заложен жилой поселок горняков (пос. Саган-Нур), промплощадка и подъездные пути от станции Челутай-3 ВСЖД. В 1987 году создается предпусковая дирекция разреза и в 1989-м – собственно разрез Тугнуйский с подчинением ПО Востсибуголь. В декабре 1988 года Государственной комиссией принимается первый пусковой комплекс мощностью 500 тыс. т угля в год.

В начале 2001 года мощность разреза составляет 3.8 млн. т угля в год. Построены подъездные пути длиной 86 км, жилой поселок на 6.5 тыс. человек. Строительство разреза и жилого поселка продолжается в настоящее время.

Технология производства горных работ предусматривает вскрытие угольных пластов как по бестранспортной системе, так и по транспортной, с предварительной подготовкой горной массы буровзрывными работами. Объем буровых работ обеспечивается станками роторного бурения СБШ-250МНА и буровым станком ДМ-М2 фирмы «Ингерсол Зэнд» США. Заряжение скважин производится смесительно-зарядными машинами М3-4А грузоподъемностью 25 тонн. Вскрышные работы обеспечиваются драгалайнами ЭШ-20/90 и ЭШ-10/70, экскаваторами ЭКГ-8И, ЭКГ-12,5 ЭКГ-15. Добычные работы производятся экскаваторами ЭКГ-8И, ЭКГ-6.3УС, ЭКГ-5У. Доставка угля на усреднительный склад и пород вскрыши на внешние отвалы осуществляется автосамосвалами БелАЗ-7523 и БелАЗ-7519. Отгрузка угля потребителям производится с усреднительного склада экскаваторами ЭР-1250 и ЭКГ-10 (цв. рис. 11.6, 11.7).

Основными потребителями Тугнуйских углей являются Гусиноозерская ГРЭС, Улан-Удэнские ТЭЦ № 1 и 2, пред-

приятия Читинской области, Хабаровского края, Сахалина. Разрез производит экспортные поставки в Японию, Корею, Монголию.

Развитие разреза происходит на основе собственных средств, без участия федерального бюджета, посильную помощь оказывают строительные организации Бурятии и Иркутской области.

В 1997 году разрезу присужден приз «Золотой Ореол» Международной программой «Сотрудничество ради прогресса» как одному из немногих предприятий России, успешно развивающемуся в условиях становления рыночной экономики. Остаточные балансовые запасы Олонь-Шибирского месторождения по состоянию на 01.01.1989 года составили 243 млн. т (см. табл. 11.1). В 2005 году Тугнуйским разрезом на Олонь-Шибирском месторождении добыто 4 678 тыс. т угля, что составило 4.3% общероссийской добычи. Запасы по состоянию на 01.01.2007 года составляли 210 301 тыс. тонн.

Читкандинское месторождение расположено в Каларском районе в 85 км к юго-востоку от поселка Чара и в 100 км от ж.-д. станции Новая Чара в Верхне-Каларской впадине. Первые сведения об угленосности этой впадины в 1955–1956 годах были представлены геологами Читкандинской партии ЧГУ И.Б. Сирейским и В.А. Кривенко. Поисково-оценочные работы проведены в 1961–1964 годах В.Н. Межовым, Г.П. Борисовым, В.А. Метелевым и другими. Угленосная толща представлена отложениями рыбачьей свиты раннемелового возраста, сложенной переслаивающимися алевролитами, аргиллитами и песчаниками при подчиненном развитии конгломератов и гравелитов. Угленосные отложения развиты в северной части впадины и протягиваются в виде полосы шириной 4–5 км на 40 км. Они имеют в целом спокойное моноклинальное залегание с падением пород на север под углом 15–25 (цв. рис. 11.8.). Выявлено два участка: Угольный и Болотистый. В них установлено 20 угленосных пластов с мощностями 1–8 м. Из них разведан только пласт Основной. Марки углей от длиннопламенных до газовых (Г 6), влага аналитическая – 3.8 %, сера общая – 0.3 %, зольность – 21.9 %, выход летучих веществ – 45 %,

теплота сгорания – 5295 ккал/кг. Витренит – 27.5–77.5 %, семивитренит – 0–21.0 %, фюзенит – 0–45.0 %, минеральные примеси – 5.5–8.5 %. Угли могут использоваться как высокоэффективное энергетическое топливо и в виде отощающих добавок к коксующимся углям Апсатского месторождения. Метаноносность угольных пластов в Верхне-Каларской впадине 15–22 м^3 /т на глубинах 400–1500 м. Прогнозные ресурсы метана в угольных пластах – 18 млрд. м^3. Столько же примерно заключено и во вмещающих горных породах. Возможна добыча метана до 0,5 млрд. м^3 в год в течение 25–30 лет. Запасы угля – 15 млн. т, ресурсы – 447 млн. т [Геологические исследования..., 1997]. Добыча углей возможна только подземным способом.

Рассмотренными месторождениями каменных углей, как видно из табл. 11.1, не исчерпывается их сырьевая база, но месторождения эти не имеют в настоящее время общекраевого значения. Их использование может быть реализовано в отдаленном будущем, частью – для местных нужд. На Буртуйском, Нерчуганском, Урейском ведется добыча угля малыми предприятия для местных нужд Каларского, Красночикойского, Хилокского, Чернышевского, Могочинского, Дульдургинского и Акшинского районов.

В начале XXI века ведется добыча каменных углей разрезами: Апсатским, Зашуланским, Нерчуганским и Урейским.

Годовая производительность малых угледобывающих предприятий в общем объеме не превышает 70 тыс. тонн.

Месторождения бурых углей.

Черновское месторождение. Расположено в 15–20 км к юго-западу от г. Чита. Приурочено к мульдообразной структуре с падением слоев к центру структуры под углом 5–6°. Угленосная толща представлена отложениями позднеюрско-раннемелового возраста, сложена переслаивающимися песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Выделено 12 угольных пластов, мощностью 0.1–11.0 метров. Средние показатели качества углей: влага аналитическая – 31.9 %, зольность – 23 %, сера

общая – 0.6 %, теплота сгорания – 3980 ккал/кг. Витренит – 21.0–87.0 %, семивитренит – 0.5–51.0 %, фюзенит – 8.0–22.0 %, лейптинит – 0.5–38.0 %. Запасы на 01.01.1979 года составляли 0,7 млн. тонн. Оно начало осваиваться в 1890-х годах братьями Замятиными. Относительно стабильная добыча началась с июня 1907 года, и в 1908 году было добыто 18 тыс. т угля [Угольная..., 2001]. Подземная добыча угля на Черновском месторождении осуществлялась до 1984 года, а угледобыча открытым способом продолжалась до 1989 года. Коллектив шахты и разреза перешел на отработку Татауровского буроугольного месторождения. Предприятие, отрабатывающее это месторождение, сохранило название «Разрез Восточный».

Татауровское буроугольное месторождение расположено в 60 км к юго-западу от г. Чита. Географо-экономические условия месторождения являются благоприятными для его промышленного освоения. Имеется железнодорожная ветка, связывающая пос. Дровяная со ст. Лесная Забайкальской железной дороги. Вблизи месторождения проходит асфальтированная автомобильная дорога II класса Чита – Улан-Удэ.

Приурочено к одноименной мульде, сложенной нижнемеловыми отложениями тигнинской свиты, представленной песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. Геологическое изучение месторождения начато в 1932 году и с перерывами продолжалось до 1963 года. Детальная разведка проведена в 1963–1966 годах под руководством В.Ф. Королева. Известно свыше 15 угольных пластов, из которых промышленный интерес представляют пласты I, II и III средней мощности соответственно 8.2; 4.5 и 10.1 м. Углы падения пластов не превышает 10°. Марка Б-II, влага аналитическая – 6.0 %, сера общая – 0.5 %, зольность – 15 %, выход летучих веществ – 45 %, теплота сгорания – 3695 ккал/кг. Витренит – 69.1–93.8 %, семивитренит – до 13.5 %, фюзенит – 0.8–16.2 %, лейптинит – 0.1–7.8 %, минеральные примеси – 2.4–4.4 %. По состоянию на 1998 год запасы составляли 496 млн. т, ресурсы – 117 млн. т. Разработка месторождения осуществляется в сложных гидрогеологических условиях. Месторождение находится в заболоченной пойме реки Ингода, имеющей густую сеть стариц и рукавов. С хребта Чер-

ского в пойму стекают многочисленные мелкие ручьи и речки (р. Гнилушка, р. Житкомыл, р. Нарымка). В период паводков площадь месторождения затопляется с разливом Ингоды практически по всей пойме.

До 1998 года разрез отрабатывал пласты II и III на глубину до 48 метров. В настоящее время горные работы ориентированы на разработку пласта I в контуре детальной разведки, имеющего более благоприятные горно-геологические условия (меньший объем вскрыши КВ = 1.0, более мощный пласт).

За время эксплуатации с 1982 по 1998 год добыто 14.7 млн. т угля. Добыча 2005 года – 982 тыс. т, доля в добыче бурых углей страны 1.4%. В забоях работают 13 экскаваторов, в том числе четыре ЭШ-10/70, три – ЭКГ8И, ЭКГ-10,5, пять – ЭКГ 5И, а на складе готовой продукции – роторный экскаватор ЭР-1250. По состоянию на 01.01.2006 года запасы $АВС_1 + С_2$ 372 919 тыс. тонн. Забалансовые запасы 68 786 тыс. т, доля в запасах страны 0.3% [Богатство недр..., 2008].

Харанорское месторождение является крупнейшим в Забайкальском крае и в Забайкалье в целом. Оно расположено в районе станций Шерловая и Шахтерская Забайкальской железной дороги.

Месторождение бурого угля открыто в 1895 году при изыскательских работах горным инженером М. Сергеевым, который впервые провел исследования месторождения и сделал его геологическое описание.

В 1895–1897 годах геологоразведочными работами Восточно-Сибирской горной партии под руководством горного инженера М.М. Бронникова на месторождении установлено наличие двух пластов с промышленной мощностью угля.

В 1908 году началась эксплуатация месторождения частными предпринимателями Кузнецовым и Шлезингером. Добыча угля велась в основном подземным способом, в 1914 году сделана попытка открытой добычи, а в 1917 году на горных работах использовался экскаватор. Все горные выработки систематически уничтожались пожарами. За все дореволюционное время существования копей подготовлено к выемке 3.4 млн. т угля, добыто 500 тыс. т, остальной уголь сгорел или

остался в недрах. Здесь образовалось озеро Провал. В 1920 году угольные копи перешли в ведение Миннархоза, затем Дальугля и, наконец, Дальпромбюро. В 1923 году вследствие возникновения подземного пожара от самовозгорания угля в целиках эксплуатация месторождения прекратилась.

В 1928–1930 годах геологоразведочные работы продолжены угольной секцией Геологического комитета под руководством Т.Н. Пономарева. Им выявлено 10 пластов угля в западной части месторождения, впервые подсчитаны запасы по пласту I в количестве 11 млн. тонн.

С 1938 по 1960 год проводились плановые геологоразведочные работы сначала Восточно-Сибирским геологическим управлением под руководством А.Е. Потапенкова, затем в 1948 году организована Харанорская ГРП треста «Востсибуглеразведка». В 1953 году партия передана тресту «Иркутскгеология», а в конце 1957 года – ЧГУ. В 1961 году ЧГУ (В.Е. Анферов и др.) произведен окончательный подсчет запасов угля, который был утвержден ГКЗ 24.04.1962 года по состоянию на 01.01.1961 года в количестве 1087.4 млн. т угля категорий $A+B+C_1$.

Месторождение приурочено к брахисинклинали, осложненной рядом замкнутых мульдообразных структур (рис. 11.9). Вследствие тектонических сбросовых нарушений северо-западного простирания оно имеет ступенчато-блоковое строение. Падение угольных горизонтов пологое – 2–3°, реже 7–9°. Промышленная угленосность связана с горизонтом мощных угольных пластов кутинской свиты раннемелового возраста. Вмещающие горные породы представлены переслаивающимися алевролитами, аргиллитами и песчаниками. Известно 50 угольных пластов общей мощностью 80 м, залегающих на глубинах 5–200 м. Угли бурые, гумусовые, марки Б-II, влага аналитическая – 15 %, зольность – 16.8 %, сера общая – 0.5 %, выход летучих веществ – 45 %, теплота сгорания – 3069 ккал/кг. Витренит – 17–24 %, семивитренит – 18–28 %, фюзенит – 48.5–64.0 %, лейптинит – 1.2–2.0 %, минеральные примеси – 3.2–6.5 %. По состоянию на 01.01.1998 года запасы угля составляли 848 млн. т – ресурсы 263 млн. тонн.

В советское время разрабатывалось с 1938 года. В конце

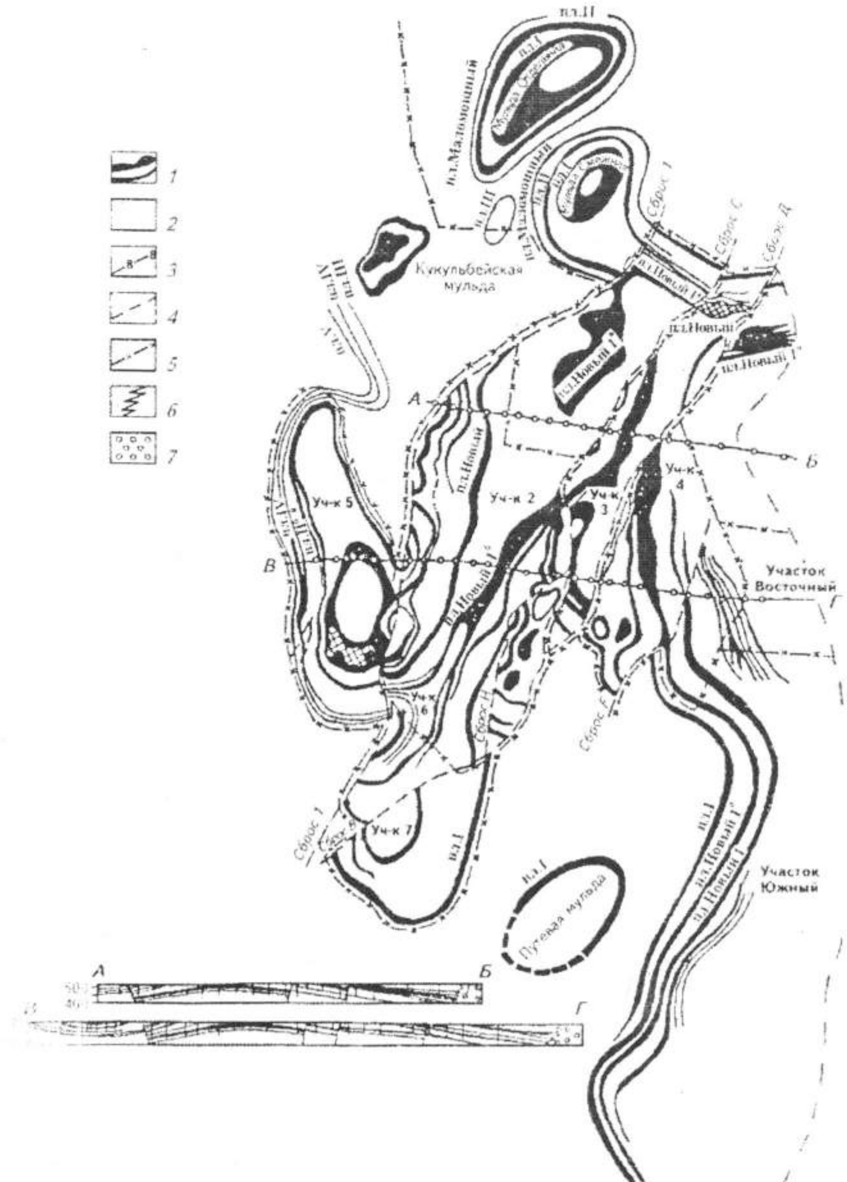

1
2
3
4
5
6
7
пл.II
пл.I
пл.Маломонный
пл.II
пл.III
Кукульбейская мульда
Сброс 1
Сброс С
Сброс Д
пл.Новый I
пл.Новый
A
Б
Уч-к 5
Уч-к 2
Уч-к 3
Уч-к 4
B
Г
Участок Восточный
Уч-к 6
Сброс Н
Сброс Е
Уч-к 7
пл.I
Пугевая мульда
Участок Южный

Рис. 11.9. Схематическая карта выходов угольных пластов и геологические разрезы Харнорского месторождения. По: [Угольная база России, 2001]:

1 – угольные пласты, 2 – выгоревшая часть угольного пласта, 3 – линия выклинивания угольных пластов на глубине, 4 – дизъюнктивные нарушения, 5 – границы участков, 6 – граница фациального замещения угленосных отложений (на разрезах), 7 – пролювиальная фация кутинской свиты (на разрезах).

1938 года начато строительство рудничного поселка и проходка малой вертикальной разведочно-эксплуатационной шахты. Эксплуатационные работы на месторождении начаты в 1942 году трестом «Забайкалуголь» комбината «Востсибуголь». В течение 1942–1956 годов шахтой № 1 добывалось от 20 до 54.2 тыс. т угля в год, всего было добыто около 670 тыс. т угля. В 1956 году подземные горные работы прекратились, а к концу года начата открытая добыча угля на Кукульбейской мульде Кукульбейским разрезом треста «Забайкалуголь». Добыча начата с целью организации малого разреза для обеспечения топливом Шерловогорской ТЭЦ на период строительства основного Харанорского разреза. Кукульбейский разрез работал до 1970 года, а затем влился самостоятельным участком в разрез Харанорский, который отрабатывает месторождение по настоящее время. Проектная мощность разреза составляла 700 тыс. т угля в год.

ОАО «Разрез Харанорский» – крупнейшее угледобывающее предприятие Забайкалья и Дальнего Востока. В 1970–1993 годах разрез Харанорский действовал в составе ПО «Востсибуголь». За этот период годовая мощность разреза возросла с 3 млн. т до 9.5 млн. т угля, максимальная добыча угля в 1992 году составила 9776 тыс. т. Добыча угля ведется с использованием современной мощной техники. Общая протяженность ж.-д. путей 115 км. В 2005 году добыто 2 622 тыс. т угля, что составило 3.6% общероссийской добычи.

По состоянию на 01.01.2006 года на Госбалансе числилось по категориям АВС1 394 561 тыс. т угля (0,3% от общероссийских) и 60 954 тыс. т забалансовых запасов [Богатство недр...,2008].

Уртуйское месторождение бурых углей расположено в Краснокаменском районе в пади Сухой Урулюнгуй, в 10 км севернее г. Краснокаменск. Впервые наличие в пади Сухой Урулюнгуй угольных пластов большой мощности было установлено в 1971 году работами ГРП № 98 Сосновской экспедиции, проводившей под руководством Ю.А. Игошина поисковые работы на уран. Одна из поисковых скважин, пробуренная

недалеко от устья пади Уртуй, вскрыла угольный пласт мощностью около сорока метров.

Разведка Уртуйского буроугольного месторождения проведена в 1983–1984 годах экспедицией № 324 под руководством В.А. Шлейдера, и в 1985 году ГКЗ утвердила запасы углей Уртуйского месторождения в количестве 129.409 млн. т, в том числе по категориям $A+B+C_1$ – 125,656 млн. т и по категории C_2 – 3.753 млн. т. Локализовано в пределах пологой мульды с крутыми южным, юго-западным и западным бортами. Представлено пятью пластами бурых углей, залегающими в песчано-глинистых отложениях кутинской свиты. Площадь месторождения – 6 км^2. По ГОСТ 9477–79 «Угли Восточной Сибири» марка уртуйских углей – бурый (Б), группа Б-3 (массовая доля влажности до 30 %), по ГОСТ 25543–82 «Угли бурые, каменные и антрациты» отнесены к бурым (теплота сгорания на влажное беззольное состояние менее 24 МДж/кг, средний показатель отражения витринита менее 0.6 %. Средние влажность – 26 %, зольность – 10.9 %, рабочая теплота сгорания – 4277 ккал/кг. При разведке месторождения было установлено, что в западной и юго-западной частях месторождения на участках, где угольные пласты выходят под четвертичные отложения, уголь загрязнен ураном. При разведке эти участки оконтурены и произведен подсчет запасов. Оценка этих материалов показала, что уран присутствует в углях в незначительных количествах и промышленного значения не имеет. Принято решение о складировании при добыче угля, загрязненного ураном, в специальные отвалы с последующим их захоронением.

Для исключения использования угля, добываемого на Уртуйском месторождении не по назначению, геофизиками и ОТК Приаргунского горно-химического объединения разработана система контроля, включающая промер каждого автомобиля, выезжающего из разреза с углем на содержание ЕРН, гамма-каротаж, гамма-опробование забоев и штабелей, контрольное опробование с отбором вещества.

Месторождение отрабатывается открытым способом. Строительство буроугольного разреза Уртуйский началось в 1986 году, и в 1989 году уже был введен в эксплуатацию первый

пусковой комплекс производительностью 0.5 млн. т угля в год. В 1990 году введены в эксплуатацию второй и третий пусковые комплексы строительства I очереди разреза с доведением годовой производительности до 1.8 млн. т угля в год. С 2000 года годовая производительность разреза составляет более 2.7 млн. т угля.

Строительство разреза на Уртуйском месторождении позволило полностью обеспечить потребность в угле ТЭЦ Краснокаменска и населения близлежащих районов. В 2005 году добыто 4 886 тыс. т угля, что составило 6.8% общероссийской добычи. На 2010 год планируется добыть 3.5 млн. т угля.

Вскрышные работы выполняются экскаваторами ЭКГ-5, ЭКГ-8И, ЭКГ-10И. Вывозка породы в отвалы осуществляется автомобилями БелАЗ-7522, 7523, 7527. Очистные работы в разрезе выполняются транспортной системой отработки с погрузкой угля экскаваторами ЭКГ-10, ЭКГ-5А и ЭШ-10/70. Уголь грузится в автомобили БелАЗ и вывозится на перегрузочный пункт, где экскаваторами ЭР-1200 и ЭКГ-5А подается в железнодорожные вагоны.

Разрез входит в состав разрезоуправления Уртуйское – структурного подразделения акционерного общества открытого типа Приаргунское производственное горно-химическое объединение.

Остаточные запасы по сумме категорий $A+B+C_1+C_2$ на 01.01.2000 года составляли 112 952 тыс. т, по состоянию на 01.01.2006 года балансовые запасы составляли (тыс. т) по категориям ABC_1 85 934, C_2 – 2949, $ABC_1 + C_2$ – 88 883 (0,1 общероссийских).

Тарбагатайское буроугольное месторождение расположено в долине реки Хилок на территории Петровск-Забайкальского района Забайкальского края вблизи поселков Зугмара, Новопавловка, Тарбагатай, Кули. Приурочено к Тигнинско-Зугмарской мульде неправильной формы. Падение крыльев мульды 10–20°. Угленосные толщи представлены отложениями зугмарской и кулевской свит позднеюрского и раннемелового возрастов. Зугмарская свита представлена переслаивающимися

песчаниками, алевролитами и аргиллитами, кулевская – песчаниками с прослоями алевролитов, аргиллитов и глинистых сланцев. Продуктивный угленосный горизонт мощностью 450–500 м включает более 20 угольных пластов. Из них 4 – Спутник, Промежуточный, Тигнинский и Мощный – являются рабочими с мощностями 3–11.7 м. Строение угольных пластов сложное. Мощности меняются в пределах одного горизонта. Угли содержат промышленные концентрации германия. Угли гумусовые, от матовых до тусклоблестящих. Относятся к группе 2Б. Марка Б-III, влага аналитическая – 9.3 %, зольность – 15–19.4 %, сера общая – 1.4–2.5 %, выход летучих веществ – 42 %, содержание углерода – 75.5 %, водорода – 5.2 %, азота – 1.3 %, теплота сгорания – 4550–7708 ккал/кг. Запасы – 48 млн. т, ресурсы – 69 млн. т. Отрабатывается разрезом Тигнинский. Промышленное освоение месторождений началось в 1906 году предпринимателем Бржозовским на верхней террасе реки Хилок, так называемые угольные копи. В 1908 году рядом с ними открылось второе предприятие под названием Викторовский рудник Восточно-Сибирского углепромышленного товарищества. В 1913 году угольные копи перешли к частному владельцу Тетюкову (Тетюхе), который перенес все добычные работы на нижнюю террасу реки и вел их открытым способом (разрезом).

Угольный разрез имел длину около 1700 м, ширину – 50–70 м и глубину – 30–35 м. Мощность угольного пласта достигала 10–20 м. К разрезу была проведена железнодорожная ветка, и уголь поступал непосредственно в железнодорожные вагоны.

Основным препятствием при разработке карьера являлся большой водоприток, достигавший 2500 м^3/час. На водоотлив расходовалось до 80% электроэнергии, вырабатываемой местной электростанцией мощностью 900 квт. Расход электроэнергии на 1 тонну добытого угля составлял 7.24 квт. В 1917 году была достигнута максимальная добыча угля – 235 тыс. т. Эксплуатация месторождения в этих условиях продолжалась до 1921 года.

В 1937 году, после выявления промышленных запасов на верхней террасе Тигнинского участка и на Кулевском участке, трестом «Восттрансуголь» начата эксплуатация пластов угля

двумя наклонными шахтами. Производительность Тигнинской шахты в 1948–1949 годах составляла 450 т угля в сутки. До 1958 года производительность шахты Тигня колебалась от 70 до 100 тыс. т угля в год. В конце 1958 года начата эксплуатация угольного пласта Нежданный шахтой Тигня-1. В это же время на нижней террасе реки Хилок осуществляется отработка Тигнинского пласта открытым способом (Тигнинский карьер).

В 1962 году шахта Тигня-1 была законсервирована в связи с большими водопритоками. Суммарная добыча угля в шахте и карьере составляла около 100 тыс. т в год. В 1963 году добыча угля производилась только открытым способом. После обнаружения в 1964 году в углях месторождения промышленных концентраций германия они использовались, в основном, как рудоминеральное сырье. Горно-добычные работы в этот период проводились на Тигнинском участке по пластам Тигнинский и Спутник. Производительность разреза составляла 60–70 тыс. т германийсодержащих углей в год. В качестве редкометалльного сырья угли месторождения использовались до 1994 года. В 1994 году при отсутствии спроса на германйесодержащие угли разрез приступил к отработке энергетических углей на участке Новый, который был открыт в 1991 году, где по 1998 год включительно разрез вел отработку двух пластов – Тигнинского и Спутника. Карьерная горная выработка Тигнинского участка к этому времени достигла глубины 90 метров и в настоящее время используется как водосборник.

До 1997 года предприятие входило в состав ПО «Востсибуголь» с управлением из Иркутска. В условиях экономических реформ и структурной перестройки в угольной промышленности Тигнинский разрез с трудом сохранился как действующее предприятие.

Запасы Приграничного месторождения по состоянию на 01.01.1998 года составляли 188 млн. т, а Приозерного – 189 млн. т. На Госбалансе по Пограничному (Дуроевскому) месторождению по состоянию на 01.01.2006 года числилось по категориям $АВС_1$ 187 467 тыс. т угля и 191 684 тыс. т его забалансовых запасов.

Из разрабатывавшихся месторождений бурого угля важное историческое значение имело **Арбагаро-Холбонское**, расположенное на левобережье реки Шилка, в непосредственной близости от поселка Арбагар. Оно приурочено к северо-восточной части Арбагаро-Холбонской мульды, имеющей крутое (35–60°) юго-восточное и сравнительно пологое (10–25°) северо-западное крыло. Угленосная толща представлена арбагарской свитой раннемелового возраста. Она сложена переслаивающимися песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Известно 19 угольных пластов. Запасы по состоянию на 01.01.1972 года составляли 44 млн. т. Марка Б-III, аналитическая влага – 15.4 %, $S_{общ}$ – 1.2 %, зольность – 14.1 %, выход летучих веществ – 42.4 %, теплота сгорания – 3430 ккал/кг. Разработка его началась в 1887 году шахтами. Точных данных о количестве добытого угля нет. Отрабатывалось подземным способом до 1972 года. По состоянию на 01.01.1998 года запасы составляли 61 млн. т.

Республика Бурятия.

В Республике Бурятия разведано 12 месторождений угля (см. рис. 11.2). Из них активные запасы (в млн. т) установлены на 9 месторождениях: Ахаликском – 657 (39% от всех активных запасов месторождений Республики категорий $A+B+C_1$ и C_2), Гусиноозерском – 465 (27%), Никольском – 327 (19%), Окино-Ключевском – 197 (12%), Сангинском – 15 (0,9%), Талинском – 13 (0,8%), Эландинском – 14 (0,8%), Загустайском – 5 (0,3%) и Дабан-Горхонском – 2 (0,1%) [Угольная база..., 2004].

Наибольшее количество благоприятных для освоения запасов выявлено на Ахаликском месторождении. Освоение этого участка возможно углеразрезом на мощность 6–8 млн. т угля/год.

Гусиноозерское месторождение является одним из наиболее промышленно освоенных в Бурятии. На действующие предприятия месторождения приходилось в 1997 году более 80% добычи всех угледобывающих предприятий Республи-

ки [Угольная база..., 2001]. В это время на месторождении функционировали два угледобывающих предприятия: шахта «Гусиноозерская» мощностью 0.45 млн. т/год, которая в 1998 год была закрыта (в соответствии с планом реструктуризации угольной отрасли промышленности), и разрез Холбольджинский проектной мощностью 3 млн. т/год. В 1998–2000-е годы мощность и технико-экономические показатели работы разреза снизились, что связано с ухудшением горно-геологических условий отработки запасов (увеличением глубины, уменьшением мощности пластов и др.) Так, если в 1996 году себестоимость добычи на этом предприятии составляла 133 рубля за тонну, производительность труда рабочего равнялась 55.2 т в месяц, а производственная мощность 1.5 млн. т/год, то в 1997 году эти показатели значительно ухудшились и составили соответственно 463 рубля за тонну и 18.1 т в месяц и 1 млн. т/год [Угольная база..., 2001].

Активные запасы месторождения оценены в количестве 395 млн. т (категорий $A+B+C_1$), или 90% учитываемых Госбалансом. На осваиваемых и подготовленных к освоению объектах доля активных запасов составляет 23% от всех активных запасов месторождений Республики Бурятия. Промышленно значимые запасы на Гусиноозерском месторождении известны также на Баин-Зурхейском участке (резерв подгруппы «б»), Холбольджинском, Центральном (перспективные для разведки) и объекте Северная часть участка Баин-Зурхейского (группы прочих) [Угольная база..., 2001]. На Госбалансе по состоянию на 01.01.2006 года по Холбольджинскому разрезу числилось запасов (тыс. т) категорий $АВС_1$ – 308 604, $С_2$ – 69 466, $АВС_1+С_2$ – 378 070. Забалансовые запасы составляли 2481 тыс. т. Доля от общероссийских составляла 0,3% [Богатства недр..., 2008].

Одним из наиболее перспективных для ближайшего освоения месторождений каменных углей Республики Бурятия является подготовленное для освоения (резерв подгруппы «а») **Никольское**, входящее в состав Олонь-Шибирского угленосного района.

Никольское месторождение приурочено к восточному замыканию Эрдэм-Галгатайской структуры. С востока и севера месторождение ограничено Капсальским горстом и отрогами хребта Цаган-Дабан, на юге – сглаженными увалами Тугнуйских гор, на западе – безугольной зоной, отделяющей Никольское месторождение от Эрдэм-Галгатайского. Угленосная толща тугнуйской свиты повсеместно подстилается и окаймляется вулканитами ичетуйской свиты. В центральной части Никольской структуры на отложениях тугнуйской свиты с размывом залегают терригенные образования галгатайской свиты.

Переход от ичетуйской свиты к угленосной толще постепенный, через маломощный горизонт основных туфов, туфопесчаников и туфоалевролитов. Выше в разрезе в основном согласно залегают собственно продуктивные угленосные образования. На значительной части площади месторождения нижний пласт I залегает непосредственно на туфотерригенной пачке.

Угленосная толща сложена ритмично перемежающимися пачками средне-крупнозернистых песчаников, алевролитов, пластов угля, в меньшей степени углистых пород, гравелитов и конгломератов. Соотношение пород в разрезе продуктивной части разреза (в %): песчаники – 61, алевролиты – 16, уголь – 22, аргиллиты и углистые породы – 0.5, гравелиты и конгломераты – 0.5. Характер переслаивания пород невыдержанный. Корреляция угленосных отложений затруднена ввиду высокой фациальной и литологической изменчивости разреза и отсутствия выраженных маркеров. Мощность тугнуйской свиты в пределах Никольского месторождения равна 160–180 метров.

Образования галгатайской свиты развиты в виде небольшого поля площадью около 1.5 км^2 в центральной части Никольского месторождения. В структурном отношении Никольское месторождение – симметричная сильно вытянутая в восток-северо-восточном направлении синклинальная складка (рис. 11.10). Размеры ее по длинной оси 12 км, по короткой – от 0.7 на восточном фланге до 3-х км на западном. На восточном фланге синклиналь замкнута, на западном «открыта». Здесь

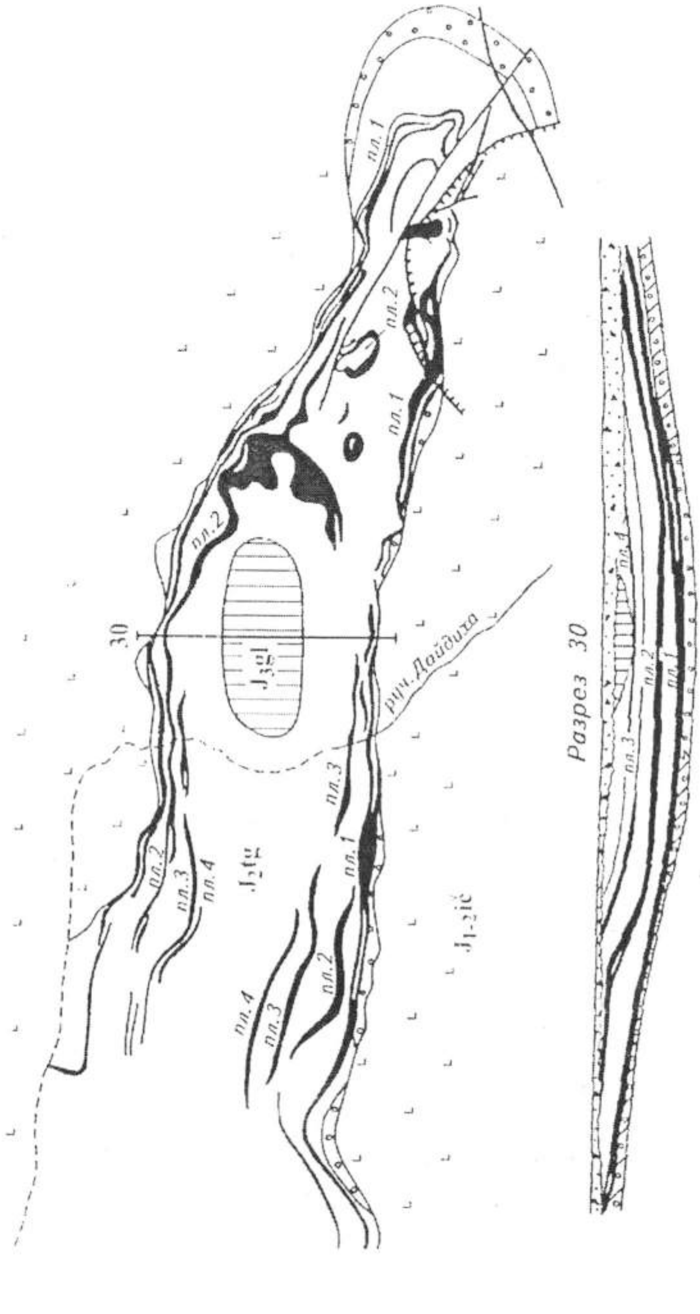

пл.1
пл.2
пл.3
пл.4
30
руч.Дайдиха
Разрез 30

Рис.11.10. Схематическая геологическая карта и разрез Никольского месторождения. По:[Угольная база России, 2001]:
пл. 1– пл. 4 – номера угольных пластов.

граница Никольского месторождения довольно условная – определяется контуром промышленной угленосности. Структура погружена с востока на запад: по почве пласта 1 с 42 м на востоке до 178 м на западе. В этом же направлении происходит и снижение угленасыщенности разреза, что характерно для Тугнуйской депрессии в целом.

В поперечных сечениях синклиналь имеет строение, близкое к симметричному. Углы падения крыльев в среднем 13–14°, в центральной части залегание пластов близкое к горизонтальному. На отдельных участках южного крыла падение пластов увеличивается до 22–25°. Восточная часть месторождения осложнена разрывной тектоникой.

В угленосной толще Никольского месторождения установлено четыре пласта угля (снизу вверх) 1, 2, 3 и 4; из них рабочее значение имеют три нижних. На большей части площади месторождения рабочие пласты сложного строения и при мощности междупластия, превышающей 1 м, разделены на самостоятельные пачко-пласты. Характеристика пластов приведена в табл. 11.3. Мощность угленосных пачек находится в пределах в среднем от 2 до 30 метров.

Угли мало склонны к окислению и самовозгоранию. Интенсивное газообразование в бортах карьера и отвалах не ожидается. В весенне-летний засушливый и ветреный период возможно значительное развеивание и пыление отвалов.

Балансовые запасы месторождения по состоянию на 01.01.1998 года учтены в количестве 327.3 млн. т, в том числе пригодные для открытой отработки 288.3 млн. т. Основная часть запасов, составляющая 273.6 млн. т категорий $B+C_1$, сосредоточена на Никольском участке для разреза проектной мощностью 4.5 млн. т в год. Остальные запасы находятся в группе резерва на участках Никольский Западный (39 млн. т) и Мунханский (14,7 млн. т.)

Согласно Госбаланса РФ, запасы Никольского месторождения по категориям ABC_1 подразделены на Читинскую часть (151 756 тыс. т) и часть Республики Бурятия (121 816 тыс. т) и составляют в сумме 373 572 тыс. т. Отдельно выделено Эрдэм-Галгатайское месторождение с балансовыми запасами

Таблица 11.3

Характеристика угольных пластов

Пласт	Площадь общая, / Промышленная, км²	Глубина залегания, м	Мощность, м	Расстояние до вышележащего пласта, м	Строение	Степень выдержанности
1абв-аб-а	11,4	19,9–179,1	2,45–23,4	1,0–12,5	Простое	Относительно выдержаный
1бв-б	9,4 9,2	107 36,4–179,8	5,72 2,0–30,52	5,5 1,0–17,0	Сложное	То же
1в	8,4 2,8	101 23,8–155,0	7,68 2,94– 19,58	6,0 8,0–16,0	,,	,,
2абв-а	2,5 7,6	94 26,3–148,5	6,48 1,0– 34,1	23,0 1,0–11,7	Простое	Невыдержанный
2бв	5,7 2,2	91 26,5–129,8	7,22 3,1– 23,6	5,5 13–42	Сложное	,,
3абв-а	1,6 4,3	86 37,1–124,4	6,78 3,72–14,1	22 1, 0–9,4	Простое	и
3бв-б	2,3 1,6	81 38,8–102,8	3,85 2,1–7,2	4,6 1, 0–4,2	,,	и
3в	0,6 0,6	75 36,3–93,3	2,68 1,3–3,5	2,5 11, 1–28,2	,,	,,
4	1,4 0,2	62 9,5–65,4 45	2,78 0,1–7,04 1,9	18		,,

Таблица 11.4

Вероятные сроки эксплуатации месторождений угля в Забайкальском крае

Месторождение	Запасы, млн. т	Добыча, млн. т/год	Срок действия разреза, лет	С учетом потерь 10 % от добычи, лет
Апсатское	977	2	488	439
Красночикойское	581	3	194	175
Зашуланское	252	2	126	114
Олонь-Шибирское	210.3	4.6	48	43
Читкандинское	15	0.5	30	27
Татауровское	372.9	1.0	372	335
Харанорское	394.6	2.6	151	136
Уртуйское	88.9	4.9	18	16
Тарбагатайское	34.2	0.2	171	154
Приграничное	287.5	1.0	287	258
Приозерное	189	1.0	189	170

категорий $АВС_1$ 652 691 тыс. т и забалансовыми – 51 897 тыс. т [Богатство недр..., 2008].

Если принять за исходные современные производительности угледобывающих карьеров, то согласно табл.11.4 имеющиеся балансовые запасы разведанных месторождений энергетических углей только в Забайкальском крае позволяют использовать их в среднем на протяжении 40–440 лет. Даже с учетом возможного возрастания мощностей угледобывающих предприятий эти сроки сократятся не более чем на 20–30%. С учетом возможного ввода в действие в рамках Тугнуйского

разреза Никольского месторождения (373 572 тыс. т) 43-летний срок действия его за счет Олонь-Шибирского (210 301 тыс. т) может быть продлен до 100 лет.

Приведенный материал не исчерпывает наши знания о месторождениях углей в Забайкалье, особенностью которого является широкое развитие мезозойских впадин забайкальского типа, вмещающих основные запасы этого сырья. В основном в отношении угленосности изучены лишь те из них, в которых в процессе наземных, прежде всего геолого-съемочных работ, установлены выходы углей в освоенных районах Забайкалья. Далеко не во всех впадинах проводилось структурное бурение, а если и проводилось, то лишь единичными скважинами. Поэтому, учитывая широкое развитие потенциально угленосных терригенных отложений, выполняющих эти впадины, и явно недостаточную их изученность, необходимо провести обобщение материалов геолого-съемочных работ на угленосность Забайкалья и составить соответствующую программу геологических исследований для прогноза и поисков угольных месторождений.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства углей?
2. Где и как используются угли?
3. Каков минеральный состав основных промышленных месторождений углей? Чем отличаются каменные и бурые угли?
4. Основные способы добычи и переработки углей.
5. Месторождения каменных углей в Забайкалье.
6. Месторождения бурых углей в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечёткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Минеральное сырье. Уголь / В.А. Коссинский, Ю.Н. Корнилов, Е.И. Поляковская и др. // Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Справочник по обогащению углей. – М.: Недра, 1986.

Угольная база России. Часть IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001.

Чечёткин В.С., Асосков В.М., Воронова Л.И. и др. Минеральные ресурсы Читинской области. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997.

Дополнительная.

Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. – М.: Недра, 1986.

11.3. Горючие сланцы.

11.3.1. Свойства.

К горючим сланцам относят осадочные органоминеральные горные породы, в которых органическая часть состоит преимущественно из метаморфизованного сапропелевого вещества. Физико-механические свойства: зольность 45–82%, влажность 10–17%, высшая теплота сгорания 4–22 МДж/кг.

Добыча и переработка горючих сланцев приводят к существенному загрязнению водной и воздушной среды. ПДК$_{р.з}$, ПДК$_{м.р}$ и ПДК$_{с.с}$ (мг/м^3) соответственно: NO – 2.0; 0.6; 0.06; NO_2 – 2.0; 0.085; 0.040; аммиака – 20; 0.2; 0.04; нафталина – 20; 0.003; 0.003; SO_2 – 10; 0.5; 0.05; пыли сланцевой «-»; 0.3; 0.1; сероводорода – 10; 0.008; «-» . По степени токсичности эти вещества относят ко второму, третьему и четвертому классам опасности.

11.3.2. Распространенность и запасы.

Распространенность горючих сланцев в литосфере достаточно велика, но крупные промышленные их скопления встречаются не часто. Мировые запасы горючих сланцев в пересчете на сланцевую смолу составляют 550 млрд. т. Основные запасы сосредоточены в США, Бразилии, Эстонии, России, Казахстане, Канаде, Марокко, Австралии, Болгарии, Франции, Германии, Таиланде.

Запасы России не превышают 20 млрд. т. Добычу горючих сланцев в промышленных масштабах производят только в Эстонии, России и Китае.

11.3.3. Области использования.

Горючие сланцы используются в топливно-энергетической, сланцехимической, пластополимерной и резинотехнической отраслях промышленности, а также в медицине, для изготовления строительных материалов, сельскохозяйственных препаратов. Применяется в неметаллической и редкометалльной отраслях промышленности.

11.3.4. Минеральный и химический состав, минеральные типы.

Основные минералы неорганической части горючих сланцев – это кальцит, сидерит, сидероплезит, доломит, менилит, опал, монтмориллонит, гидрослюда, пирит, марказит, глауконит, кварц, полевые шпаты.

Химический состав (%): органическое вещество – 11–52; безводная смола (сухого состояния) – 3–39; общая сера (сухого состояния) – 1–9; органический углерод (беззольного состояния) – 47–90; органический водород (беззольного состояния) – 6–12; (N + O + S) – 5–36; SiO_2 – 4–90; Al_2O_3 – 1–30; CaO – 1–74; MgO – 1–17. Элементы-примеси: Be, V, Co, As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, S, Sr, Ti, Cr, Zn, Mn.

Промышленные типы месторождений — платформенный, орогенный, геосинклинальный. Наибольшее значение имеет первый тип.

По запасам (т) месторождения горючих сланцев подразделяются на крупные – миллиарды, средние – сотни миллионов, мелкие – десятки миллионов.

Промышленное сырье — известковое коллоальгитовое и глинистое коллоальгитовое.

11.3.5. Способы добычи и переработки.

Месторождения горючих сланцев разрабатывают открытым и подземным способами. Промышленная переработка сырья включает тяжелосредное обогащение, отсадку, избирательное дробление, флотацию.

Товарные сланцы должны иметь удельную теплоту сгорания 10–15 МДж/кг.

Вредные примеси в сланцах – сера, бериллий, мышьяк, марганец, никель, ртуть, свинец, фтор.

11.3.6. Месторождения горючих сланцев в Забайкалье.

В Забайкальском крае известно свыше десятка месторождений и проявлений горючих битуминозных сланцев (Юмурченское, Тургинское, Читкандинское, котловина озера Хара-Нор 2 и др.). Все они приурочены к верхнемезозойским впадинам, выполненным континентальными осадочными отложениями.

Горючие битуминозные сланцы залегают почти горизонтально (5–10°) пластами, мощностью от 5–10 до 80–100 м. Средние качественные их показатели: влажность – от 3.4 до 14.06%, содержание серы – от 0.38 до 0.66% (иногда до 1.5%), зольность – от 63.85 до 94%, выход летучих – от 6.7 до 18.5%, теплотворная способность на абсолютно сухое вещество – 3 050 ккал (Юмурченское месторождение).

Результаты сухой перегонки сланцев Юмурченского месторождения: выход дегтя – от 7.57 до 9%, продуктов полукоксования – от 78.28 до 79.71%, воды разложения – от 8.26 до 6.42%, газа – от 4.9 до 6.87%; сланцев котловины озера Хара-Нор 2: смолы – 6.43%, газа – 3.15%, продуктов полукоксования – 85.64%, воды – 4.78%. В целом имеющиеся в Забайкальском крае месторождения и проявления горючих сланцев практически не изучены. В Республике Бурятия также известны проявления горючих сланцев.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства горючих сланцев?
2. Где и как используется горючие сланцы?
3. Каков минеральный состав основных промышленных месторождений горючих сланцев?
4. Основные способы добычи и переработки горючих сланцев.
5. Месторождения горючих сланцев.

Литература

Основная

Горючие сланцы / Под ред. Т.Ф. Йена, Дж.В. Чилингаряна. – Л.: Недра, 1980.

Месторождения горючих сланцев мира. – М.: Наука, 1988.

Хрусталева Г.К., Воробьева Л.А., Медведева Г.А. Минеральное сырье. Горючие сланцы //Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

11.4. Уран.

11.4.1. Общие замечания.

Несмотря на то, что уран является типичным металлом, его принято относить к энергетическому минеральному сырью. Это обусловлено тем, что в основном он используется в энергогенерирующих установках в атомных электростанциях, а также в различных других реакторах, используемых, в частности, на космических аппаратах, подводных лодках и других автономных подвижных системах. Как сказано выше (см. Часть I, Книга 2, разд. 9.15), к энергетическому сырью в будущем, вероятно, будет отнесён и торий.

11.4.2. Свойства.

Уран (U, III, 92), металл, радиоактивный, серебристый, ковкий, пластичный. Проявляет амфотерные свойства, литофильный, устойчивые валентности 4^+ и 6^+.

Плотность – 18 950 кг/м^3; твердость по Бринеллю – 2 000–2 200 МПа; температура плавления – 1132° С, кипения – 3745; теплопроводность – 27,6 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $30.8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; удельная магнитная восприимчивость $2.16 \cdot 10^{-8}$ м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $12.6 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$.

Известны три изотопа урана с атомными массами 238, 235, 234 и распространенностью в природе соответственно: 99.275; 0.720; 0.005%. Все изотопы урана радиоактивны. Два из них, ^{235}U и ^{238}U, образуют ряды распада, начинающиеся с этих изотопов и заканчивающиеся устойчивыми нерадиоактивными изотопами ^{206}Pb и ^{207}Pb. Изотоп ^{204}Pb – один из промежуточных нуклидов ряда распада ^{238}U. Полное равновесие в ряду распада ^{238}U устанавливается через 2,5–10^6 лет. Состояние радиоактивного равновесия выражают коэффициентом $К_{рр.}$, который равен

$2.94 \cdot 10^8 C_{Ra} / C_U$, где C_{Ra} и C_U, соответственно, – концентрации радия и урана в процентах. Уран – высокотоксичный элемент (I класс опасности). Токсичность связана с радиоактивностью и ядовитостью. ПДК $_{м.р}$ – 0.075 мг/м^3; ПДК$_в$ – 0.05 мг/л.

11.4.3. Распространенность и запасы.

Кларк урана земной коры 2.5 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0.003; основных –0.5; средних – 1.8; кислых – 3.5; осадочных (глинах и сланцах) – 3.2. Естественное содержание в почвах 1.2–14.0 г/т.

Мировые разведанные запасы урана на 1997 год составляли 4.35 млн. т по цене 130 дол/кг. В недрах Австралии сосредоточено 19.5% мировых запасов, Казахстана – 17.5%, Канады – 11.1%, в России общие балансовые запасы составляют 5.5% от мировых. Производство в 1996 году – 36.1 тыс. т, в 2006 году – около 40 тыс. т. Наиболее крупные производители – Канада, Австралия, Казахстан, Нигер, Россия. В странах СНГ общие запасы составляют (тыс. т): Казахстан – 860, Россия – 656. Распределение запасов в России следующее. На 01.01.2006 года балансовые запасы категорий А – C_2 167.6 тыс. т, А – C_1 – 128.3 тыс. т, C_2 – 39.3 тыс. т. При этом 88% балансовых запасов приходится на Забайкальский край, 6,5% – на Республику Бурятия и 5.5% на Курганскую область. Учитываются также 471.1 тыс.т забалансовых запасов [Богатство недр ..., 2008]. Среднее содержание урана в рудах России 0.18%, в Канаде – 1%.

В 1996 году в России произведено 2600 т урана [Минеральное..., 1999], в 2005-м – 3 455 т. Наиболее динамично происходит рост добычи урана в Казахстане, где в 2007 году она по сравнению с 2004-м увеличилась в два раза и составила 6 638 т. В Казахстане ведут добычу урана многие страны, в том числе и Россия. Известные ресурсы урана в Казахстане составляют 857.960 тыс. т [Миронов, 2009]. Прогнозные ресурсы урана в России составляют 820 тыс. т, в том числе в Забайкальском крае – 14.3%, в Республике Бурятия – 20.5%.

Себестоимость добычи урана находится в пределах 20–130 дол. США за 1 кг.

Потребление урана в мире в 1997 году – 62.7 тыс. т, в 2006 году – 69 тыс. т, а добыто около 40 тыс. т. Дефицит в 26.6 тыс. т покрыт за счет резервных (складских) запасов. Цены на уран в связи с ухудшением качества руд и ростом потребления ежегодно растут.

11.4.4. Области использования урана.

Уран используется, в основном, в ядерных реакторах как источник энергии атомных электростанций и ядерных реакторов подвижных подводных (атомные подводные лодки) и космических систем. Вторая важная область использования – производство ядерного оружия. Кроме того, соли урана используются как люминофоры и для некоторых других целей. Основная часть добываемого урана используется в энергетике.

11.4.5. Минеральный состав и промышленные типы руд.

Урановые руды – это природные минеральные образования, содержащие U в концентрациях, количествах и минеральных формах, позволяющих его экономически целесообразно извлекать современными производственными способами. К главным рудным минералам U относятся оксиды – уранинит и его морфологические разновидности: настуран, урановая смолка, урановая чернь (UO_2+x, до 88.86 % U); силикаты – коффинит ($UUSiO_6 \cdot (OH)2$, 81.81 % UO_2); титанаты – браннерит (UTi_2O_6, 62.83 % UO_2), уранилсиликаты: уранофан ($H_2Ca(UO_2SiO_4)2 \cdot 5H_2O$, 60.8 % UO_3), бетауранотил ($Ca(H_3O)2[(UO_2)SiO_4] \cdot 3H_2O$, 66,8 % UO_3), уранилфосфаты – отенит ($Ca(UO_2)2(PO_4)2 \cdot 12H_2O$, 58 % UO_3). Кроме указанных главных минералов в качестве примесей в урановых рудах Забайкалья, уран присутствует во фторапатите, ортите, монаците, в углистом веществе и т.д. В зоне окисления нахо-

дятся и собственные минералы урана – торбернит, бауранoит, кальцураноит и другие. По минеральному составу среди урановых руд Забайкалья выделяют семь типов.

В Антей-Стрельцовской урановой структуре развиты три типа руд, распределение которых подчинено вертикальной зональности (снизу вверх): уран-титановые, содержащие браннерит, сфен, пирит (1400–1350 м); смешанные уран-титаново-смолковые, содержащие браннерит, урановую смолку (настуран, уранинит), кварц, хлорит, флюорит, сидерит, анкерит, альбит, пирит, арсенопирит, сфалерит (1350–800 м); собственно смолковые, состоящие из урановой смолки (уранинит, настуран), кварца, альбита, флюорита, галенита, клейофана, пирротина. Руды тонковкрапленные, прожилково-брекчиевые. На верхних горизонтах Стрельцовского месторождения развиты друзовые текстуры. В приповерхностных условиях – почковидные, концентрически зональные текстуры урановой смолки, сидерита, пирита, молибденита. Молибден в урановых рудах связан с молибденитом, иордизитом и ильземаннитом, находящимися в ассоциации с минералами урана. Содержания U и Mo в рудах Стрельцовского рудного поля варьируют от участка к участку в различных месторождениях. Для руд Стрельцовского месторождения содержания урана – 0.2–2.156 %, в среднем для жилообразных тел составляя (%) 0.7, а для пластообразных залежей в трахидацитах – 0.2, в конгломератах – 0.492, в базальтах – 0.74. Промышленные концентрации Mo развиты преимущественно в рудах жилообразных залежей. Его содержания в верхней части залежи № 1 достигают 0.316 %, в нижней – не превышают 0.097 %, в средней залежи составляют 0.021 %. Руды месторождения Антей содержат 0.052–12.5 % урана при средних значениях для разных участков 0.443–0.954 %. Аргунское и Жерловое месторождения характеризуются рудами соответственно с содержаниями урана (%) 0.05–1.4 и 0.05–0.2, редко 0.62. Молибден присутствует соответственно в концентрациях (%) 0.03–0.12 и 0.035–1.13. В рудах месторождения Жерловое есть флюорит – до 51 %, в среднем – 12.6 %. В рудах зоны окисления месторождений Стрельцовского рудного поля присутствуют коффинит, урановая чернь, отенит, торбернит и другие минералы.

Силикатные настуран-коффинитовые руды, содержащие уранинит и его морфологические разности – настуран и урановую чернь, а также коффинит, гидронастуран, самородный мышьяк, пирит, марказит-мельниковит, реальгар, аурипигмент, галенит и другие сульфиды, магнезиально-железистые карбонаты, кварц, гидрослюды, каолинит, диккит и другие слоистые силикаты, развиты в месторождениях Оловского рудного поля. Настуран и коффинит образуют мелкую рассеянную вкрапленность в кварцево-гидрослюдистой основной массе песчанико-туфовых горных пород, подвергшихся хрупким деформациям и сульфидизации, окварцеванию, гематитизации. Настуран и коффинит образуют мелкую рассеянную вкрапленность, скопления неправильной формы, тонкие прожилки. Размеры индивидов $0.0n$–$0.n$ мм. Самородный мышьяк содержит примесь Sb, окисленные руды – ураноцирцит, отунит, торбернит, ураноспинит. По содержанию урана руды относятся к рядовым.

Кремнисто-смолковые урановые руды типичны для Королевско-Часового рудного поля, находящегося в Олово-Могочинской структурно-минерагенической зоне. Они представлены кремнисто-настурановой минеральной ассоциацией, включающей урановую смолку в виде настурана, коффинит, халцедоновидный кварц, анкерит, кальцит, каолинит, гидрослюду, самородный мышьяк, гематит, пирит-мельниковит, пирит, марказит, редко молибденит, самородные золото и серебро, арсенопирит и другие рудные минералы. Руды преимущественно брекчиевые. Промышленное оруденение связано в основном с черным и сургучным криптокристаллическим кварцем, содержащим тончайшую вкрапленность рудных минералов. Содержание урана и самородного мышьяка в нем достигает нескольких процентов. Руды рядовые, реже богатые. Собственно смолковые руды содержат повышенные концентрации As, Pb, Sb, Hg, Tl, Mo. В зоне окисления присутствуют уранил-арсенатные слюдки, молибдаты, фосфаты урана, ярозит, скородит, гидроксиды железа.

Сульфидно-настурановые руды развиты в пределах Акуинского рудного поля в Акшинском районе. Они содержат

уранинит, преимущественно в форме настурана, титанаты урана, кварц, в том числе сургучный, темно-серый, хлорит, карбонаты, гидрослюды, а также пирит, галенит, молибденит, марказит, редко арсенопирит, сфалерит, флюорит. Настуран образует мельчайшие зерна, глобули, колломорфные почковидные стяжения, ассоциирующиеся с пиритом, гидрослюдой, хлоритом. Руды рядовые и бедные. Содержания урана – от сотых до десятых долей процента, редко целых процентов. Текстуры преимущественно прожилково-вкрапленные. Руды содержат Pb, Mo, As (сотые – десятые доли процента), Bi, Cu, Tl, Be (тысячные).

Цеолитово-слюдковые урановые руды типичны для Чикойской группы месторождений (Горное, Березовое и др.), расположенных в междуречье верховий Чикоя и Ингоды. Руды локализованы в лейкогранитах Жергоконского массива. Рудами являются грейзенизированные граниты, пронизанные зонами и брекчиевидными жилами кварцево-глинисто-цеолитового состава. Иногда в них присутствует светло-фиолетовый флюорит. В местах увеличения их общей мощности образуется рудная залежь. Руды состоят из гранитной матрицы, пронизанной карбонат-апатитовыми, кремнисто-настурановыми, монтмориллонит-кальцит-десминовыми с бетауранилом прожилками. Кремнисто-настурановые прожилки сложены серым и сургучным кварцем, содержащим микроскопические включения пирита, молибденита, гематита, настурана и коффинита. Кроме того, часть урана связана с тончайшими включениями урановосных танталониобатов. Содержание урана в прожилках достигает 0.1 %, Ta_2O_5 – 0.05 % и Nb_2O_5 – до 1 %. В руде присутствуют также урановые слюдки – уранофан, отунит (отенит) и сабугалит, $HAl(UO_2)_4 \cdot (PO_4)_4 \cdot 16H_2O$. Руды рядовые (среднее содержание урана 0.193 %) и богатые при содержании урана до 7.3 %. Все урановые руды Забайкальского края относятся к эндогенным и связаны с разновозрастным магматизмом. Руды Хиагдинской группы месторождений являются, возможно, экзогенными и относятся к так называемому песчаниковому, палеодолинному промышленному типу.

Промышленные типы месторождений – урановый и торий-урановый (магматогенные), урановый, золотоурановый, никель-урановый, фосфор-урановый, цирконий-молибден-урановый, фтор-молибден-урановый (гидротермальные), уран-редкометалльный и золотоурановый (осадочный), урановый, цирконий-урановый, ванадий-урановый, урано-угольный и песчаниковый, палеодолинный. Последние два типа относятся к инфильтрационному генетическому типу.

По запасам урана (тыс. т) месторождения подразделяют на крупные – более 20, средние – 20–5, мелкие – 5–0.5.

При поисках и разведке широко применяются радиометрические методы – гамма- и радоновая съемка, гамма-каротаж, радиометрическое опробование, лабораторные спецметоды.

Промышленные руды – оксидные, силикатные, карбонатные, углеродистые, сульфидные, фосфатные и железооксидные.

По содержанию урана (%) руды подразделяют: на богатые – более 1.0, рядовые –1.0–0.1, бедные – 0.1–0.03, убогие – менее 0,03.

В месторождениях **Стрельцовского** рудного поля, отличающихся уникальными запасами и высокими содержаниями, урановые руды с содержанием урана более 0.3 % относятся к богатым, 0.150–0.299 % – к рядовым и 0.1–0.149 % – к бедным. Все запасы урановых руд делятся в недрах на сорта по способу производства природного урана и подготавливаются к обработке для каждого способа отдельно. Руды Оловского, Королевско-Часовского, Акуинского, Горного и других рудных полей по содержанию урана классифицируются по общепринятой системе.

11.4.6. Способы добычи и переработки руд.

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами, подземным выщелачиванием скважинами или шахтами. Применяют также кучное выщелачивание.

В зависимости от содержания в рудах полезных компонентов, масштабов оруденения и горно-геологичесикх условий локализации месторождений, добыча урана и сопутствующих компонентов производится подземным (Стрельцовское, Антей) и открытым (Тулукуевское, Красный Камень) способами.

Месторождения Стрельцовского рудного поля отрабатываются тремя взаимосвязанными способами: горно-металлургическим для богатых руд, с содержанием урана более 0.3 %, системой «нисходящая слоевая выемка с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью» с последующей переработкой на гидрометаллургическом заводе по полной схеме; кучным выщелачиванием рядовых руд с содержанием урана 0.150–0.299 % системой подэтажных штреков или блокового магазинизирования с последующим кучным выщелачиванием на территории гидрометаллургического завода; подземным выщелачиванием бедных руд с содержанием урана 0.1–0.149 % с предварительным дроблением в недрах. Руды с содержанием урана 0.1–0.12 % подвергаются радиометрическому обогащению. При этом отсортировывается не менее 25–30 % пустой породы и поднимается содержание урана в гравитационном концентрате до 0.18–0.20 %. С 1975 по 1998 год кучным выщелачиванием обработано около 9 млн. т бедных и забалансовых руд. Затем была внедрена система их подземного выщелачивания.

Извлечение урана из бедных руд различных типов составляет до 60% при содержании его в концентрате 3–5%. К вредным примесям в концентрате относят торий, фтор, кальций.

При обогащении руд комплексного состава попутно получают циркониевые и медные концентраты; золото-, серебро- и пиритсодержащие продукты.

Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением бедного сырья с применением комбинированной технологии (радиометрия, гравитация, магнитная сепарация, флотация и обжиг).

Извлечение урана из бедных руд различных типов составляет до 60% при содержании его в концентрате 3–5%. К вредным примесям в концентрате относят торий, фтор, кальций.

При обогащении комплексных руд попутно получают циркониевые и медные концентраты; золото-, серебро- и пиритсодержащие продукты.

Богатые руды и концентраты перерабатывают гидрометаллургическим способом. При содержании карбонатов менее 10% руды выщелачивают кислотой или щелочами при их содержании более 10%. Извлечение урана составляет 93–97%.

Товарный химический концентрат должен содержать 70–80% урана («желтый кек»). Металлический уран получают плавкой в вакуумной печи.

11.4.7. Месторождения урана в Забайкалье.

В Забайкалье сосредоточены основные запасы урана России (94.5%) и всё производство по его добыче. Здесь же в конце сороковых – начале пятидесятых годов XX века из руд Ермаковского (Мраморного) месторождения в Каларском районе тогда Читинской области были добыты одни из первых в стране тонны урана, использованного для создания первой советской атомной бомбы. Это месторождение оказалось мелким и вскоре было оставлено в связи с открытием промышленных урановых руд в Средней Азии.

По состоянию на 01.01.2008 года в Забайкалье открыто 70 месторождений урана и выявлено 486 его рудопроявлений [Миронов, 2009]. Все месторождения и более мелкие объекты Монголо-Забайкальской мегапровинции локализованы в 19-ти ураново-рудных районах Забайкалья. В их числе четыре промышленных – Урулюнгуевский, Витимский, Оловский, Чикойский и один – Южно-Витимский – относится к потенциально ураново-рудоносному району. Данные об основных месторождениях урана в Забайкалье даны в табл.11.5 и 11.6.

Главные месторождения урана Забайкальского края находятся в пределах Стрельцовского рудного поля, являющегося одним из крупнейших мировых объектов по запасам урановых руд. Описание дается по Б.Н. Хоментовскому [Энциклопедия..., 2006]. Располагается в юго-восточной части Забайкальского

Таблица 11.5

Сводные данные об основных месторождениях урана Забайкальского края по состоянию на 01.01.2005 г.

По: [Богатство недр..., 2008]

№ пп.	Месторождение	Статус	Добыча, т	Запасы, т				Доля в общероссийских запасах,%
				ABC_1	C_2	ABC_1+C_2	забалансовые, т	
1.	Стрельцовское	Разрабатываемое	1379/42.7	32637	8685	41322	4026	24.0
2.	Аргунское	Госрезерв	0	27957	9481	37438	4865	21.8
3.	Антей	Разрабатываемое	834/25.8	11757	2320	14077	2344	8.2
4.	Мало-Тулукуевское	Законсервированное	0	10258	2296	12554	1584	7.3
5.	Октябрьское	Разрабатываемое	816/25.3	8936	2120	11056	623	6.4
6.	Широндокуйское	Законсервироаванное	0	6194	1814	8008	0	4.7
7.	Юбилейное	Разрабатываемое	0	4842	399	5241	658	3.0
8.	Дальнее	Госрезерв	0	3981	864	4845	0	2.8
9.	Жерловое	Госрезерв	0	3143	342	3485	1724	2.0
10.	Мартовское	Разрабатываемое	0	2206	1117	3323	802	1.9
11.	Пятилетка	Госрезерв	0	1346	1620	2966	0	1.7
12.	Лучистое	Разрабатываемое	0	1701	1215	2916	87	1.7
13.	Тулукуевское	Разрабатываемое	0	1661	362	2023	334	1.2
14.	Новогоднее	Разрабатывамое	0	615	85	700	191	0.4
15.	Весеннее	Разрабатываемое	0	76	352	432	0	0.3
Всего по Стрельцовскому узлу			3029/93.8	117 403.8	33076	150 479.8	17 238	87.4

Примечание: в числителе дана добыча в 2004 году, в знаменателе – доля её от общероссийской.

края в северных отрогах Аргунского хребта. Открыто в 1963 году партией № 324 Сосновской экспедиции Первого главного геологоразведочного управления МинГео СССР. Геологическую службу партии возглавляла Л.П. Ищукова. Существенный вклад в разведку месторождений поля внесли В.А. Шлейдер, Р.Г. Карманов, А.П. Шакин, В.К. Овсов, Г.И. Щелчков, Л.А. Яговкин, Л.В. Малевич.

Рудное поле представляет собою крупную вулканотектоническую структуру – кальдеру проседания, сформировавшуюся в период позднемезозойской тектоно-магматической активизации (рис.11.11.). Площадь кальдеры 120 км^2. Нижний структурный этаж сложен палеозойскими гранитоидами с ксенолитами метаморфизованных горных пород протерозоя, верхний – осадочно-вулканогенными отложениями верхнеюрского-нижнемелового возраста (рис.11.12–11.13). Мощность отложений верхнего структурного этажа 500–900 м. Кальдера осложнена крупными линейными разломами северо-западного и меридионального простирания, бортовыми кальдерными разломами и трещинными зонами. Последние имеют меридиональное и северо-западное простирание. Протяженность трещинных зон достигает 10–12 км при ширине до 500–600 м. Урановые и молибденово-урановые месторождения в пределах рудного поля сформировались в результате длительного и многостадийного процесса, протекавшего на заключительных этапах тектоно-магматической активизации. Промышленное урановое оруденение установлено практически по всех породах, участвующих в строении кальдеры. В рудах преобладает настуран. В меньших количествах присутствуют коффинит и браннерит. Молибден связан с молибденитом и иордизитом. Урановые и молибденово-урановые руды образуют штокверкоподобные, жилообразные и пластообразные залежи. В пределах рудного поля выявлено 19 месторождений, являющихся сырьевой базой Приаргунского ПГХО. В породах фундамента известно два – Антей (рис. 11.13) и Аргунское (11.14–11.16), в стратифицированных породах верхнего структурного этажа – Стрельцовское, Восточно-Широндукуйское, Широндукуйское, Тулукуевское, Мало-Тулукуевское, Октябрьское, Лучистое,

Мартовское, Юбилейное, Весеннее, Новогоднее, Безречное, Дальнее. Четыре месторождения залегают в эффузивных жерловых фациях – Красный Камень, Жерловое, Пятилетнее (см. рис.11.15) и Юго-Западное.

Стрельцовское месторождение урана – наиболее крупное из всех разведанных в пределах Стрельцовского рудного поля. Оно открыто в 1963 году геологами экспедиции № 324 объединения «Сосновгеология» под руководством Л.П. Ищуковой. В его составе выделены шесть участков: Центральный, Восточный, Западный, Глубинный, Фланговый и Голубь. Нижний структурный этаж представлен крупно- и среднезернистыми гранитами верхнепалеозойского возраста, верхний – осадочно-вулканогенными верхнеюрско-нижнемеловыми отложениями. Урановое оруденение залегает в породах верхнего структурного этажа (см. рис. 11.11–11.12). Разрывные нарушения представлены трещинными зонами северо-западного и меридионального простирания, осложненными крупными разрывами. Протяженность зон в пределах месторождения достигает 1,5–2 км при ширине до 500–600 м. Урановая минерализация представлена настураном, в незначительных количествах коффинитом и браннеритом. Молибден связан с молибденитом и иордизитом. Содержания урана в рудах рядовые и богатые. Рудные залежи штокверкоподобные, жилообразные и пластообразные. Отрабатываются подземным способом. Оставшиеся балансовые запасы по состоянию на 2005 год составляли 41 322 т. Месторождение заключает 24% общероссийских запасов и в 2004 году обеспечило 42.7% всего добытого в России урана. Имеющиеся запасы могут обеспечить работу рудника при достигнутой производительности 1400 т/год примерно еще на 30 лет.

В этом же поле находится второе по значимости, еще не разрабатывающееся по состоянию на 01.01.2010 года, ***Аргунское*** месторождение с балансовыми запасами 37 438 т урана, составляющими 21.8% общероссийских. Горно-геологические условия его залегания позволяют отработать его открытым способом.

Месторождение ***Антей***, как сказано выше, также находится в пределах Стрельцовского рудного поля и относится к

Рис.11.11. Геологическая карта Стрельцовского рудного поля. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

Условные обозначения:

осадочно-вулканогенные образования (верхний структурный этаж): 1–13 – тургинская свита (K1): 1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – гравелиты, 4 – конгломераты, 5 – базальты, 6 – липариты жерловой фации, 7 – липариты покровной фации, 8 – туфы кислого состава, 9 – граносиенит-порфиры (а), липариты (в) – экструзивные субвулканической фации, 10 – сферолитовые липариты, 11 – фельзиты жерловой фации, 12 – фельзиты покровной фации, 13 – плагиоклазовые трахибазальты; 14–21 – приаргунская свита (J3): 14 – базальты верхнего покрова, 15 – трахидациты верхнего покрова, 16 – базальты среднего покрова, 17 – трахидациты нижнего покрова, 18 – «очковые» туфы трахидацитов, 19 – базальты нижнего покрова, 20 – конглобрекчии базальтов, 21 – базальные конгломераты; нижний структурный этаж: 22 – граниты варисского цикла гранитизации, 23 – граниты каледонского цикла гранитизации, 24–25 – метаморфические породы (PR_1): 24 – доломитизированные известняки, 25 – биотит-амфиболовые гнейсы, амфиболиты, метаосадочные породы, 26 – тектонические нарушения: а – крутопадающие, в – пологие; 27 – границы Стрельцовской вулканотектонической кальдеры, 28 – вулканические аппараты: 1 – Краснокаменский, 2 – Юго-Западный, 3 – Западно-Тулукуевский, 29 – молибден-урановые рудные залежи: а – рядовые и богатые руды, в – убогие руды (на геологической карте – проекция рудных залежей на поверхность); 30 – месторождения урана: 1 – Широндукуйское, 2 – Стрельцовское, 3 – Антей, 4 – Октябрьское, 5 – Лучистое, 6 – Мартовское, 7 – Мало-Тулукуевское, 8 – Тулукуевское, 9 – Юбилейное, 10 – Пятилетнее, 13 – Красный Камень, 14 – Юго-Западное, 15 – Жерловое, 16 – Аргунское, 17 – Безречное, 18 – Дальнее, 19 – Восточно-Широндукуйское.

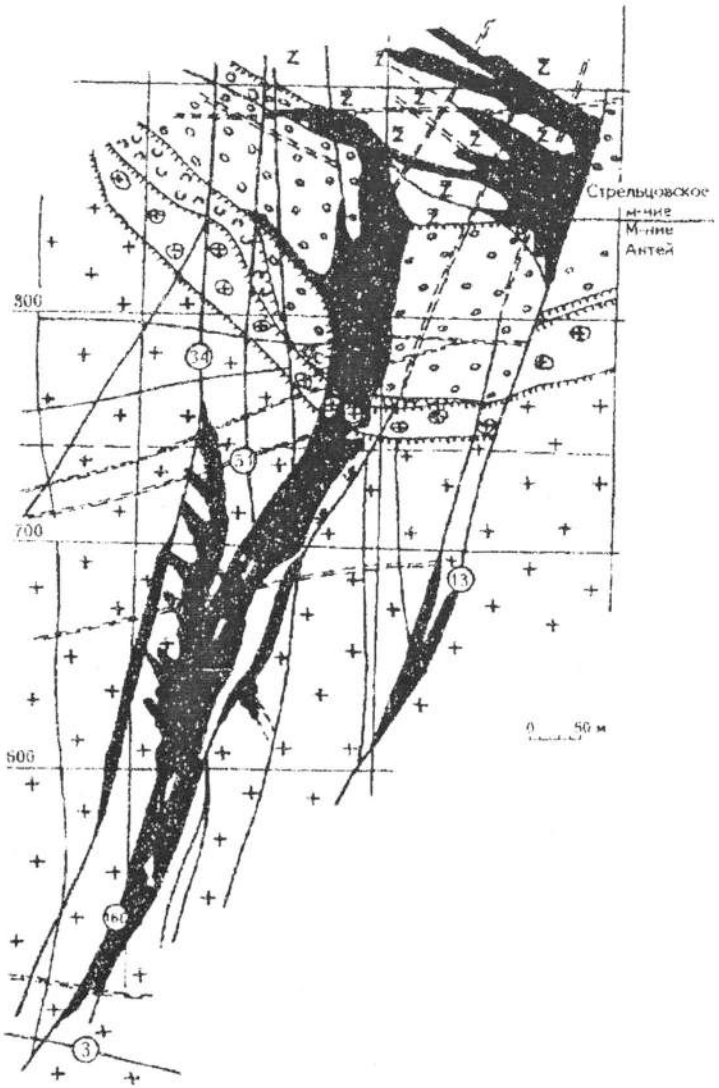


Рис. 11.12. Разрез по Стрельцовскому месторождению. Участок Центральный.

По: [Месторождения Забайкалья, 1995]. Условные обозначения см. к рис.11.11.

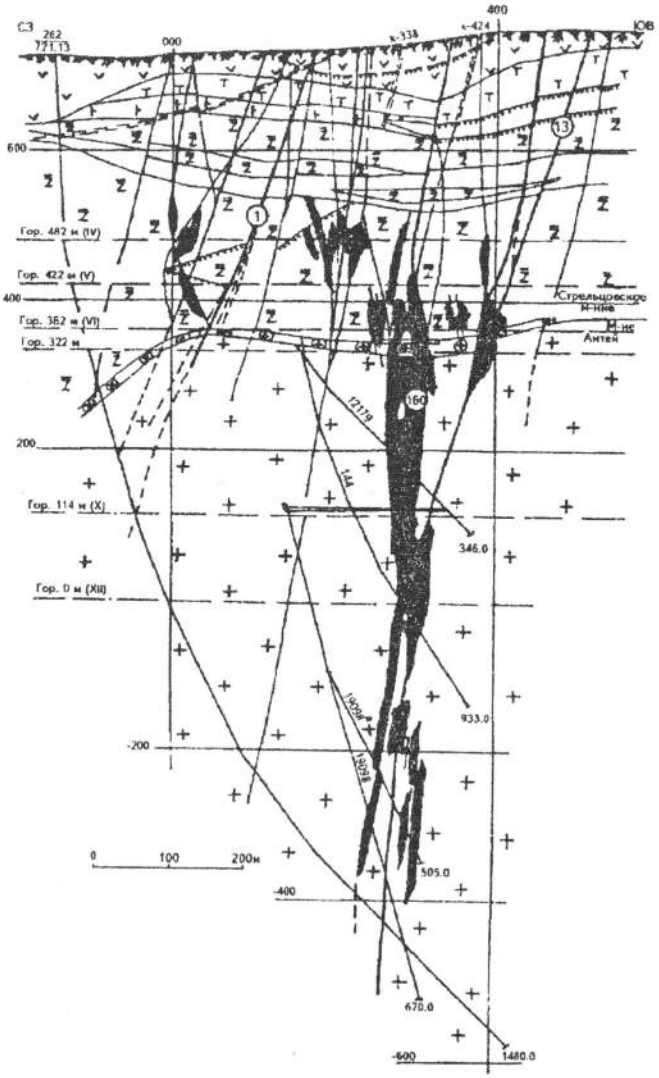


Рис.11.13. Месторождение Стрельцовское (верхняя часть рисунка) и Антей. Геологический разрез по линии 633.

По: [Месторождения Забайкалья, 1995]. Условные обозначения см. на рис. 11.11.

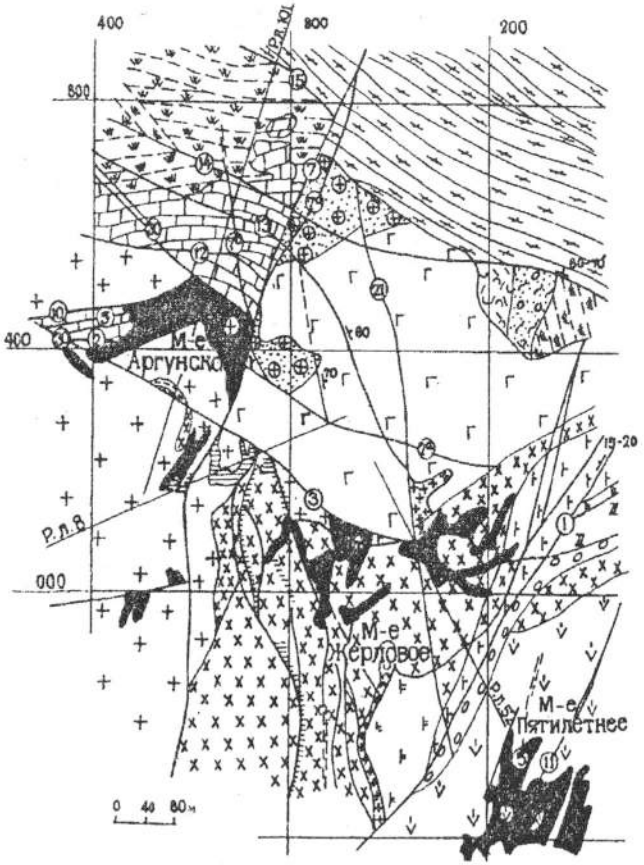


Рис. 11.14. Месторождения Аргунское, Жерловое и Пятилетка. Геологический план горизонтали 374 м (составили В.Г. Миронов и А.И. Брель)

1 – мелковкрапленные липариты, 2 – граносиенит-порфиры, сиенит-порфиры, 3 – туфы липаритов, 4 – фельзиты жерловой фации, 5 – базальты (верхний покров), 6 – дациты (верхний покров), 7 – базальты (нижний покров), 8 – базальты (нижний покров), 9 – конгломераты, песчаники, 10 – позднепалеозойские метасоматические граниты, 11 – ортоамфиболиты, 12 – доломитизированные известняки, 13 – гранитогнейсы, 14 – тектонические швы и их номера, 15 – урановорудные тела, 16 – молибденоворудные тела.

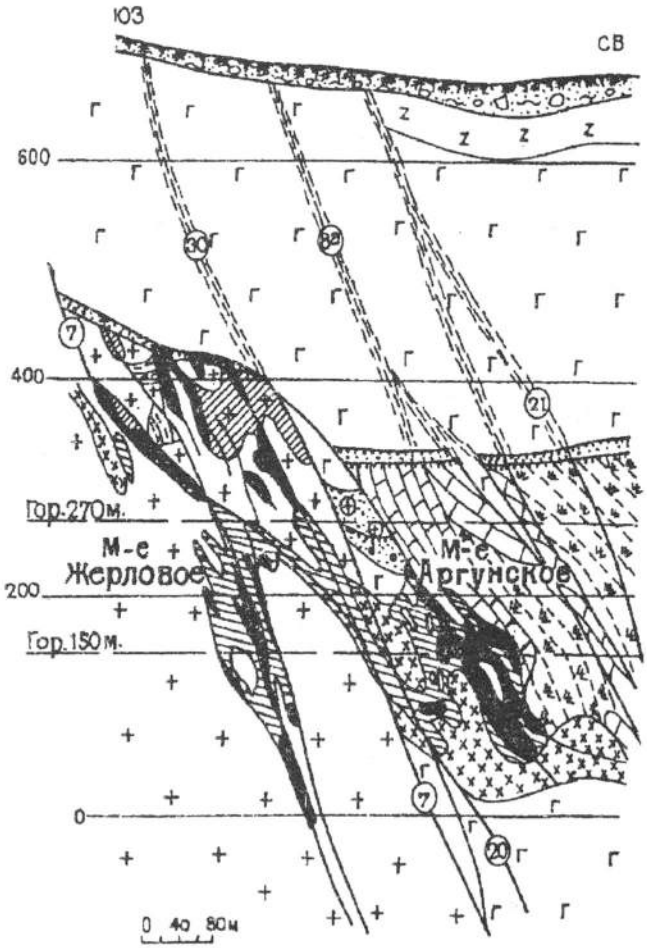


Рис. 11.15. Месторождения Аргунское и Жерловое. Геологический разрез по разведочной линии 8. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

1 – рыхлые отложения; 2 – сиенит-порфиры, грано-сиенит-порфиры; 3 – дациты; 4 – базальты (нижний покров); 5 – конгломераты, песчаники; 6 – позднепалеозойские метасоматические граниты; 7 – доломитизированные известняки; 8 – ортоамфиболиты; 9 – тектонические швы и их номера; 10 – урановорудные тела; 11 – молибденоворудные тела.

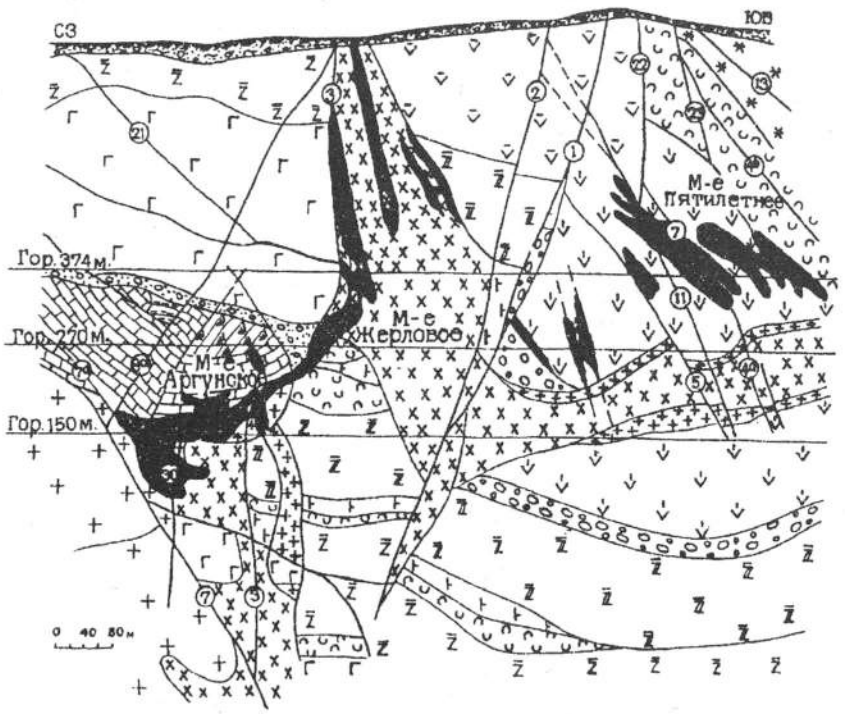


Рис. 11.16. Месторождения Аргунское, Жерловое и Пятилетка. Геологический разрез по линии 52. По: [Месторождения Забайкалья, 1995].

1 – рыхлые отложения; 2 – мелковкрапленные липариты; 3 – граносиенит-порфиры; 4 – фельзиты покровной фации; 5 – сферолитовые липариты; 6 – туфы кислого состава; 7 – фельзиты жерловой фации; 8 – дациты (верхний покров); 9 – базальты (средний покров); 10 – дациты и их туфы (нижний покров); 11 – базальты (нижний покров); 12 – конгломераты, песчаники; 13 – позднепалеозойские метасоматические граниты; 14 – ортоамфиболиты; 15 – доломитизированные известняки; 16 – биотит-амфиболовые гнейсы; 17 – тектонические швы и их номера; 18 – урановорудные тела.

разряду крупных, но уже в значительной мере отработанных. Оно залегает в горных породах фундамента под Стрельцовским месторождением (см. рис. 11.13). Урановое оруденение установлено в гранитах фундамента и горизонте базальных конгломератов в двух субпараллельных субвертикальных разломах и прослеживается по простиранию на 1000 м, по падению до глубины 1400 м от поверхности. Мощность рудных столбообразных залежей 10–14 м. Содержание урана в рудах высокое и очень высокое. Главный минерал руд — настуран, в небольших количествах на глубоких горизонтах присутствует браннерит. Отрабатывается подземным способом. Оно обеспечивает 25.8% общероссийской добычи урана (табл. 11.5). Остаточные запасы на 2005 год составляли 14 077 т урана. При достигнутой добыче 834 т/год разработка его может продолжаться с учетом забалансовых запасов примерно 15 лет.

Тулукуевское уран-молибденовое месторождение было одним из наиболее крупных в Стрельцовском рудном поле. Открыто и разведано экспедицией № 324 (Г.П. Гагарин, Л.П. Ищукова, Ю.А. Филипченко и др.) в 1963–1970 годах. Находится в Тулукуевской зоне разломов северо-западного простирания. Его структура определяется двумя крупными разломами северо-западного простирания. Расстояние между ними 100–300 м. Заключенный между разломами блок опущен на 50–100 м. Все горные породы внутри блока раздроблены более мелкими нарушениями меридионального простирания. Размеры месторождения по простиранию достигали 750 м, по ширине – 350 м. Промышленные руды слагали мощные рудные тела с высокими содержаниями урана и молибдена и находились на глубине 30–300 м от дневной поверхности. Основные запасы залегали на глубинах 100–250 м. В первичных гипогенных рудах уран и молибден были связаны соответственно с настураном и молибденитом, в зоне окисления в верхней части месторождения были широко распространены гидроокислы, силикаты и фосфаты урана, а также минералы молибдена, свойственные зоне окисления (молибдит, ферромолибдит и другие). Руды преимущественно были богатые и высоко технологичные. Месторождение отработано открытым способом. Остаточные запасы составляют 2023 тонны.

К числу разрабатываемых месторождений относится **Октябрьское**, обеспечивающее 25.3% общероссийской добычи (816 т урана в 2004 году). Его запасы (11 056 т) обеспечивают работу рудника на ближайшие 10–12 лет.

К числу законсервированных месторождений относится Мало-Тулукуевское с запасами 12 554 т и **Широндокуйское** с запасами 8008 т (табл.11.5). К госрезерву отнесены месторождения **Дальнее, Жерловое, а также Пятилетка.** В целом Стрельцовский рудный узел на долгие годы останется основой урандобывающей промышленности России. Суммарные запасы урана в нем составляли на начало 2005 года 150 479.8 т, или 87.4% общероссийских запасов (табл. 11.5).

Важным промышленным месторождением урана является также **Оловское,** находящееся в Чернышевском районе Забайкальского края, примерно в 60 км западнее Чернышевска. Оно входит в состав Оловско-Могочинской структурно-минерагенической зоны золотомолибденового пояса (рис. 11.17). В этой зоне известны также относительно мелкие месторождения урана, такие как **Сигирлинское, Маяк, Часовое и Королевское,** положение которых показано на рис.11.17 и 11.19. Месторождение изучали М.Д. Пельменев, В.Е. Вишняков. Я.М. Кисляков, И.В. Мельников, И.В. Дуброва и другие геологи.

Оловское месторождение локализовано в Оловской депрессии в терригенно-вулканогенных горных породах мелового возраста (рис.11.18). В разрезе Оловской впадины, вмещающей месторождение, выделено два структурных этажа [Месторождения Забайкалья, 1995]. Нижний представлен гранитоидами, кристаллическими сланцами и гнейсами кристаллического фундамента. Верхний сложен трехчленной рудовмещающей толщей, состоящей в нижней части из пестроцветных делювиальналлювиальных валунно-глыбовых конгломератов, сменяющихся по восстанию пачкой сероцветных песчано-конгломератовых отложений. Средняя часть представляет собой осадки межгорных конусов выноса, сложенных конгломератово-гравийным и песчано-гравийным материалом, фациально переходящим в тонкослоистые озерные песчаники с прослоями гравелитов, углистых алекролитов и аргиллитов.

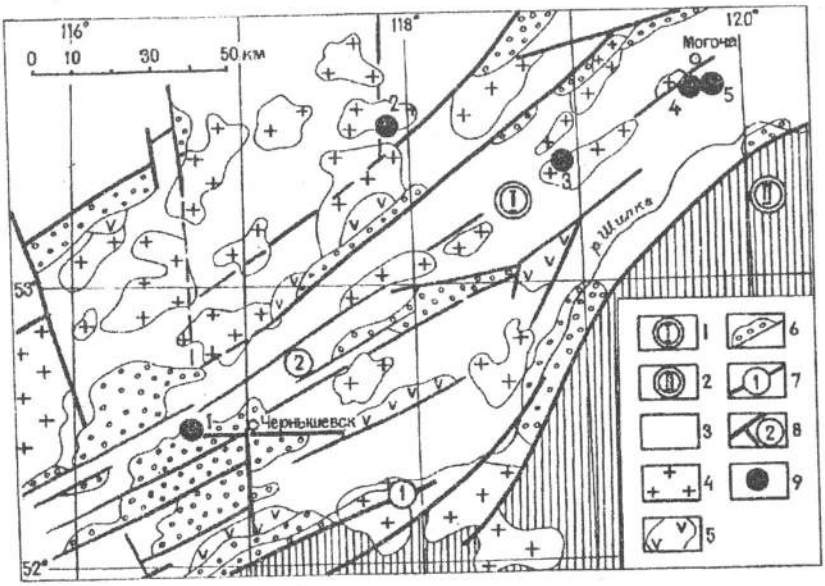


Рис.11. 17. Геолого-структурная схема Олово-Могочинского рудного района (по: [Месторождения Забайкалья, 1995]):

структурно-формационные зоны: 1 – Монголо-Охотская; 2 – Газимурская; 3 – домезозойские кристаллические сланцы, гранитогнейсы, граниты, граиодиориты; 4 – мезозойские лейкократоовые граниты; 5 – средне-верхнеюрские вулканотектонические постройки; 6 – верхне юрские-нижисмелоные прирааломные впадины; 7 – региональные глубинные, разломы Монголо-Охотского линеамента; 8 – глубинные разломы Оловско-Могочинской зоны; 9 – ураново-рудные поля и месторождения: 1 – Оловское, 2 – Сигирлинское, 3 – Маяк, 4 – Часовое, 5 – Королевское.

Верхняя часть сложена вулканогенно-осадочным материалом, представленным пепловыми и кристаллокластическими туфами, липаритами, липаритовыми игнимбритами, андезитами, чередующимися с известковистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Урановое оруденение приурочено к средней части разреза и на переходе к верхней. Вертикальный размах оруденения достигает 120 м, оруденение многоярусно: всего выявлено 24 рудных горизонта, в которых оконтурено более 90 рудных тел. Рудные залежи имеют лентообразную форму и протяженность до 1 км при ширине 100–300 м. Урановые минералы представлены настураном и коффинитом. Присутствуют пирит и самородный мышьяк. В зоне окисления развиты ураноцирцит, отенит, торбернит, ураноспинит.

В Забайкальском крае известны и в той или иной мере изучены месторождения урана Королевско-Часового рудного поля в Оловско-Могочинской структурно-формационной зоне (**Королевское, Часовое, Кристальное**, рис. 11.19), в Даурском рудном районе (**Акухтинское, Барун-Улача, Березовое, Восточное, Горное**). Эти месторождения относятся к небольшим по запасам руды. Освоение таких из них, как Березовое и Горное, как отдельных объектов с учетом негативного воздействия их инфраструктуры на уникальную природную окружающую среду представляется не целесообразным, так как добытые за весь срок их отработки 3–4 тысячи тонн урана не восполнят нанесенного природе вреда. Они настолько не велики, что в составе Госбаланса [Богатства недр..., 2008] запасы их не приводятся.

Общие запасы урана в Забайкальском крае с учетом месторождений Оловско-Могочинской и Даурской зон ориентировочно могут быть оценены примерно в 200 тыс. тонн.

Важным промышленным объектом является **Хиагдинское** месторождение на востоке Республики Бурятия. Оно является основой Витимского урановорудного района, наиболее крупного и подготовленного резервного района России [Самович, Бахтин, 2008]. Хиагдинское рудное поле включает восемь комплексных месторождений урана и редких земель (Источ-

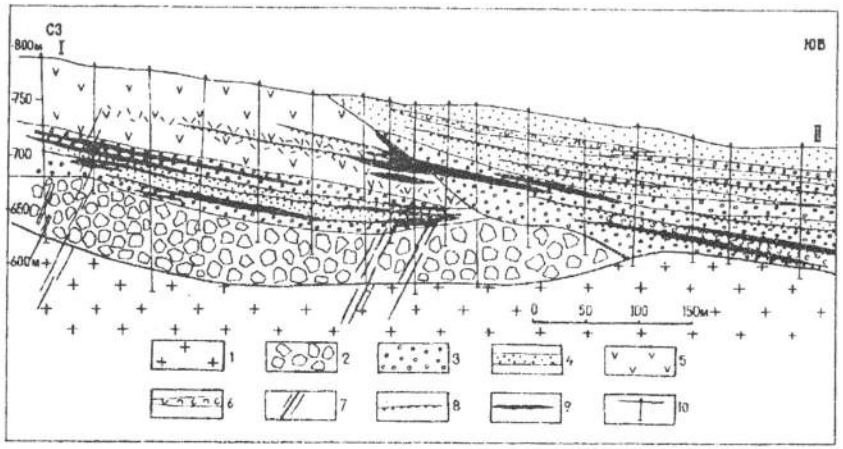


Рис.11.18. Геологический разрез Оловского месторождения урана (по: [Месторождения Забайкалья, 1995]):

1 – гранитоиды, метаморфические породы нижнего структурного этажа; 2–6 – вулканогенно-осадочные образования верхнего структурного этажа: 2 – валунно-глыбовые конгломераты; 3 – разногалечные конгломераты, гравелиты; 4 – песчаники; алевролиты; 5 – липаритовые игнимбриты; 6 – туфы липаритодацитов; 7 – крутопадающие разрывы и зоны трещиноватости; 8 – пологозалегающие межслоевые согласные срывы; 9 – урановорудные тела; 10 – скважины колонкового бурения.

ное, Количикон, Коретконде, Намару, Дыбрын, Тетрахское, Хиагдинское, Вершинное, табл.11.6). Все они локализованы в нелитифицированных песчаных и песчано-алевритовых отложениях кайнозойских впадин (палеодолин), перекрытых эффузивами. Согласно современным представлениям, месторождения имеют гидрогенное происхождение. Рудные тела имеют сложную форму и контролируются геохимическими барьерами. Добыча урана будет производиться с использованием технологии подземного выщелачивания, разработанной для Хиагдинского месторождения. Балансовые запасы урана на 01.01.2007 года составляли 11 254 тыс. т [Самович, Бахтин, 2001]. В соответствии с планом совместных действий МПР РФ,

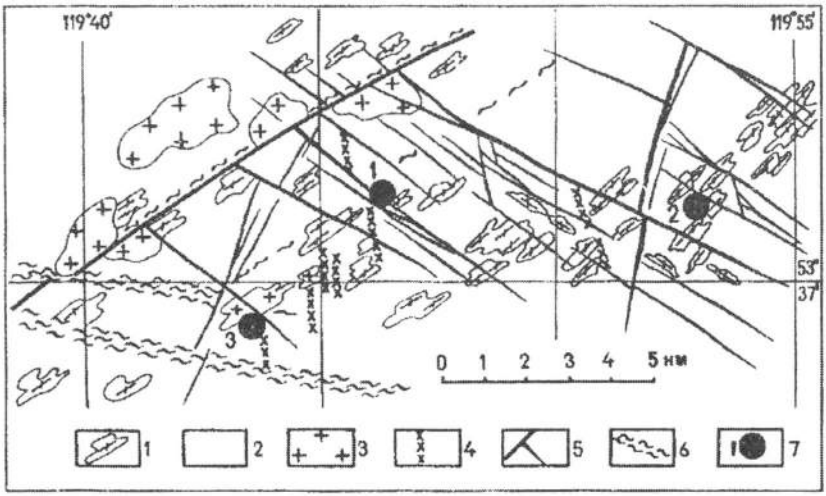


Рис.11.19. Геолого-структурная схема Королевско-Часового рудного поля (по [Месторождения Забайкалья, 1995])

1 – ксенолиты протерозойских кристаллических сланцев, мраморов; 2 – средне-верхнепалеозойские биотитовые граниты, гранодиориты, мигматизированные гранитогнейсы; 3 – мезозойские лейкократовые граниты, гранит-порфиры, кварцевые, биотит-амфиболовые диориты; 4 – дайки диабазовых порфиритов, долеритов, микрогаббро; 5 – тектонические разломы; 6 – зоны смятия, развальцевания; 7 – месторождения урана: 1 – Часовое, 2 – Королевское, 3 – Кристальное.

«Роснедра» и «Росатома» предполагается довести добычу урана на Хиагдинском месторождении к 2015 году до 2000 т в год («ОАО Хиагда») и к 2020 году довести запасы урана Республики Бурятия до 210 тыс. т категории $C_2 + C_1$. По состоянию на 2005 год в Республике Бурятия были известны забалансовые руды урана в количестве 66 058.5 т. Из них более трети приходится на Имское месторождение.

Общие запасы урана РФ ($B+C_1+C_2$), включая забалансовые руды, как указывалось выше, составляют 656 тыс. тонн. При этом около 95% запасов сосредоточено в Сибирском (Стрельцов-

ский и Витимский ураново-рудные районы) и Дальневосточном (Эльконский ураново-рудный район) федеральном округах.

Проблема урана находится на острие современной геологии, так как относится к одной из наиболее жизненно важных для обеспечения человечества экологически чистыми источниками энергии. Современная потребность России в уране составляет 19.3 тыс. т, а добыча достигла 3.3 тыс. тонн. Это составляет всего 20% от ежегодной потребности. В настоящее время доля добычи урана в Забайкальском крае составляет 93.8%. Полагают, что в 2010 году она будет составлять 80% общероссийской, а в 2015 году доля её снизится до 67% [Миронов, 2009]. Если учесть необходимый рост потребности, то отставание будет возрастать. Поэтому, по данным ВИМСа (Г.А. Машковцев, 2008), общая стоимость инвестиций в урандобывающую промышленность РФ должна составить до 2015 года 203 млрд. рублей.

Для удовлетворения растущих потребностей в уране и компенсирования извлеченных запасов интенсивно развиваются исследования минерагении урана. Они сосредотачиваются в регионах, где уже известны и могут быть спрогнозированы крупнейшие его месторождения. К таким территориям относится Центрально-Азиатский подвижный пояс. Он охватывает Забайкалье (Витимский, Южно-Витимский, Оловский, Чикойский, Даурский, Урулюнгуевский ураново-рудные районы, Еравненский, Хилокский и Урюмкано-Уровский потенциально ураново-рудные районы), восток и юго-восток Монголии (Северо-Чойболсанский, Восточно-Гобийский, Сайншандинский ураново-рудные районы и Бутулиннурская, Хубсугульская, Арагольская, Монголо-Тувинская, Монголо-Алтайская, Озерная, Баянхонгорская потенциально ураново-рудные зоны, Хангайская потенциально урановоносная область, Центральный, Бэрхинский, Среднегобийский и Тамцагский потенциально ураново-рудные районы), западные (Джунгарский, Илийский ураново-рудные бассейны), северные (Ордосский, Эрлянский и Сунляоский ураново-рудные районы) и Аргуно-Маньчжурский потенциально-ураново-рудный район Китая. По данным Ю.Б. Миронова [2009], именно эти районы представляют наиболь-

Таблица 11.6

Сводные данные об основных месторождениях урана Республики Бурятия по состоянию на 01.01.2005 г.
По: [Богатства недр ..., 2008]

№ пп.	Месторождение	Статус	Добыча, т	Запасы, т				Доля в общероссийских запасах,%
				ABC_1	C_2	ABC_1+C_2	забалансовые, т	
1.	Хиагдинское	Разрабатываемое	23/0.7	6841	4380	11221	75.5	6.5
2.	Буяновское	Госрезерв	0	0	0	0	5308	0
3.	Вершинное	Разведываемое	0	0	0	0	5568	0
4.	Витлаусское	Госрезерв	0	0	0	0	3263	0
5.	Джилиндинское	Госрезерв	0	0	0	0	1277	0
6.	Дыбрын	Госрезерв	0	0	0	0	4006	0
7.	Имское	Госрезерв	0	0	0	0	23553	0
8.	Источное	Госрезерв	0	0	0	0	1475	0
9.	Количикон	Госрезерв	0	0	0	0	4069	0
10.	Коретконде	Госрезерв	0	0	0	0	3073	0
11.	Намару	Госрезерв	0	0	0	0	3392	0
12.	Родионовское	Госрезерв	0	0	0	0	4570	0
13.	Тетрахское	Госрезерв	0	0	0	0	6429	0
Всего по Республике Бурятия			23/0.7	6841	4380	11221	66058.5	6.5

Примечание: в числителе дана добыча в 2004 году, в знаменателе – доля её от общероссийской.

ший интерес для поисков и разведки новых месторождений урановых руд.

Забайкальская часть Монголо-Приаргунской ураново-рудной провинции является наиболее перспективной для наращивания уранового потенциала России. Здесь, как в пределах Аргунской зоны глубинных разломов, так и в Урюмкано-Уровском потенциально ураново-рудном районе, следует ожидать промышленные месторождения урана в вулканогенных горных породах риолит-базальтовой формации и в гранитном фундаменте. Промышленная урановость может быть выявлена в области верховий Чикоя, Чикокона и Ингоды в контурах известной радоновой гидроминеральной области.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства урана?
2. Какова распространенность урана в природе? Каковы общие запасы его в недрах?
3. Основные области использования урана.
4. Каков минеральный состав и типы месторождений урана?
5. Основные способы добычи и переработки руд урана.
6. Где и какие типы месторождений урана известны в Забайкалье?
7. Какова роль Забайкалья в добыче и переработке руд урана?

Литература

Основная

Вольфсон Ф.И., Королев К.Г. Условия формирования урановых месторождений. – М.: Недра, 1990.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечёткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Добыча и переработка урановых руд в СССР / Б.Н. Ласкорин, В.А. Мамилов, Ю.А. Коретко и др. – М.: Атомная энергия, 1983. – Т. 4,5.

Месторождения Забайкалья. – М.: Геоинформмарк, 1995. – Т. I, кн. 2.

Минеральное сырье. Уран / Я.М. Кисляков, Г.А. Машковцев, А.К. Мигута и др. /Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Чечёткин В.С., Асосков В.М., Воронова Л.И. и др. Минеральные ресурсы Читинской области. – Чита, изд. Читагеолкома, 1997.

Дополнительная

Каждан А.Б. Прогнозирование, поиски и разведка месторождений урана. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

Лаверов Н.П., Смилкстын А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

Миронов Ю.Б. Металлогенния урана Восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса // Автореф. ... дисс. д-ра г-м. наук. – СПб., 2009.

Оптимальная схема геотехнологических исследований / Методич. рекомендации. – М.: ВИМС, 1992.

Разведка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – М.: Недра, 1985.

Редкометалльно-урановое рудообразование в осадочных породах / Сб. научных трудов. – М.: Наука, 1995.

Самович Д.А., Бахтин В.И. Состояние и программа развития минерально-сырьевой базы урана Республики Бурятия до 2020 года. //Приоритеты и особенности развития Байкальского региона. Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной году планеты Земля и 85-летию Республики Бурятия, 31 июля – 3 августа 2008 г., г. Улан-Удэ. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – С. 17–18.

Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана. – М.: Недра,1989.

Тарханов А.В., Наумов С.С. Новости мировой урановой промышленности //Минеральное сырье. Сер. геол.-экон. – М.: ВИМС, 1998. – № 1.

Глава 12. Горно-химическое сырье

12.1. Общие замечания.

К горно-химическому сырью относятся полезные ископаемые, преимущественно используемые в химической промышленности для получения широчайшего ассортимента продукции, потребляемой во многих отраслях на всех этапах человеческой деятельности. К ним относятся бор, бром, йод, сапропели, сера, минеральные соли, фосфор. На территории Забайкалья известны промышленные месторождения бора, минеральных солей и фосфора.

12.2. Бор.

12.2.1. Свойства.

Бор (B, III, 5), неметалл, проявляет кислотные свойства, литофильный, валентность 3^+.

Плотность – 2340 кг/м^3; твердость по шкале Мооса – 9.3, занимает второе место после алмаза; микротвердость – 30.4 ГПа; температура плавления 2300 С, кипения – 3658; теплопроводность 27.0 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление 18000 Ом·м; удельная магнитная восприимчивость – $7.8 \cdot 10^{-9}$ м^3/кг, температурный коэффициент линейного расширения $5 \cdot 10^{-6}$К$^{-1}$; удельная теплота сгорания 58660 кДж/кг; сечение захвата тепловых нейтронов $6 \cdot 10^{-26}$ м^2.

Бор – высокотоксичный (II класс опасности), но биологически жизненно необходимый элемент. ПДК$_{р.з}$ B_2H_6–0.1 мг/м^3, H_3BO_3–10; ПДК$_{м.р}$ B^{3-} – 6.0, B_2O_3 – 5.0; ПДК$_{с.с}$ H_3BO_3 – 0.02 мг/м^3; ПДК$_в$ B^{3+} – 0.5 мг/л; ПДК$_{вр}$ B^{3+} – 0.017. Бораты малотоксичны. ПДК в питьевой воде 1мг/л в пересчете на B_2O_3.

12.2.2. Распространенность и запасы.

Кларк бора в земной коре 12 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 1, основных – 5, средних – 15, кислых – 15, осадочных (глинах и сланцах) – 100. Естественное содержание в почвах 4.0–5.3 г/т. В воде океанов его содержание 4.6 мг/л. На земной поверхности концентрируется в рассолах озер и морей, из которых на испарительных геохимических барьерах выпадают бораты щелочных и щелочноземельных металлов.

Мировые запасы B_2O_3, исключая турмалин, около 1 млрд. т, ежегодное производство 1.1–1.2 млн. т. Наиболее крупные производители –Турция и США.

12.2.3. Области использования.

Бор и его соединения широко используются с древних времен. Наиболее известна была бура, которую использовали для получения борной кислоты, лекарств, припоев, для варки стекла. В современности природные бораты используют для получения соединений бора, как компоненты шихты при производстве стекол, глазурей, эмалей, керамики; для получения огнестойких покрытий и пропиток, для пайки металлов, в качестве пигментов и наполнителей лакокрасочных материалов, как протравы при крашении, компоненты электролитов и люминофоров. Органические бораты используются как антиоксиданты, катализаторы окисления парафинов в спирты, как фунгициды, антисептики, добавки, улучшающие свойства моторных топлив, смазочных масел. Большое значение имеют бориды различных металлов, в том числе титана, циркония, гафния, тантала и других. Диборид титана используют как компонент жаропрочных сплавов, инструментальных материалов, диборид циркония используют как нейтронопоглощающий материал в ядерных реакторах. Гексаборид кальция используют как абразив и нейтронопоглощающий метериал. Широко используется борная кислота (в медицине,

косметике, как консервант, реактив в фотографии и в других областях). Широк спектр борных удобрений.

Структура потребления (%): для изготовления стекловолокна и боросиликатного стекла – около 50; на нужды сельского хозяйства –15–20; для производства керамики – 15 и для моющих средств – 10; остальное – в других областях.

12.2.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно около 200 минералов бора. Из них наиболее распространены боросиликаты кальция и бораты магния, кальция, натрия, калия. Широко распространён алюмоборосиликат – турмалин. Промышленное значение имеют 20 минералов. К ним относятся из силикатов датолит ($Ca_2B_2[SiO_4]_2[OH]_2$, 21.8 B_2O_3), данбурит ($CaB_2[Si_2O_7]O$), 28.7% B_2O_3), из боратов людвигит $(Fe,Mg)_2Fe^{3+}[BO_3]O_2$, FeO 5.14–55.62, Fe_2O_3 16.72–40.88, MgO 1.44–41.29, B_2O_3 8.83–17.02, H_2O 0.07–2.31), ашарит (ссейбеллит) $(Mn,Mg)\cdot(BO_3)OH$, MgO 9.56–49.84, MnO 0.02–61.81, B_2O_3 30.34–41.38), улексит ($Na,Ca\,B_5O_9\cdot 8H_2O$, Na_2O 6.08–7.78, CaO 13.85–14.14, B_2O_3 41.99–43.13, H_2O 35.34–36.95), гидроборацит ($CaMgB_6O_{11}\cdot 6H_2O$, CaO 13.52–14.96, MgO 9.75–10.57, B_2O_3 46.79–50.53, H_2O 25.45–27.37), борацит ($Mg_3B_7O_{13}Cl$, B_2O_3 59.68–62.15), калиборит ($KMg_2B_{11}O_{19}\cdot 9H_2O$, K_2O 6.48–8.14, MgO 11.98–13.80, B_2O_3 52.39–60.53, H_2O 19.85–24.10), кернит ($Na_2B_4O_7\cdot 4H_2O$, Na_2O 22.63–22.66, B_2O_3 50.75–51.02, H_2O 26.32–26.55), суанит ($Mg_2B_2O_5$), бура ($Na_2[B_4O_7]\cdot 10H_2O$, Na 12.3, B 11.9%, Na_2O 16.3, B_2O_3 36.5, H_2O 47.2%), сахаит ($Ca_3Mg(BO_3)_2(CO_3)\cdot nH_2O$), роуит ($CaMnB_2O_5\cdot 3H_2O$).

Промышленные типы месторождений – скарновый, вулканогенно-осадочный, осадочный (галогенный и элювиальный). Наиболее крупные и богатые месторождения – вулканогенно-осадочные.

По запасам B_2O_3 (млн. т) месторождения подразделяют на уникальные – более 10, весьма крупные – 10–1, крупные – 1,0–0,5, средние – 0,5–0,3, мелкие – 0,3–0,1.

Особые свойства бора позволяют для его анализа использовать ядерно-физические методы, в частности, нейтронно-активационный. Это определяет и особенности поисков и разведки,

которые заключаются в применении высокоэффективного нейтронного метода опробования естественных и искусственных обнажений, различного вида нейтронного каротажа, в определении содержаний бора в керне и порошковых пробах экспрессным нейтронно-абсорбционным методом.

Промышленные руды – скарново-боросиликатные, скарново-боратовые, галогенно-боросолевые, элювиально-боратовые.

По содержанию B_2O_3 (%) скарново-боросиликатные руды подразделяют на весьма богатые – более 16, богатые – 16–12, средние –12.0–6.5, бедные – 6.5–3.5; элювиально-боратовые руды – на богатые –20–13, рядовые – 12–9, бедные – 9–7.

12.2.5. Добыча и переработка руд.

Месторождения разрабатывают преимущественно открытым способом. Подготовку руд к химическому переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением сырья с применением гравитационно-магнитно-флотационной технологии.

Извлечение B_2O_3 из боросиликатных руд составляет 82–84% при содержании B_2O_3 в концентрате не ниже 17%. К вредным примесям в концентрате относят Fe_2O_3 (более 2.5%) и $CaCO_3$ (более 12%).

При добыче и обогащении боросиликатных руд получают попутно щебень, силикатный кирпич, строительный песок.

Борные концентраты перерабатывают гидрометаллургическими способами.

Товарный продукт – борная кислота, должен содержать B_2O_3 не ниже 56%. Вредные примеси в ней – фосфор, железо, магний, свинец, кальций, мышьяк.

12.2.6. Месторождения бора в Забайкалье.

В Забайкальском крае месторождения бора представлены в основном людвигитовыми скарнами, развитыми в зонах контакта терригенно-карбонатных толщ венд-кембрийского возраста с юрскими гранодиоритами. Людвигитовая минера-

лизация развита в магнезиальных скарнах, развивающихся по доломитам и доломитистым известнякам. В них продуктивная ассоциация представлена людвигитом, развивающимся по нему ссейбеллитом, серпентинизированным форстеритом и оливином, серпентином, магнетитом, флогопитом, редко флюоритом. В Зачикойской горной стране известны проявления суанита, описанные А.Д. Канищевым.

Промышленная борная минерализация установлена в пределах ***Быстринского*** рудного узла в магнезиальных скарнах месторождения ***Западное***. Здесь зона бороносных магнезиальных скарнов, расположенная в южной части в гранодиоритах, а в северной имеет субширотное простирание. Мощность её находится в пределах 10 м, протяженность до 500 м. Среднее содержание бора составляет 4–10 %.

Людвигит-ссейбеллитовая минерализация известна в пределах ***Култуминского*** месторождения, где бороносные магнезиальные скарны развиты в зоне контактов гранитного штока амуджиано-сретенского комплекса с терригенно-карбонатной толщей, сложенной внизу сланцами, метаалевропесчаниками с прослоями мраморизованных доломитов и известняков белетуйской свиты венда и кварцитами, метапесчаниками, серицитовыми и кварц-серицитовыми сланцами, мраморизованными известняками, доломитами, мергелями быстринской свиы кембрия вверху. Гранитоиды представлены гранитами, порфировидными гранодиоритами, гранит-порфирами, гранодиорит-порфирами. На контактах с известняками развиты пироксен-гранатовые скарны с магнетитом, а с доломитами – магнезиальные, сложенные магнетитом, серпентинизированным форстеритом, серпентином, хризолит-асбестом, хлоритом, людвигитом и ссейбеллитом (ашаритом).

Скарновые тела имеют форму линз, ориентированных субпараллельно контакту терригенно-карбонатной толщи с гранитоидами и крутое юго-восточное падение. Мощность варьирует от 50–70 м до 200–350 м, протяженность по простиранию до метра. Тела, обогащенные минералами бора, имеют размеры 50–60 м при длине по простиранию до 300 м. Среднее содержание B_2O_3 4.6– 11.2%. Следует произвести переоценку месторождения на борное сырье.

В Республике Бурятия известно промышленное месторождение бора **Солонго**. Железо-борное месторождение Солонго находится в Озернинском рудном узле. Месторождение изучалось Г.И. Татьковым, М.А. Нефедьевым, А.Е. Лисицыным, Б.К. Виноградовым, С.В. Малинко. Оно приурочено к контакту карбонатных пород олдындинской свиты с гранитами баргузинского комплекса. Субмеридиональные зоны борного оруденения прослеживаются на 3.5 км в виде скарнов и кальцифиров (рис.12.1). Рудные тела (11 тел) имеют пластообразную форму, среднюю протяженность по простиранию – 140 м, изменчивую мощность – от 2.29 до 9.9 м. Выделено три основных типа руд бора [Нефедьев, 2009]: 1) ссайбеллит-людвигитовые и сфалерит-ссайбеллит-людвигит-магнетитовые, располагающиеся внутри или во внешней зоне скарновых магнетитовых тел, представленных магнезиальными скарнами; 2) сахаит-курчатовитовые и сфалерит-сахаит-курчатовит-людвигитовые руды в зонах известково-скарнового замещения кальцифиров и магнезиальных скарнов, имеющие наибольшее промышленное значение; 3) датолитовые и роуит-датолитовые руды в известковых скарнах.

Борная минерализация представлена уникальным набором минералов бора. В рудах присутствуют 22 минерала этого элемента. Четыре из них оказались новыми (курчатовит, солонгоит, федоровскит, гксагидроборит), пять минералов (сахаит, вимсит, уралборит, фроловит, пентагидроборит) являются вторыми находками в мире. Содержание триоксида бора колеблется от 1.07 до 16.14%.

Запасы борной руды по состоянию на 01.01.1988 года, согласно данных В.А. Ананина и др. (1989 г.), по C_2 – 6.6 млн. т со средним содержанием B_2O_3 – 6.28% (414.5 тыс. т борного ангидрида).

Рис.12.1.Геологическая карта бор-магнетитового месторождения Солонго. По [Нефедьев, 2009]

1 – известняки; 2 – ороговикованные фельзит-порфиры; 3 – граниты; 4 – сиениты и граносиениты; 5 – магнетитовые руды; 6 – оруденелые скарны; 7 – скарны; 8 – кальцифиры; 9 – разрывные нарушения: а – главные (разломы 1 – Майский, 2 – Контактовый, 3 –Граносиенитовый, 4 – Поперечный), б – второстепенные.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства бора?
2. Каковы промышленные типы месторождений бора?
3. Где и как используется бор?
4. Каков минеральный состав основных промышленных месторождений бора?
5. Основные способы добычи и переработки руд бора.
6. Месторождения бора в Забайкалье.

Литература

Основная

Лисицын А.Е., Моисеева Р.Н. Минеральное сырье. Бор // Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Минералы бора / С.В. Малинко, И.И. Халтурина, А.А. Озол, В.М. Бочаров. – М.: Недра, 1991.

Нефедьев А.М. Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). – Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН, 2009.

Ткачев К.В., Плышевский Ю.С. Технология неорганических соединений бора. – Л.: Химия, 1983.

Дополнительная

Горбов А.Ф. Геохимия бора. – Л.: Недра, 1976.

Поиски, разведка и оценка месторождений бора / Под ред. А.Е. Лисицына, И.И. Пастушенко. – М.: Недра, 1983.

6**

12.3. Соли минеральные.

12.3.1. Свойства.

Соли минеральные – это природные легко растворимые в воде соединения, образуемые щелочными (натрий и калий) и щелочно-земельными (магний и кальций) металлами с соляной (хлориды), серной (сульфаты) и угольной (карбонаты и бикарбонаты) кислотами; в природе они встречаются в растворенном состоянии (минерализованные воды, рассолы) и в твердых образованиях (соляные минералы, галогенные породы).

По степени минерализации выделяют воды пресные (до 0.1%), солоноватые (0.1–3.5), соленые (3.5–5) и рассолы (более 5), а по химическому составу – карбонатные, сульфатные и хлоридные.

Минеральные соли – общетоксичные и жизненно необходимые вещества. ПДК токсичных элементов в пищевой и кормовой солях (%): As $1 \cdot 10^{-4}$, Cu – $2 \cdot 10^{-4}$, Cd и Pb – $2 \cdot 10^{-5}$, Hg – $1 \cdot 10^{-6}$. KCl – малотоксичный относится к IV классу опасности.

12.3.2. Распространенность и запасы.

Мировые общие запасы калийных солей составляют 48.2 млрд. т, подтвержденные – 12.2; годовое производство – 23–25 млн. т. Основные производители – Голландия, Япония, Франция, Польша, Англия. В России запасы калийных солей – 4 млрд. т, годовое производство – 11 млн. т.

12.3.3. Области использования.

По промышленной значимости выделяют натриевые, калийные и магниевые соли. Натриевая соль – пищевая, кормовая и техническая. Основной потребитель технической соли – химическое производство хлора, каустической и кальцинированной соды. Гидрокарбонат натрия применяют в пищевых целях (35%), в производстве синтетических каучуков и химикатов (20%), фармацевтических и косметических

препаратов (15%), средств тушения огня (10%), кормовых добавок (7%), моющих средств (5%), в текстильной, кожевенной, целлюлозно-бумажной промышленности и в других отраслях.

Калийные и калийно-магниевые соли используют для производства удобрений (95%), в химической промышленности и других отраслях (5%).

Магниевые соли применяют в металлургии (каустический магнезит как огнеупор), в химической, электрохимической, строительной, кожевенной, резиновой промышленности, медицине и других областях.

12.3.4. Минеральный состав и промышленные типы.

Основные соляные минералы – астраханит ($Na_2Mg(SO_4)2{\cdot}4H_2O$, галит (NaCl, 39.3% Na, 60.7% Cl, примесь Br), глауберит ($Na_2Ca(SO_4)2$, Na_2O 22.29, CaO 20.16, SO_3 57.5), бишофит ($MgCl_2{\cdot}H_2O$, 11.9% Mg, 35.0% Cl; 53.1% H_2O, примесь Br), мирабилит ($Na_2SO_4{\cdot}10H_2O$, 14.3% Na, 19.3% Na_2O, 24.9% SO_3, 55.8% H_2O), полигалит ($K_2Ca_2Mg(SO4)4{\cdot}2H^2O$, 15.6% K_2O, 18.6% CaO, 6.7% MgO, 53.1% SO_3, 6% H_2O, примеси Na, Fe, Cl), каинит ($KMg[SO_4]Cl{\cdot}3H_2O$, 15.7% K_2O, 16.2% MgO, 33.2% SO_3, 14.2% Cl и 12.7% H_2O), лангбейнит ($K_2Mg_2(SO_4)3$, сильван (KCl, 52.4% K, 47.6% Cl; примеси Br и J), карналлит ($KMgCl_3{\cdot}6H_2O$, 14.0% K, 8.7% Mg, 38.3% Cl, 39% H_2O, примеси – Br, NH_3, Rb, Cs, Tl, Fe), кизерит ($MgSO_4{\cdot}H_2O$, 29% MgO, 58% SO_3, 13% H_2O), сода или натрон ($Na_2CO_3{\cdot}10H_2O$, 21.6% Na_2O, 15.4% CO_2, 63.0% H_2O), тахигидрит ($CaMg_2Cl_6{\cdot}12H_2O$, Ca 7.16–7.74, Mg 9.4–9.97; Cl 40.34–41.10, H_2O 41.76–42.50), тенардит (Na_2SO_4 Na_2O 43.7, SO_3 56.3 %), трона ($Na_2CO_3{\cdot}10H_2O$,Na_2O 21.66, CO_2 15.38·H_2O 62.96%), давсонит ($NaAl(CO_3)(OH)_2$, 21.9% Na_2O, 35.9% Al_2O_3, 30.3% CO_2, 11.9% H_2O, примеси – Ca, Mg), натриевая селитра ($NaNO_3$, Na_2O 36.5, N_2O_5 63.5, примеси лития, таллия, аммония, серебра, также ClO_3, BrO_3), калиевая селитра (KNO_3 примеси – литий, рубидий, цезий, таллий).

В Забайкалье промышленное значение имели глауберит, мирабилит, трона, галит.

Промышленные типы ископаемых месторождений – хлоридный, сульфатно-хлоридный, сульфатный, содовый. Наибольшее значение имеют два первых типа месторождений.

По запасам солей (млн. т) месторождения подразделяют: на весьма крупные – более 500 (для хлоридного и сульфатно-хлоридного типов) и более 150 (для сульфатного и содового типов); крупные – соответственно 500–150 и 150–50; средние – 150–50 и 50–10; мелкие – менее 50 и менее 10.

Промышленные типы сырья соответствуют промышленным типам месторождений. Историческое значение имеют месторождения, связанные с соляными озерами.

По содержанию NaCl поваренную соль (каменную и самосадочную) подразделяют (% NaCl) на богатую – более 90, рядовую – 90–70, бедную – менее 70.

Технологические свойства соляных вод и рассолов определяют по гидрохимическому типу и концентрации полезных и сопутствующих солей.

12.3.5. Добыча и переработка солей.

Месторождения разрабатывают открытым и подземным способами.

Соли месторождений сульфатного и содового типа в России и других странах СНГ в настоящее время не разрабатывают.

Промышленную переработку производят флотационным, галургическим и флотационно-галургическим способами. Галургический способ заключается в шахтном или скважинном растворении солей, а также добытого сырья в воде с последующей их кристаллизацией из растворов. В СССР и России 31% поваренной соли получается из морской воды, 28% добывают в шахтах, 35% на рассоло-промыслах и 6% попутно на калийных комбинатах.

Содержание основного компонента в товарной продукции составляет: соли поваренные – 93% NaCl; калии хлористом – 60% KCl; магнии хлористом (бишофите) – 97% $MgCl_2$–H_2O; натрии серно-кислом – Na_2SO_4, соде кальцинированной – 99.4% Na_2CO_3.

12.3.6. Месторождения солей в Забайкалье.

На территории Забайкальского края и Республики Бурятия месторождения минеральных солей представлены только соляными озерами.

Природная сода. На территории края известно около 20-ти содовых озер. Однако, практический интерес в отношении содового сырья на начало XXI века представляют только два – Доронинское и Хадактинское. Сода в озерах вместе с другими солями (сульфат натрия, хлористый натрий и т.д.) находится в растворенном состоянии в рапе. Постоянные корневые и пластовые залежи соды в них отсутствуют.

Доронинское озеро находится в 25 км от села Улеты. Площадь его 4.9 кв. км, глубина до 6 м. Рапа озера впервые исследована в начале XX века, а в 1912 году оно было сдано в эксплуатацию английской компании, проработавшей до 1918 года. В 1927–1952 годах разработку производил государственный содовый завод. Годовая добыча составляла 1.3–4.7 тыс. т гуджира. За 1927–1938 годы выработано 0.84 тыс. т соды кристаллической и 9.33 тыс. т соды кальцинированной.

Содержание солей в рапе озера зависит как от глубины слоев, так и от времени года. Верхний слой (0–3 м) характеризуется минерализацией 8.3 до 17.8 г/л, глубинный (3–6 м) – от 33,8 до 64.1 г/л. В состав общей массы солей, растворимых в воде, входят главным образом гидрокарбонаты натрия и хлористый натрий. Запасы соды в Доронинском озере по состоянию на 1992 год составляли 347–9 тыс. т. Перспектив прироста запасов нет. Озеро объявлено памятником природы.

Хадактинское озеро расположено в 8 км к северу от села Улеты. Размер озера 0.6x0.9 км, глубина до 0.5 м. Минерализация воды значительно выше, чем в Доронинском озере. Химический состав воды (в г/л): сухой остаток – 19.684; $Ca(HCO_3)_2$ – 0.0947; $Mg(HCO_3)_2$ – 0.0127; Na_2CO_3 – 7.52; $NaHCO_3$ – 7.856; SO_4 – 3.874; NaCl – 2.26. Прогнозные ресурсы соды в озере – 2030 тонны.

На территории Республики Бурятия также известна система **Алгинских** и **Сувинских** озер в Баргузинской впадине.

Озера эти в основном сульфатные и на протяжении 1889–1915 годов здесь добывался гуджир преимущественно мирабилитового состава. Мирабилит использовался для производства стекла на стекольном заводе в Иркутске. Объем годовой добычи составлял 20–180 т [Биликтуева, Тайсаев, 2006].

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства минеральных солей?
2. Каковы промышленные типы солей по их промышленной значимости и области их использования?
3. Минеральный состав основных промышленных типов солей.
4. Основные способы добычи и переработки солей.
5. Месторождения минеральных солей в Забайкалье.

Литература

Основная

Гроховский Л.М., Хроховский М.А. Поиски и разведка месторождений минеральных солей. – М.: Недра, 1980.

Минеральное сырье. Соли минеральные / Ю.В. Баталин, Р.Р. Туманов, И.Н. Тихорецкий и др.// Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Переработка природных солей и рассолов / Под ред. И.Д. Соколова // Справочник. – Л.: Химия, 1985.

Справочник по разработке соляных месторождений / Под ред. Р.С. Пермякова. – М.: Недра, 1986.

Дополнительная

Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986.

Коричевский С.М. Комплекс полезных ископаемых галогенных формаций. – М.: Недра, 1973.

Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики / Под ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненарокова. – М.: Недра, 1984.

Юргенсон Г.А., Серебренникова Н.В. К вопросу эколого-экономического освоения Доронинского содового озера// Вестник Забайкальского центра РАЕН. – 2008. – № 1. – С. 95–97.

12.4. Фосфор.

12.4.1. Свойства.

Фосфор (P, V, 15), неметалл. Существование фосфора как химического элемента в начале 1770-х годов доказал А. Лавуазье, хотя как химическое вещество открыт в 1669 году Х. Брандом. Известен в виде трех модификаций: белый (мягкий), красный (порошок), черный (графитоподобный) – лито- и сидерофильный – проявляет амфотерные свойства, устойчивые валентности 3–, 2–, 1+, 2+, 3+, 5+.

Плотность 1820 кг/м^3 (белый), 2200 (красный), 2690 (черный), температура плавления – 44.2°С (белый), 410 (красный), кипения – 280 (белый); теплопроводность – 0.235 Вт/(м·К) (белый), 12.1 (черный); удельное электрическое сопротивление 1·10-9 Ом·м (белый); удельная магнитная восприимчивость 1.1·10-8 м^3/кг (белый), -8.410-9 (красный); температурный коэффициент линейного расширения 124.5·10-6 К-1 (белый).

Фосфор – высокотоксичный (I–II классы опасности), но жизненно необходимый элемент. ПДКр.з паров P – 0.03 мг/м^3, P_4O_{10} – 0,1, фосфатов хрома и никеля – соответственно 0.01–0.02 и 0.005, ПДК$_{м.р.}$ P_4O_{10} – 0.15; ПДК$_{с.с}$ P_4O_{10}, $POCl_3$, POF – 0.05 мг/м^3; ПДКв P – 0.0001 мг/л, PH_3 – 0.0014–0.0015.

12.4.2. Распространенность и запасы.

Кларк фосфора земной коры 930 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 170, основных – 1400, средних – 1600, кислых – 700, осадочных (глинах и сланцах) – 770. Естественное содержание в почвах 0.04–0.5%.

Мировые запасы P_2O_5 – 30 млрд. т (фосфориты и апатиты), годовое производство – 160–165 млн. т фосфатной руды. Наиболее крупные производители – США, Марокко, Казахстан, Россия, Китай.

В России запасы P_2O_5 составляли по состоянию на 01.01.2005 года общие – 454.2 млн. т, в том числе разведанные – 210.3 млн. т. Добыча в 2004 году составила 178 тыс. т. Работал лишь Кингисеппский ГОК.

12.4.3. Области использования.

Основная масса производимого из природных фосфатов фосфора идет на производство фосфорной кислоты и получаемых на её основе минеральных удобрений и различных фосфорных солей. Наиболее широко используются фосфаты, в меньшей мере – фосфиты и гипофосфиты. Белый фосфор используется для изготовления зажигательных и дымовых снарядов, а красный для производства спичек.

Структура потребления: для производства минеральных удобрений – 90%; в химической и пищевой промышленности, в металлургии и других отраслях – 10%.

12.4.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно около 200 минералов фосфора. Среди них преобладают ортофосфаты кальция, железа, алюминия. Промышленное значение имеют лишь минералы группы апатита: фторапатит ($Ca_5(PO_4)_3.F_2$, до 19.0% P, до 42.3% P_2O_5, до 3.8%

F), хлорапатит ($Ca_5(PO_4)_3 \cdot Cl_2$ – до 18% P, до 6.8% Cl), гидроксил апатит ($Ca_5(PO_4)_3(OH)_2$ – до 19% P, до 42.5% P_2O_5), фторкарбонат апатит $Ca_5(PO_4)_3 \cdot CaCO_3 \cdot F_2$. Среди примесей – MnO (до 10.6% Sr, до 23.7% Sr, MgO – до 7.5%, Al_2O_3 – до 2.5%, ThO_2 – до 5,6%) . $Ca_5(PO_4)_2$, $CaCO_3$.

Промышленные типы месторождений – апатитовый (эндогенный) и фосфоритовый (экзогенный). Наибольшее значение имеет последний тип. В Забайкалье – первый.

По запасам P_2O_5 (млн. т) месторождения фосфатных руд подразделяют на весьма крупные – более 100, крупные – 100–50, средние – 50–10, мелкие – менее 10.

Промышленные руды: апатитовые – силикатные, карбонатные, карбонатно-силикатные, силикатно-оксидные, гидросиликатно-гидроксидные; фосфоритовые – зернистые, микрозернистые, галечниково-зернистые, ракушечные, желваковые, песчано-зернистые, обломочно-крустификационные.

По содержанию P_2O_5 (%) руды подразделяют на богатые – более 15, средние – 15–8, бедные – 8–4, убогие – 4.

12.4.5. Добыча и переработка руд.

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

По обогатимости руд выделяют: легкообогатимые (извлечение P_2O_5 в концентрат более 90%), удовлетворительно обогатимые – 90–70, труднообогатимые – менее 70.

Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением комбинированных технологий (промывка, флотация, магнитная и электростатическая сепарация, обжиг и избирательное растворение карбонатов).

Извлечение P_2O_5 из руд различных типов составляет 60–90% при содержании его в концентрате 28–40%. К вредным примесям в концентрате относят FeO, Fe_2O_3, Al_2O_5, MgO.

При обогащении руд комплексного состава попутно получают нефелиновые, магнетитовые концентраты и бадделеитовые, урановые, титановые, слюдяные, кальцитовые, уртитовые и сфеновые продукты.

Фосфатные концентраты перерабатывают химическим и металлургическим способами. В промышленных масштабах фосфор извлекают из концентратов электротермическим восстановлением коксом при температурах 1400–1600°С в присутствии кремнезема (кварцевого песка). Газообразный фосфор после очистки от пыли направляют в конденсационные установки, в которых под слоем воды собирают жидкий технический белый фосфор. Он перерабатывается в фосфорную кислоту, которая является исходным материалом для всех остальных фосфорсодержащих продуктов.

Товарные продукты представлены фосфорными удобрениями, фосфорной кислотой, фосфором. Суперфосфат содержит 18–20% P_2O_5.

Вредными примесями в фосфорных удобрениях и фосфоре являются остатки, нерастворимые в почве и сероуглероде (кварц, полевой шпат, другие силикаты).

12.4.6. Месторождения фосфора в Забайкалье.

К концу XX века выявлено три возможных источника фосфатного сырья. Главным из них является комплексное апатит-титаномагнетитовое Кручининское месторождение, рассмотренное выше как сырьевая база железа и титана. Определенный интерес представляют фосфатпроявление Мираж, имеющее исключительно благоприятное геолого-экономическое положение в связи с близостью крупного Приаргунского горно-химического объединения, Муруринское и Пироксеновое проявления на севере области. В Республике Бурятия известно крупное Ошурковское месторождение апатита, связанное с диоритами.

Кручининское месторождение, как указывалось выше (Часть I, книга 1, глава 8, с. 107), приурочено к Ангашанскому габбро-анортозитовому массиву. В нем четко проявлено чередование разновидностей габброидов. Рудные тела – крупные линзовидные и пластообразные залежи, залегающие преимущественно в основании «разреза», мощностью от 5 до 280 м, протяженностью 1000–1500 метров.

Содержание P_2O_5 варьирует от 1–1.2% (убогие и бедные вкрапленные руды) до 4–6% (рядовые вкрапленные руды) и 6–8% (сплошные или сливные руды). Среднее содержание P_2O_5 в балансовых рудах составляет 2.79–3.66%. Фосфор в руде связан с апатитом и концентрируется преимущественно в пироксенитах и рудном полосчатом габбро. Размер кристаллов апатита 0,1–0,5 мм.

Руды относятся к апатит-титаномагнетит-ильменитовому технологическому типу и обогащаются вполне удовлетворительно с получением кондиционного апатитового (39%, извлечение 73–77%), ильменитового и титаномагнетитового концентратов посредством применения гравитационного, электромагнитного и флотационного способов обогащения. Горнотехнические условия благоприятны для открытой разработки при коэффициенте вскрыши 1:1. Запасы пятиокиси 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 пятиокиси 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 пятиокиси фосфора.

В ***Джугджуро-Становой*** апатитоносной провинции известны проявления фосфора этой же формации: Оленгуйское (Аленгуйское) (в 40 км южнее г. Чита) и Аначарское в Тунгиро-Олекминском районе (истоки Средней Моклы). Они приурочены к одноименным массивам габброидов, обладают прогнозными ресурсами P_2O_5 в 6 и 4 млн. т соответственно при содержании его в руде 4 и 3.24%.

Проявление Мираж, расположенное в 0,5 км юго-восточнее г. Краснокаменск и связанное с верхнемезозойскими вулканитами, имеет прогнозные ресурсы руды около 6 млн. т при среднем содержании P_2O_5 9.5%.

В ***Чаро-Олекминской*** апатитоносной провинции (Каларский район Забайкальского края) выделяются четыре перспективных зоны: Ничатская, Привитимская (Шаманское, Якутское и Аномальное проявления апатита), Ханинская и Каларская. В Ханинской известны Мурурининское и Пироксеновое проявления апатита с прогнозными ресурсами P_2O_5 66 и 2 млн. т соответственно при среднем содержании 2.2%. В Каларской находится Третьяковское проявление апатита в 7.5 км юго-западнее поселка Катугин, с прогнозными ресурсами P_2O_5 32.4 млн. т при среднем содержании 2.45%.

Мурурининские апатиты, несмотря на низкое содержание (2.2%), могут получить промышленное значение в качестве попутного компонента при эксплуатации проявления как железорудного объекта. Но для этого оно должно быть разведано.

Апатит-магнетитовые руды хорошо обогащаются с получением кондиционного железного и фосфорного концентрата, а также медного промпродукта. Извлечение P_2O_5 в концентрат 80.08%, содержание в концентрате – 39.75%.

Пироксеновое проявление, хотя и имеет незначительные прогнозные ресурсы, представляется наиболее реальным объектом попутной добычи фосфатных руд на севере области при условии вовлечения в эксплуатацию Голевского (Сакунского) месторождения сынныритов (см. раздел 8.3).

Собственно фосфоритовых месторождений на территории области практически не известно. Лишь фосфоритовые руды Холболок-Урагинского проявления, расположенного в 65 км северо-западнее поселка Чара, приближаются к требованиям на фосфатное сырье. Содержание P_2O_5 в метаморфизованных углисто-кремнистых породах при мощности их пластов от 2 до 7.5 м составляет 8.71–20.5% при среднем содержании 1.8% (руды первого сорта). Прогнозные ресурсы P_2O_5 оцениваются в 53 млн. т. Руды перспективны для получения концентратов, пригодных для химической переработки в концентрированные фосфорные и сложные удобрения.

Имеются перспективы обнаружения промышленных скоплений фосфатного сырья и на юге области. В центральной части Приаргунья (окрестности села Нерчинский Завод,

Газимуро-Урюмканское проявление, Услонское проявление у села Георгиевка) на площадях развития известняков и кремнисто-глинистых пород нижнего кембрия в ряде проб установлено содержание P_2O_5 от 1 до 6.3%, а в единичных до 29–34% (прожилки карбонатных фосфоритов).

В бассейне среднего течения реки Онон выявлено несколько проявлений фосфоритов в полях развития карбонатно-вулканогенно-терригенных пород протерозоя, карбонатно-терригенных отложениях нижнего кембрия, терригенных – триаса и терригенно-вулканогенных верхней юры – нижнего мела. Фосфоритовое сырье представлено желваками и конкрециями фосфоритов (Чиндантское проявление), либо маломощными прослоями тонкозернистого фосфатного вещества неизученного минерального состава (район села Улан-Одон). Содержание P_2O_5 в желваках достигает 8.48%. Прогнозные ресурсы района оцениваются в 30 млн. т руды или 3 млн. т P_2O_5.

В районе села Могойтуй известно около 10 проявлений фосфоритов. Мощность фосфатоносных пластов достигает 70 м, протяженность – до 12 км. Оруденение представлено желваками фосфоритов (1–20 см) и фосфатоносными сланцами. Содержание P_2O_5 в желваках достигает 17.78%, в сланцах – до 7.87%. Здесь предполагается не менее двух фосфатоносных объектов с прогнозными ресурсами 10 млн. т руды и средним содержанием P_2O_5 до 10%.

Обнаружены потенциально фосфатоносные породы и в Кыринском районе, в которых содержание P_2O_5 достигает 5.48%, а его прогнозные ресурсы оцениваются в 1.5 млн. т (1 млн.т Мангутское проявление и 0.5 млн.т Агуцинское).

Повышенная фосфатоносность отмечается также в терригенных и вулканогенно-терригенных образованиях верхнего мезозоя, слагающих многочисленные впадины области. Она связана в основном с прослоями и линзами сидеритов и сидеритизированных пород (фации застойных озерно-болотных водоемов). Отдельные высокие содержания P_2O_5 обусловлены процессами концентрирования карбонатов и фосфатов железа с образованием конкреций. Фосфоритовые руды верхнемезозойских впадин не удовлетворяют требованиям к промышленным

рудам. Тем не менее, даже мелкие проявления могут представить интерес как местное агрохимическое сырье.

В целом перспективы края на фосфоритовые руды остаются во многом неясными. С одной стороны, имеются благоприятные предпосылки для выявления новых объектов фосфатного сырья, особенно на севере области, с другой – сведения о фосфоритоносности ряда перспективных формаций настолько отрывочны, что количественная характеристика степени перспективности их представляется неоднозначной. Ресурсы фосфоритовых руд Забайкальского края составляют 11.7% общероссийских.

На территории Республики Бурятия фосфороносные объекты также широко развиты. Здесь представлены как магматические, так и осадочно-метаморфические месторождения.

Одним из промышленных месторождений апатита является **Ошурковское**. Оно приурочено к верхнепротерозойскому сиенито-диоритовому слабо дифференцированному плутону с относительно равномерной вкрапленностью апатита. Запасы нагорной части месторождения (до уровня реки Селенга, горизонт +490 м), утвержденные ГКЗ СССР, в 1970 году составляли: по категории $B+C_1$ (тыс.т): руды – 874 392, P_2O_5 – 33227, содержание P_2O_5 – 3.8 %; по категории C_2 – руды 122 444, P_2O_5 – 4 262, содержание P_2O_5 – 3.48 %.

Разведанные запасы нижних горизонтов месторождения (горизонты +490 м - +190 м) апробированы ЦКЗ Мингео СССР: категория $B+C_1$ – руда 1 864 952 тыс. т., P_2O_5 – 69 667 тыс. т, содержание P_2O_5 – 3.74 %, коэффициент рудоносности – 0,93; категория C_2 (горизонты +190 м – 0) – руда 1 456 829 тыс. т, P_2O_5 – 53 757 тыс. т, содержание P_2O_5 – 3.69 %, коэффициент рудоносности – 0.85.

Прогнозные ресурсы P_2O_5 категории P_1 до глубины 500 м составляют 137 млн. т. В целом по месторождению запасы P_2O_5 составляют: по категории $B+C_1$ – 104.5 млн.т, C_2 – 123.4 млн. т, P_1 – 137 млн.т при содержании P_2O_5 – 3.8 %.

На базе утвержденных ГКЗ СССР запасов строился Забайкальский апатитовый завод (ЗАЗ) с годовой производительностью по добыче и переработке руды в 38 млн. т, 1-ой

очереди – 19 млн. т. В 1986 году ГЭК Госплана СССР приняла решение о нецелесообразности строительства завода в связи с ухудшением экологической обстановки в бассейне озера Байкал и недостаточной проработкой в техническом проекте ЗАЗа природоохранных мероприятий. Строительство завода законсервировано.

В терригенно-карбонатных горных породах вендского возраста известно **Ухагольское** месторождение фосфоритов. Выявлено два участка – Озерный и Ухагольский. На последнем вскрыто три фосфоритоносных пласта протяженностью от 2 до 4 км, мощностью 5–21 м. Выделено четыре технологических типа и три сорта фосфоритов. Запасы категории C_2: руды 339.5 млн. при бортовом содержании P_2O_5 – 7 %, P_2O_5 – 55.8 млн. т. При бортовом содержании 10 % – руды 300.1 млн. т, P_2O_5 – 47.4 млн. т, 13 % – 205 млн. т руды и 36.7 млн. т P_2O_5. Средние содержания P_2O_5, соответственно, 13.97; 15.78 и 17.89 %. Прогнозные ресурсы категории P_1 составляли 50 млн. т, при содержании P_2O_5 – 13.87 %. Кроме указанных месторождений, известно **Харанурское** с балансовыми запасами по категориям ABC_1 589 тыс. т, C_2 107 тыс. т, всего 696. Доля запасов от общероссийских составляет 0,2%.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства фосфора?
2. Назовите главные промышленные типы месторождений фосфора.
3. Назовите основные месторождения фосфорного сырья Забайкалья.
4. Расскажите о способах добычи и переработки руд фосфора.
5. В каких отраслях хозяйственной и других видов деятельности используется фосфор и его производные?

Литература

Основная

Банековский В.З. Вещественный состав и обогатимость фосфоритовыех руд. – М.: Недра, 1983.

Геологические исследования и горнорудный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Геология месторождений фосфоритов. – М.: Мир, 1983.

Карамышев В.Ф. Химическая переработка фосфоритов. – М.: Химия, 1983.

Карпова М.И., Ангелов А.Н. Минеральное сырье. Фосфатные руды / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Ратобыльская Л.Д., Бойко Н.Н., Кожевников А.О. Обогащение фосфатных руд. – М.: Недра, 1979.

Дополнительная

Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков / Под ред А.С. Зверева, А.С. Михайлова. – М.: Недра, 1980.

Геолого-промышленная оценка месторождений апатита / Под ред. А.С. Филько, Р.М. Файзуллина, М.А. Свирского. – М.: Недра, 1985.

Киперман Ю.А. Геолого-промышленные основы поисков и оценки месторождений фосфоритов. – М.: Недра, 1981.

Покрышкин А.И. Закономерности размещения промышленных месторождений фосфоритов докембрия и фанерозоя мира. – М.: Недра, 1981.

Глава 13. Горно-техническое сырье

13.1. Общие замечания.

К горно-техническим относятся виды минерального сырья, используемые вследствие их особых физических свойств, таких как твердость и прочность (абразивы), электропроводность или электросопротивление (графит, мусковит, флогопит), огне- или кислотоупорность (асбесты), сорбционная способность (цеолиты, монтмориллониты). Кроме того, они являются электронно-оптическими преобразователями и полупроводниками (германий). Возможно также получение после их различных преобразований новых материалов с особыми свойствами (магнезит, брусит, каолины и другие глины, полевые шпаты, флюорит и другие).

13.2. Асбест.

13.2.1. Свойства.

К асбестам относят тонковолокнистые минералы групп серпентина (хризотил-асбест) и амфибола (амфибол-асбесты), обладающие способностью легко расщепляться на прочные и гибкие волокна и выдерживать без изменений высокие температуры. Амфибол-асбесты обладают также свойством выдерживать воздействие кислот при высоких температурах.

По химическому составу хризотил-асбест – это слоистый силикат магния с гидроксилом. Иногда магний в несущественной части может быть замещен железом. Хризотил-асбест обладает специфическим строением, которое видно только под электронным микроскопом. В поперечных срезах волокон хризотил-асбеста видно их трубчатое строение (рис.13.1–13.2). Внешний диаметр трубок равен примерно 26 нанометров, внутренний – 13 нм, а толщина стенок равна 6.5 нм. Трубки

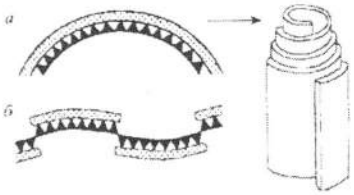


Рис.13.1. Схематические изображения структур хризотила (а) и антигорита (б).

Рис.13.2. Строение волокна хризотил-асбеста в поперечном сечении. По: [Булах, 1999].

представляют собою свернутые в микроскопические рулоны пластинки, сложенные слоями кремнекислородных тетраэдров, представляющих собою сетки, соответствующие формуле $[(Si_2O_5)^{2-}(OH)^-]^x$ и одной сетки октаэдров, заполненной атомами магния и гидроксила (рис. 13.3). Если расчет состава такого пакета вести только на одно исходное кольцо тетраэдров $(Si_2O_5)^{2-}$ (рис. 13.4), получим для серпентина формулу $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$. Каждый пакет, соответствующий этой формуле, имеет нулевой суммарный заряд. Он скреплен с соседними (верхним и нижним) пакетами слабо. Здесь действуют лишь остаточные (вандерваальсовы) силы, что определяет весьма совершенную спайность серпентина и, соответственно, его способность расслаиваться на тончайшие слои. Эти пакеты повторяются в кристалле огромное число раз, образуя сетки или слои. Рассмотренные особенности строения кристаллической структуры хризотил-асбеста определяют его физико-механические свойства.

Серпентин в природе представлен двумя четко различающимися разновидностями – хризотилом и антигоритом. Свойствами образовывать волокна обладает только хризо-

Рис 13.3. Схема строения пакета серпентина, состоящего из двух слоев кремнекислородных тетраэдров и заполняющих межслоевое пространство магния и гидроксила.

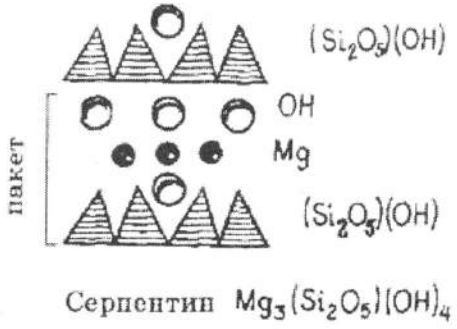


Рис.13.4. Элементарное кольцо из кремнекислородных тетраэдров. Вид сверху и в сечении.

тил, тогда как антигорит образует пластинчатые агрегаты (см. рис.13.1,б). Причина этого кроется, вероятно, в том, что пластины антигорита имеют размеры, непозволяющие образовать трубку, полая часть диаметра которой была бы соизмерима с толщиной пластины. Эта дискретность пластин антигорита хорошо видна на рис.13.1,б.

Физико-механические свойства хризотил-асбеста: распушиваемость, эластичность, прочность на разрыв, огнеупорность, кислото- и щелочеустойчивость, сорбционная способность.

Свойства амфибол-асбестов определяются их составом и структурой, а также условиями кристаллизации. Все они относятся к ленточным силикатам, кремнекислородные тетраэдры в которых образуют ленты, состоящие из сдвоенных цепей кремнекислородных тетраэдров (рис.13.5). Кислотный радикал амфиболов имеет вид $[Si_4 O_{22}]^{6-}$ (OH) или, если радикал удвоить, $[Si_8 O_{22}]^{12-}(OH)_2$. В качестве катионов выступают

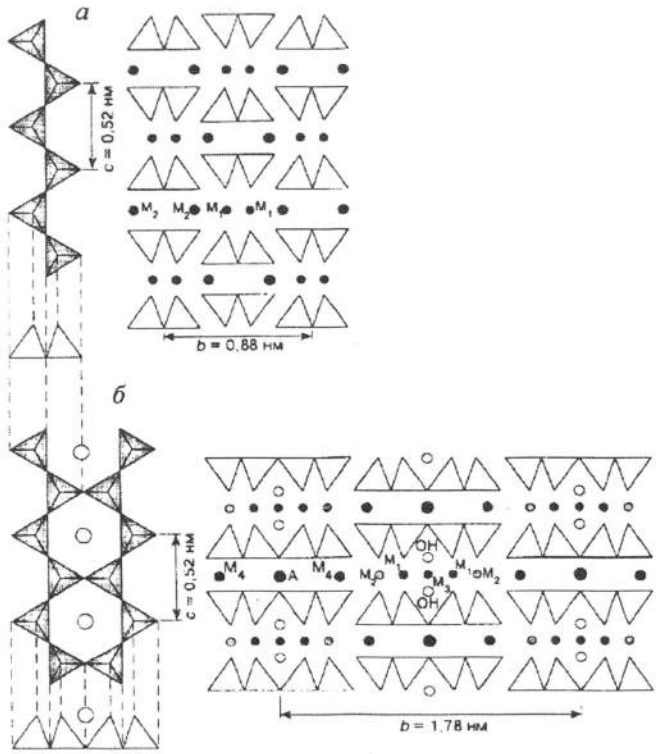


Рис.13.5. Схема строения цепочек тетраэдров и сложенных ими лент, характерных для амфиболов. По: [Булах, 1999].

кальций, натрий, магний в разных сочетаниях, иногда калий, например, в крокидолит-асбесте. За исключением наиболее распространенного тремолита $Ca_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$ и мало распространенного антофиллита, все амфибол-асбесты имеют в катионной части щелочной металл. За исключением антофиллита ($Mg_7[Si_8O_{22}](OH)_2$) и амозита ($Mg_6(Al,Mg)[AlSi_7O_{22}](OH)_2$), кристаллизующихся в ромбической сингонии, все амфибол-асбесты относятся к моноклинной сингонии.

ПДК асбестовой пыли в воздухе: $ПДК_{р.з.}$ при содержании 10% асбеста – 2.0 мг/м^3, менее 10% – 4.0; $ПДК_{м.р}$ – 0.3; $ПДК_{с.с}$ –

0.1 мг/м^3, что соответствует IV классу опасности; ПДК$_в$10 мг/л – II класс опасности. При длительном вдыхании асбестовой пыли возникает асбестоз – хроническое профзаболевание органов дыхания. Часто асбестоз сопровождвается бронхитом. Болезнь относится к группе силикатозов. Амфибол-асбесты, попадающие при вдыхании через рот в пищевод и далее в желудок, втыкаясь в клетки его слизистой оболочки, могут вызывать рак желудка.

13.2.2. Распространенность и запасы.

Распространенность асбестов определяется геологическими условиями их возникновения и прежде всего распространенностью ультраосновных горных пород. Мировые запасы хризотил-асбеста (без стран СНГ) составляют всего лишь 250 млн. т, подтвержденные – 180; годовое производство волокна – около 2 млн. т. Основные производители – Канада, Китай, США, Зимбабве, Италия, Бразилия, Греция, ЮАР.

В СССР, а теперь на территории СНГ, запасы асбеста были разведаны по 28 месторождениям. Из стран СНГ крупная сырьевая база хризотил-асбеста находится в Казахстане – запасы 13.4 млн. т, производство 0.5 млн. т/год. Россия обладает крупнейшей в мире сырьевой базой хризотил-асбеста – запасы около 111 млн. т, производство – более 0.4 млн. т/год. Продукция асбестовой промышленности, функционировавшей в СССР, выпускавшей до 3-х тысяч наименований продукции, экспортировалась в 49 стран мира. На Урале находится крупнейшее в мире Баженовское месторождение хризотил-асбеста, разрабатываемое с конца XIX века.

13.2.3. Области использования.

Область применения хризотил-асбеста: производство листов – текстильных, асбоцементных, асбестовых, асбесторезиновых, термоизоляционных, асбестобитумных, асбестобакелитовых. Основная область потребления асбеста (65%) – производство асбоцементных труб и шифера. Крупным потребителем

длинноволокнистого асбеста является асбестотехническая промышленность, выпускающая текстильные изделия (ткани, шнуры, ленты), а также пластмассы и резины с асбестом в качестве наполнителя (тормозные колодки, фрикционные кольца, электроизоляционные материалы и др.). Используется асбест также в производстве специальных сортов бумаги, картона, фильтров, для восстановления трущихся металлических поверхностей колесных пар, в двигателях внутреннего сгорания для регенерации истершихся слоев металла.

Амфибол-асбесты используются для производства кислото- и термостойких устройств и транспортных коммуникаций в химической промышленности, спецодежды в особо опасных производствах, также (голубой родусит-асбест) для тканей, из которых шьют фрагменты скафандров для работы в космосе, поглощающие часть космических излучений.

13.2.4. Минералы и типы руд.

Основные минералы, как сказано выше, являются представителями двух таксономических единиц силикатов: слоистых – хризотил ($Mg_6[Si_4O_{10}](OH_8)$) (см. рис. 13.1) и ленточных (амфиболов) – антофиллит, амозит, актинолит ($Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_8O_{22}](OH)_2$, тремолит, крокидолит ($(Na,K)_2(Mg_3Fe)Al[AlSi_7O_{22}](OH)_2$ – натриево-магнезиальная разновидность щелочного амфибола рибекита, родусит ($(Na_3Mg_3Fe)Fe[Si_8O_{22}](OH)_2$) – натриево-железисто-магнезиальная разновидность щелочного амфибола рибекита, режикит ($(Na_3Mg_4)Fe[Si_8O_{22}](OH)_2$) и рихтерит ($Na_2Ca(Mg,Fe,Mn,Fe^{3+},Al)_5[Si_8O_{22}](OH,F)_2$). Рихтерит-асбест чаще образует не прожилки поперечно-волокнистого строения, а распушенные длинноволокнистые агрегаты, гибких, упругих кристаллов. Основное промышленное значение принадлежит хризотил-асбесту. Его производство составляет 98%.

Промышленные типы месторождений – апоультрамафитовый (хризотиловый, развивается по ультраосновным горным попродам, в частности, дуниту), апокарбонатный (по доломитам и магнезитам) и амфиболовый, образующийся в условиях гидро-

термального изменения обогащенных натрием кристаллических сланцев. Наибольшее значение имеет первый тип.

Месторождения хризотил-асбеста по запасам подразделяют (млн. т): на весьма крупные – более 10, крупные – 10–5, средние – 5–0.5, мелкие – менее 0.5; амфибол-асбеста (тыс. т) – на крупные – более 50, средние – 50–5, мелкие – менее 5.

Промышленные типы хризотил-асбестового сырья – поперечно-волокнистый (нормальный и ломкий) и продольно-волокнистый. По содержанию волокна (%) хризотил-асбестовое сырье подразделяют на богатое – более 5, среднее – 5–3, бедное – менее 3.

Асбестовое сырье подразделяется по качеству и содержанию основного полезного минерала. В России к промышленному асбесту относят волокно длиннее 0.5 мм, за рубежом – длиннее 0.25 мм. Товарное сырье подразделяется на 4 группы: жесткий (вырабатывается из отборной руды ручной сортировкой в карьерах), промежуточный (из селективной выемки, предварительно обогащенной в цехах дробильно-сортировочного комплекса), полужесткий и мягкий (из руд механизированной добычи).

13.2.5. Способы добычи и переработки сырья.

Месторождения разрабатывают открытым и подземным способами. Основная доля добычи хризотил-асбеста приходится на открытый способ.

Промышленная переработка сырья включает сухое и мокрое обогащение с отсасыванием волокон воздухом или осаждением породообразующих минералов серпентинитов и серпентинизированных вмещающих горных пород. Применяют также гравитационное обогащение. В случаях присутствия в серпентинитах магнетита после измельчения применяется магнитная сепарация.

Товарный продукт представляет собой волокна различной крупности, длины и распушки. Вредными примесями в асбесте являются магнетит, хромит, тальк.

13.2.6. Месторождения асбеста в Забайкалье.

Промышленных месторождений асбеста на территории Забайкальского края не выявлено, хотя отдельные находки и проявления хризотил-асбеста известны в дунитах северной части Шаманского массива, расположенного в Каларском районе на правом берегу реки Витим, в 12-ти км южнее трассы БАМ (цв. рис.13.6). Здесь выявлено три участка развития асбеста в серпентинитах, развитых по ультраосновным оливиновым горным породам. Известен хризотил-асбест в серпентинитах Молодовского офиолитового пояса в структурно-формационной Пришилкинской зоне. Специализироанных исследований на асбест здесь не проводилось и преимущественно в измененных пироксенитах и дунитах развит антигоритовый серпентин, хотя зоны поперечно-волокнистого прожилкования распространены в опущенном блоке серпентинитов на правобережье Шилки в правом борту долины реки Куренга, в 1 км южнее бывшего поселения Кислый Ключ. Мощность прожилков в среднем составляет 0.5–3 мм, что позволяет относить их к потенциально промышленным сортам. Известны они и севернее, в непосредственной близости к Молодовску в Сретенском районе. Асбестовая минерализация в Молодовском офиолитовом поясе, вероятно, связана с воздействием на серпентиниты юрского гранитоидного магматизма.

Одним из лучших по качеству сырья в России является **Молодёжное** месторождение асбеста в Республике Бурятия. Оно находится в зоне БАМ, и при необходимости его освоение может быть реализовано быстро и эффективно.

Месторождение входит в состав Кедровско-Ирокиндинского рудного узла и локализовано в гидротермально измененных – интенсивно серпентинизированных – гарцбургитах (энстатит-оливиновых перидотитах). Оно представляет собой сравнительно крупную асбестоносную залежь баженовского подтипа характерной формы неправильного круто-поставленного эллипсоида с концентрически зональным строением и закономерной сменой зон асбестоносности от центра к периферии: а) ядро; б) зона простых отороченных жил; в) зона крупносетчатых руд; г) зона мелкосетчатых руд; д) зона ориентированных просечек;

е) зона сетчатых просечек; ж) смешанная зона ориентированных и сетчатых просечек и з) периферийная зона мелкосетчатых руд.

Промышленная часть залежи, включающая зоны простых отороченных жил, крупной и мелкой сеток, на поверхности имеет размеры 440х78 м, на горизонте +1150 м – 768х489 м. Максимальная глубина распространения промышленной асбестоносности от поверхности – 638 м. Вмещающие породы – апогарцбургитовые серпентиниты. По валовому содержанию асбеста (АК-VI–6.9%) месторождение относится к разряду богатых, а по насыщенности текстильными сортами (АК-III–1.26%) является уникальным. Длина волокна хризотил-асбеста достигает 30 см.

Запасы волокна хризотил-асбеста АК-VI геологических сортов (на 01.01.1989 г.): $B+C_1$ – 13.198 млн. т., C_2 – 1,027 млн. т.

По данным [Богатства недр..., 2008], запасы месторождения по состоянию на 01.01.2007 года составляют (тыс. т) категорий ABC_1 – 13198, C_2 – 1027.1, всего 14225.1 (доля в запасах страны 11,4 %). Забалансовые запасы составляют 2584.4 тыс. т. Они практически не изменены с момента окончания разведки, так как месторождение не разрабатывается.

В Восточно-Саянском минерагеническом поясе известно ***Ильчирское*** месторождение хризотил-асбеста, локализованное в центральной части массива перидотит-серпентинитовых пород. Представлено линзообразной залежью длиной 1700 м, шириной 100–380 м, концентрически-зонального строения, выражающегося в постепенной смене серпентинитов с различной степенью асбестоносности в направлении от центра к периферии залежи. Центральная часть месторождения сложена серпентинитами с асбестоносностью типа крупной сетки со средним содержанием волокна 3.45%. Эта зона сменяется зоной асбестоносности типа мелкой сетки, затем асбестоносностью типа просечек и единичных жил асбеста. Запасы волокна I–VI сортов (тыс.т.): категории A_2 – 535, B – 1149, C_1 – 2911, C_2 – 324, всего – 4919.

По данным [Богатства недр..., 2008], запасы месторождения по состоянию на 01.01.2007 года составляют (тыс. т) категорий

$АВС_1$ – 4595, $С_2$ – 324, всего 4919 (доля в запасах страны 3.9 %). Забалансовые запасы составляют 3.9 тыс. т. С учетом Ильчирского месторождения доля запасов месторождений Республики Бурятия составляет 15.3 % общероссийских.

Контрольные вопросы

1. Какими свойствами обладают асбесты?
2. Какие минералы образуют длинноволокнистые кристаллы, позволяющие относить их к асбестам? Каково их классификационное положение?
3. Где и для чего используются асбесты?
4. Где находится главная сырьевая база асбеста в Забайкалье?

Литература

Ведерников Н.Н. Минеральное сырье. Асбест / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Месторождения антофиллит-асбеста СССР / Под ред. И.Ф. Романовича. – М.: Недра, 1976.

13.3. Германий.

13.3.1. Свойства.

Германий (Ge, IV, 32), полуметалл. Предсказан в 1971 году Д.И. Менделеевым. Открыт в 1886 году К. Винклером в минерале аргиродите. Известно 4 стабильных изотопа ^{70}Ge (20.55%), ^{72}Ge (27.37%), ^{73}Ge (7.67%) и ^{74}Ge (36.74%) и один радиоактивный ^{76}Ge (7.67%) с периодом полураспада $2 \cdot 10^6$ лет. Цвет серебристо-белый. Хрупок. Проявляет амфотерные свойства, лито-, халько-, сидерофильный, устойчивые валентности 2^+ и 4^+.

Плотность – 5223 кг/м^3; твердость по шкале Мооса 6; температура плавления 937°С, кипения – 2930; теплопровод-

ность 59.9 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление 0.46 Ом·м; удельная магнитная восприимчивость – $1.33 \cdot 10^{-9}$ $м^3/кг$; температурный коэффициент линейного расширения $5.57 \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$.

Германий – токсичный элемент (III класс опасности). $ПДК_{р.з}$ Ge, GeO 2.0 $мг/м^3$, GeCl – 1.0, гидрид Ge – 5.0; $ПДК_{с.с}$ GeO_2 – 0.04 $мг/м^3$.

13.3.2. Распространенность и запасы.

Кларк германия в земной коре 1.4 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 1.0, основных – 1.5, средних – 1.5, кислых – 1.4, осадочных (глины и сланцы) – 2.0. Естественное содержание в почвах 1.2–50.0 г/т.

Мировые подтвержденные запасы германия в цинковых рудах зарубежных стран около – 3 тыс. т, годовое производство (без стран СНГ) – 65 т. Наиболее крупные производители – США, Намибия, Заир.

Страны СНГ по запасам германия в углях, железных и сульфидных рудах занимают первое место в мире.

13.3.3. Области использования.

Германий является самым распространенным природным полупроводником, он обладает целым рядом уникальных свойств, что определяет его широкое использование в электронной, радиоэлектронной и электронно-оптической технике. Из него делают линзы для инфракрасной оптики, фотодиоды, фоторезисторы, дозиметры ядерных излучений, анализаторы для рентгеновской спектроскопии, преобразователи энергии радиоактивного распада в электрическую. Сплавы германия с некоторыми металлами характеризуются устойчивостью к кислым агрессивным средам и поэтому используются в приборостроении, машиностроении и металлургии. Некоторые сплавы германия с металлами являются сверхпроводни-

ками. Структура потребления (%): волоконно-оптические системы – 40; инфракрасная оптика – 15; ядерная энергетика – 10; полупроводники – 5; химия, металлургия, медицина и другие области – 30.

13.3.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно два минерала германия – сульфиды: германит и реньерит. Промышленное значение имеют минералы-концентраторы германия – сфалерит (главный) и халькопирит. Германий не образует собственных месторождений, а находится в рудах других видов минерального сырья. Кроме того, германий концентрируется в слабометаморфизованных углях, в основном, бурых.

Промышленные типы германийсодержащих месторождений – олово-вольфрамовый, редкометалльный, свинцово-цинковый, медно-молибденовый, медно-цинковый, железорудный, буро- и каменноугольный. Для Забайкалья последний тип – главный.

По запасам германия (т) месторождения подразделяют на крупные – более 500, средние – 500–100, мелкие – менее 100.

Промышленные германиевые и германийсодержащие руды – германий-сульфидные, колчеданно-полиметалличес-кие, свинцово-цинковые, германий-угольные. По содержанию германия (г/т) руды подразделяют на богатые – сотни, средние – десятки, бедные – единицы.

13.3.5. Способы добычи и переработки руд.

Месторождения разрабатывают попутно с основными видами полезных ископаемых. Подготовку руд и золы сжигания углей к переделу производят магнитной сепарацией и термическими способами. Содержание германия в концентратах составляет не менее 5 г/т, в золе шлаков – свыше 90 г/т. Значительное количество германия получают из пылей, кеков и плавки медно-цинковых руд, содержащих 0.3–0.4% Ge.

Основное количество германия получают попутно из подсмольных вод при коксовании углей, из золы энергетических углей, сфалеритовых и магнетитовых концентратов. Его извлекают кислотным выщелачиванием, возгонкой в восстановительной среде, сплавлением с едким натром и другими плавнями. Германийсодержащие продукты перерабатывают гидрометаллургическим способом (обрабатываются соляной кислотой при нагревании, конденсат очищается и подвергается гидролитическому разложению с образованием диоксида). Диоксид германия восстанавливается водородом до металлического германия, который очищается методами фракционной и направленной кристаллизации (кристаллофизической очистки), зонной плавки.

Качество монокристаллического германия оценивают по удельному электрическому сопротивлению. Этому отвечает содержание электрически активных примесей – до $1 \cdot 10^{-8} см^{-3}$.

Вредные примеси – Al, Ga, Mg, Ca, Si, Fe, As, Cl.

13.3.6. Месторождения германия в Забайкалье.

Как сказано выше, одним из основных источников промышленного получения германия являются угли. В Забайкальском крае германиевая минерализация присутствует почти во всех буроугольных месторождениях, но уникально высоких содержаний этот элемент достигает только в немногих случаях. В Тарбагайском угольно-германиевом месторождении рудой на германий являются бурые угли низов продуктивного горизонта на участке площадью 1.6 х 10 км, где характерна повышенная зольность угольных пластов. Здесь же установлены относительно повышенные концентрации галлия, циркония, бериллия, вольфрама, молибдена и других элементов, часть которых может представлять интерес для попутного извлечения. В пласте Тигнинский учтено 67% запасов германия при среднем содержании 85.2 г/т, в Промежуточном пласте – 17% со средним содержанием 74.9 г/т и в пласте Спутник – 16% запасов при содержании 48.6 г/т.

Аналогичными особенностями обладают менее значительные месторождения углей, такие как Иргенское, Мордойское, Алтанское, Средне-Аргунское и некоторые другие.

Кроме того, германий в качестве попутного компонента присутствует в золото-полиметаллических рудах Новоширокинского месторождения. По состоянию на 01.01.1984 года по категории C_2 в рудах этого месторождения учтено 18.7 т германия, связанного с сульфидами. Общая сумма прогнозных ресурсов германия по южной части области превышает 500 тонн. Запасы по данным «Читанедра» по состоянию на 01.01.2006 составляют 379 тонн. Минерально-сырьевой потенциал оценивается в 6220 млн. руб. и составляет 0.04% от его общей величины для Забайкальского края [Трубачев, 2007].

Угли Тарбагатайского месторождения до 1993 года использовалсиь как топливо на Читинской ТЭЦ-1, где были смонтированы и действовали спецустановки для улавливания германийсодержащего промпродукта, который направлялся в Ангрен и Донецк для дальнейшего передела, а затем получение оптического германия для военно-промышленного комплекса производилось в ГОИ и других предприятиях в Ленинграде.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства германия?
2. Каковы промышленные типы месторождений германия?
3. Где и как используется германий?
4. Каков минеральный состав основных промышленных месторождений германия?
5. Основные способы добычи и переработки руд германия.
6. Месторождения германия в Забайкалье.

Литература

Основная

Виноградов В.Н. Промышленная оценка рассеянных элементов в комплексных рудах. – М.: Недра, 1972.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Иванов В.В., Мейтов Е.С. Минеральное сырье. Германий / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Промышленные типы природных концентраций германия / В.В. Иванов, А.Я. Кац, Ю.П. Костин и др. – М.: Недра, 1984.

Чечёткин В.С., Асосков В.М., Воронова Л.И. и др. Минеральные ресурсы Читинской области. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997.

Дополнительная

Коленкова М.А., Крейн О.Е. Металлургия рассеянных и легких редких металлов. – М.: Металлургия, 1977.

13.4. Графит.

13.4.1. Свойства.

Графит (С) относится к минералам – самородным элементам, являясь гексагональной полиморфной модификацией углерода. Он образует явно- и скрытокристаллические разновидности пластинчатого облика, чешуйчатые, листоватые, радиально-лучистые агрегаты, зернистые массы. Цвет – от стально-серого до железно-черного, блеск металлический, матовый, излом неровный, спайность весьма совершенная по пинкоиду {0001}, мягкий.

Плотность 2260 кг/м^3; твердость по шкале Мооса 1–2, температура плавления 3850°С, кипения – 5100°С; теплопро-

водность 1960 Вт/(м·К); удельная магнитная восприимчивость $6.3 \cdot 10^{-9}$ м^3/кг; диэлектрическая проницаемость 81. Разновидностью его является шунгит.

Экологическую опасность графита определяет токсичный углерод (III класс опасности). ПДК$_{р.з}$ (мг/м^3) пыли – 4, CO – 3, CO_2 – 0.01; ПДК$_{м.р}$ (мг/м^3) сажи – 0.15, CO – 5, CO_2 – 9; ПДК$_{с.с}$ сажи – 0.05 мг/м^3; ПДК$_в$ CO – 20 мг/м^3, CO_2 – 0.05%.

13.4.2. Распространенность и запасы.

Кларк углерода $2.3 \cdot 10^{-2}$. Графит является достаточно широко распространенным минералом метаморфических горных пород, в том числе кристаллических сланцев, гнейсов, мраморов, ультраосновных горных пород и продуктов их изменений.

Мировые извлекаемые запасы графита –1500 млн. т, ежегодное производство – 620–680 тыс. тонн. Наиболее крупные производители – Китай, Южная Корея, Украина, Австрия, Мадагаскар, Мексика, Россия (общие запасы на 01.01.2007 года 88.2 млн. т, из них разведанные запасы кристаллического графита – 4.5 млн. т.).

13.4.3. Добыча и области использования.

В странах СНГ добыча графита составляет около 100 тыс. т в год. В России в 2006 году добыто 163 тыс. т руды и 5.6 тыс. т плотнокристаллического и чешуйчатого графита и 11 тыс. т руды аморфного.

Графит применяется в металлургии для изготовления тиглей, литейных форм, противопригарных красок, препятствующих пригоранию жидкого металла к изложницам и формам. В химическом машиностроении графит используют для изготовления футеровочного материала, труб. Используется в производстве коллекторов для динамо-машин, электродов, токопроводящих порошков, смазочных материалов, антифрикционных изделий, изготовления графитовых стержней

в ядерной технике, теплоизоляционных материалов. Графит используют в производстве карандашей, красок. Искусственный графит, получаемый при охлаждении пересыщенных углеродом сплавов, термическим разложением углеводородов и другими способами, используют для эрозионно стойких покрытий сопел реактивных двигателей и камер сгорания носовых конусов. Существует графитовая промышленность, специализированная на переработке различного природного графитсодержащего сырья.

Структура потребления (%): металлургия – 50; машиностроение – 40; атомная энергетика, электротехника, химия, нефтехимия, карандашное производство – 10.

13.4.4. Типы руд.

Промышленные типы месторождений графита – в гнейсово-мигматитовых комплексах, в мраморно-гнейсовых мигматизированных комплексах, в контактах интрузивных и карбонатных битуминозных пород, в контактах интрузивных пород с каменными углями. Наибольшее значение имеют первый и последний типы. В Забайкалье – в гнейсо-сланцевых комплексах, в Западном Забайкалье известна графитоносность апобазитовых серпентинитов.

По запасам графита (млн. т) месторождения подразделяют на крупные – более 1, средние – 1–0.5, мелкие – менее 0.5.

Особенности при поисках и разведке заключаются в эффективности применения электроразведки.

13.4.5. Способы добычи и переработка.

Месторождения разрабатывают открытым и подземным способами. Подготовку руд к переделу производят дроблением, рудоразборкой и сортировкой скрытокристаллического и глубоким обогащением явно кристаллического сырья с применением преимущественно флотационных технологий. Извлечение графитного углерода из явнокристаллического

сырья различного типа составляет 91–95% при содержании его в концентрате 96%. К вредным примесям в концентрате относят железо и серу.

Качество концентратов лимитируется ограничением по содержанию золы и гранулометрическому составу. Скрытокристаллический графит размалывается. При флотации чешуйчатых и полнокристаллических руд используются специальные собиратели – керосин и другие углеводороды, а также пенообразователи – сосновое масло, спиртовые. Используются также регуляторы – сода и щёлочи, депрессоры – крахмал, реагенты на основе декстрина. Иногда для улучшения селекции добавляют жидкое стекло. После флотации проводят мокрую классификацию. Затем – сушку, воздушную классификацию и гидрометаллургические операции. В конечном счете получают графит в немагнитном продукте.

Товарный продукт в зависимости от назначения содержит не более 0.5–22% золы, крупность его менее 0.2 мм. Вредные примеси в графите – алюминий, медь, марганец, хлор, зола.

13.4.6. Графитоносность Забайкалья.

В Забайкальском крае известно 9 месторождений и несколько десятков проявлений графита. Основная масса их приурочена к терригенно-карбонатным отложениям верхнего протерозоя Газимуро-Шилкинского междуречья (***Аркиинское, Сивачуканское, Шилкинское*** и др.). Здесь выделено два графитоносных узла – Сивачуканский и Аркиинский. Этот район является одним из самых перспективных в Восточной Сибири. Ряд интересных месторождений и проявлений графита открыт и на крайнем северо-востоке края в пределах Алданской графитоносной провинции (***Эбкачанское, Джемкунское*** и др.) среди гнейсовых толщ верхнего архея.

Графитовые кварцево-слюдистые сланцы в пределах Газимуро-Шилкинского междуречья образуют горизонты, прослои и пачки, прослеживающиеся по простиранию на несколько километров, мощностью от первых метров до 100 и более. Здесь известно 7 проявлений и месторождений. Они входят в состав

графит-кварц-серицитовых сланцев и кварцитов ерниченской свиты.

Сивачуканский графитоносный узел распространен на обоих бортах долины Шилки между устьями ее притоков – Ларги и Берея. В его пределах известно 7 проявлений графита. Все они приурочены к графит-кварц-серицитовым сланцам и кварцитам ерниченской свиты. Наиболее изучено ***Сивачуканское*** месторождение, расположенное на водоразделе рек Берея и Джарол. Средняя мощность графитоносных горизонтов здесь 85 м, максимальная – более 150 м. Содержания графита 5–30 %, среднее содержание углерода 6.64 %. Руды вкрапленные, кристаллические, чешуйчатые. По результатам лабораторно-технологических проб, проведенных во ВНИИгеолнеруде (г. Казань), установлено, что руда хорошо обогащается флотацией с получением высококачественных концентратов с содержанием графита 91–92 %. Прогнозные ресурсы графита проявления оцениваются в 40 млн. тонн.

Аркиинский графитоносный узел охватывает бассейны притоков реки Газимур от реки Аркия до реки Лугокан Заречный. Здесь выявлено 12 проявлений графита. Наиболее крупное из них – ***Аркиинское***. Оно представляет собою фрагмент продуктивной графитоносной толщи, прослеженной по простиранию на 10 км. Имеет мощность 500–600 м. Содержание графита 5–30% при содержании углерода 3.9–11.5%. Размер чешуек от 0.01 до 0.5–2.5 см, объемный вес 2.46 г/м^3. Прогнозные ресурсы графита 186 млн. т (по данным В.П.Федорова, 2002 г.).

Месторождения графита, расположенные на севере области (Каларский район), хотя несколько богаче по содержанию (8–10%), но значительно меньше по размерам. Прогнозные ресурсы Эбкачанского и Джемкунского месторождений в сумме составляют около 5.2 млн. т. Месторождения Забайкальского края не разведаны и поэтому на Госбалансе не числятся, хотя могут стать крупными объектами.

В Республике Бурятия находятся Ботогольское и Улурское месторождения графита.

Ботогольское месторождение приурочено к массиву нефелиновых сиенитов, залегающему среди метаморфических

сланцев и кристаллических известняков. Графит образует вкрапленность в нефелиновых сиенитах, гнезда и штоки. Основную практическую ценность представляют штоки и наиболее крупные графитовые тела, имеющие эллипсовидную и неправильную форму. Насчитывается 16 таких штоков и гнезд. Часть из них отработана. Наиболее крупными являются тела 2 и 8. Длина их по падению составляет 25–50 м. Среднее содержание углерода в кондиционных рудах тел 2 и 8 составляет 41.5 %, в телах 3, 5, 6 и 7 – от 33.2 до 54.8 %. На государственном балансе запасов по состоянию на 01.01.1990 года числится графитовой руды по категории $A+B+C_1$ – 21.5 тыс. т, с содержанием кристаллического углерода 44 %, забалансовых – 607 тыс. т, графита, соответственно, 9.7 и 174.7 тыс. т. Добыто с начала разработки – 109 тыс. т руды. По состоянию на 01.01.2007 года запасы категорий ABC_1+C_2 37 тыс. т, забалансовые запасы – 190 тыс. т, что составляет 0.1% запасов страны.

Товарная руда поставляется Кыштымскому графит-каолиновому комбинату, где обогащается методом флотации. Концентрат применяется для изготовления авиационных электрощеток.

Улурское месторождение представлено зонами сближенных линзо- и пластообразных тел графитовых руд в графитоносных кристаллических сланцах, известняках, кварцитах и гнейсах баргузинской свиты верхнего протерозоя. Выявлено 47 рудных тел мощностью от 0.3 до 28 м, объединенных в 4 зоны и прослеженных на 50–500 м. Содержание графитового углерода 14–59 %. Основные рудные тела имеют среднюю мощность 5–12 м и протяженность 165–500 м при среднем содержании графитового углерода около 30 %. Оруденение вкрапленное и прожилковое гидротермально-метасоматического типа. Графит мелкочешуйчатый (преобладающий размер чешуек 0,02 мм), отчасти крупнопластинчатый (до 0,3 мм). Руды легко обогатимы, дают малозольный (C^A – 4.2–4.38 %) концентрат с содержанием углерода 94.5 %, при выходе 98.3 %.

Запасы по категории C_2 составляют 1,99 млн. т. Прогнозные ресурсы категории P_1 – 378 тыс. т. В 1990 году проведена

технико-экономическая оценка: годовая производительность карьера 75 тыс. т, капвложения – 36.9 млн. руб., годовая прибыль – 12.4 млн. руб., рентабельность – 36.3 %. Несмотря на высокую рентабельность, препятствием для освоения месторождения является расположение его в первой охранной зоне Байкала (территория биосферного полигона Баргузинского заповедника). Запасы месторождения на Госбалансе по состоянию на 01.01.2007 года не числятся.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства графита?
2. Каковы промышленные типы месторождений графита?
3. Где и как используется графит?
4. Основные способы добычи и переработки руд бора.
5. Месторождения графита в Забайкалье.

Литература

Основная

Борзунов В.М. Графит – М.: Недра, 1976.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья // Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Романович И.Ф. Месторождения графита. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1982.

Тимесков В.А. Минеральное сырье. Графит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформарк», 1997.

Чечёткин В.С., Асосков В.М., Воронова Л.И. и др. Минеральные ресурсы Читинской области. – Чита: изд. Читагеолкома, 1997.

Дополнительная

Рогайлин М.И., Чалых Е.Ф. Справочник по углеграфитовым материалам. – Л.: Химия, 1974.

13.5. Кремнеземное сырье и жильный кварц.

13.5.1. Свойства.

К кремнеземному сырью относятся кварциты, кварцевые песчаники, жильный кварц, опоки, трепелы и кварцевые пески, то есть существенно кварцевые, реже – опаловые горные породы.

По химическому составу сырье состоит в основном из кремнезема. Физико-механические свойства сырья определяют огнеупорность, абразивность, флюсуемость, устойчивость к коррозии, характерна высокая прочность и твердость, химическая стойкость. Жильный кварц представляет собой существенно кварцевую горную породу.

Кремнезем токсичен (III–IV классы опасности). При содержании кремнезема в пылях более 70% $ПДК_{р.з}$ SiO_2 – 1.0 мг/м^3, $ПДК_{м.р}$ – 0.15, $ПДК_{с.с}$ – 0.05; при его содержании в пылях 70–20% $ПДК_{р.з}$ – 2.0, $ПДК_{м.р}$ – 0.3, $ПДК_{с.с}$ – 0.1; при содержании в пылях менее 20% $ПДК_{р.з}$ – 4.0, $ПДК_{м.р}$ – 0.5, $ПДК_{с.с}$ –0.15 мг/м^3. Работа в условиях высоких концентраций кремнеземной пыли приводит к профзаболеванию, называемому силикозом.

13.5.2. Распространенность и запасы.

Кремнезем является одним из самых распространенных твердых веществ. Содержание кварца в литосфере – около 13%. В магматических породах среднее содержание SiO_2 59.12%, содержание кварца (%) в горных породах кислого состава 20–35, среднего – до 5, в кварцитах – 95–99, кварцевых ядрах пегматитов – 90–99.5, телах гранулированного кварца и безрудных кварцевых жилах – 95–99.5%. Жильный кварц, пригодный для получения исходного материала для выращивания кристаллов кварца, широкого спектра кварцевых стекол, волокон-

ной техники других, мало распространен и месторождения его встречаются не часто.

13.5.3. Области применения.

Кремнеземное сырье используется во многих отраслях промышленности, в качестве гидравлических добавок в цементы, теплоизоляционной и строительной промышленности, в качестве фильтровых сорбентов. Используются для получения технического кремния – основного материала для полупроводниковой электроники, для интегральных схем, диодов, транзисторов, солнечных батарей, фотоприемников, для изготовления линз в инфракрасной технике. Используется в качестве катализаторов и носителей катализаторов в химических процессах (опока, диатомит и другие), наполнителей при производстве резины (диатомит, трепел), в абразивной промышленности (диатомит, кремень), для производства футеровки шаровых мельниц и изготовления мельничных шаров, лабораторных ступок и пестиков, подпятников весов и других точных приборов (кремень, халцедон). Кроме того, кремний используют в качестве легирующих добавок при производстве сталей и сплавов цветных металлов. Кремнеземное сырье широко применяют в огнеупорной промышленности в виде динаса, в металлургии – в качестве флюса, для производства силикосплавов, абразивов, стекла, керамики, карбида кремния, спецсплавов для обшивки космических кораблей. В промышленности широко используется ферросилиций. Мировое производство его – до 2 млн. т, кристаллического кремния – 800 тыс. тонн.

Жильный кварц в зависимости от чистоты используется для приготовления шихты, из которой выращивают кристаллы кварца с заданными свойствами, в том числе и ювелирного качества. Кроме того, он используется для плавки кварцевых стекол особой чистоты, используемых в качестве иллюминаторов космических кораблей, линз и других деталей оптической техники, в том числе и для астрофизических приборов для изучения космических и наземных тел на космических аппаратах.

13.5.4. Минеральный состав и типы руд.

Основные минералы, из которых состоят кермнеземные горные породы, – это кварц, кристобалит, тридимит, опал, халцедон, кварцин, маршаллит. Все эти минеральные образования по химическому составу соответствует формуле SiO_2.

Кварц – SiO_2 или $SiSiO_4$ содержит 46.6% Si. Имея формальную формулу оксида, кварц относится к каркасным силикатам, представляя собою кремниевую соль ортокремниевой кислоты. При этом один из кремниев как бы играет роль катиона, так же, как в магнетите двухвалентное железо является катионом, а трёхвалентное – основой железной кислоты, железную соль которой и являет собой магнетит, имеющий структуру шпинели. Проекции схем структур α- и β-кварца на горизонтальную плоскость представлены на рис.13.7. Кремний может изоморфно замещаться на Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{3+}, Ti^{3+}, Ge. При этом в качестве компенсаторов зарядов в структуру входят Na, Li, H, располагаясь в междоузлиях в структурных каналах диаметром до 0.2 нм, которые образуют налегающие друг на друга тригональные кольца кремнекислородных тетраэдров, формирующих своеобразные трубы (см. рис.13.7). Кристалл кварца представляет собой каркас этих сочлененных труб. Могут быть также примеси вольфрама, тантала, фосфора, мышьяка и висмута, замещающие кремний. В кварце почти всегда присутствует группа OH_x, также располагающаяся в каналах. Сумма структурных примесей обычно не превышает 0.1%. Среди неструктурных примесей наблюдаются те же элементы, а также некоторые халькофилы. Кроме кварца, кремнеземное сырье содержит кристобалит и тридимит – полиморфные модификации кварца, содержащие те же примеси.

Важной составляющей частью кремнеземных горных пород является халцедон. Он представляет собою скрытокристаллическую разность агрегатов кварца, содержит 97–99% SiO_2, 1–1.5% H_2O и другие примеси (Fe, Al) и в связи с этим может содержать до 3% тех же примесей, что и явнокристаллический кварц. В халцедонах как примесь присутствует

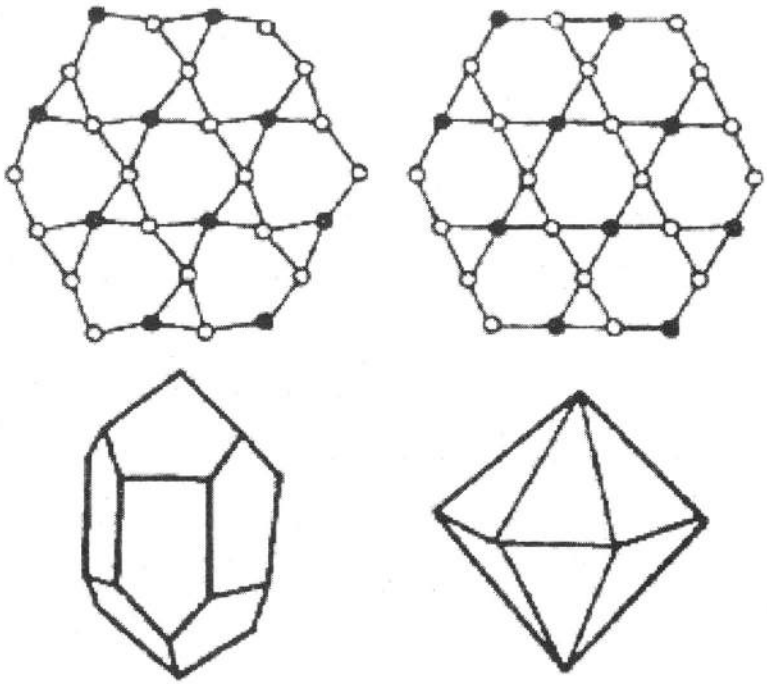


Рис.13.7. Схемы структур и облика кристаллов α- и β-кварца, соответственно, левая и правая части рисунка.

в разных количествах кварцин, представляющий собою разновидность кварца с иной оптической ориентировкой.

К числу минералов кремнезема, слагающих кремнеземистое сырье, относится и опал ($SiO_2 \cdot n\ H_2O$, SiO_2 – 80–99%, H_2O – 1–20%). Он содержит кроме воды также примеси Fe, Ca, Al, K, Na и др.

Опал – главная часть многих неметаморфизованных кремнистых горных пород: опок, трепелов, диатомитов, радиоляритов, спекуляритов, пеликанитов, гейзеритов и опалитов. Метаморфизованные осадочные кремнеземные горные породы обычно представлены разного состава яшмами, кварцитами.

Основным компонентом осадочного кремнезема является α-кристобалит, относящийся к низкотемпературной, тетрагональной модификации. Он входит в состав опалов, трепелов, опок, диатомитов; сюда же входит и α-тридимит, низкотемпературная ромбическая модификация тридимита, устойчивая до 117°С и β_1-тридимит также низкотемпературный, устойчивый между 117–163°С. Они содержат до 95–97% SiO_2. К кремнеземному сырью относят также маршаллиты или пылевидные кварцы, горную муку и другие, являющиеся землистыми разностями кварцевых горных пород, состоящих из мельчайших угловатых обломков кварца (0,004–0,024 мм).

Месторождения кремнеземного сырья широко распространены во многих странах. Основные производители сырья – Россия, Украина, Корея, Турция, Казахстан, Испания, Норвегия, Бразилия, Китай.

Промышленные типы месторождений – морской, метаморфогенный, метасоматический, пегматитовый, гидротермальный. Наибольшее значение имеют первые два типа.

По запасам (тыс. м^3) месторождения кремнеземного сырья подразделяют на крупные – сотни, средние – десятки, мелкие – единицы.

Промышленное сырье – опоки, трепелы, кварцевые песчаники, кварциты, жильный кварц.

Среднее содержание SiO_2 в кремнеземном сырье 95–99%.

13.5.5. Добыча и переработка сырья.

Месторождения разрабатывают открытым способом.

Промышленная переработка сырья включает дробление, промывку, фракционирование по крупности, иногда магнитную сепарацию.

Товарные продукты представлены кварцитом, песком кварцевым, молотым песчаником, жильным кварцем. Содержание в них SiO_2 составляет 85–99%. Вредные примеси – $Fe_{мер}$, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO. Кроме химического состава, товарные продукты нормируют по гранулометрическому составу.

Технический кремний из кварцитов получают восстановлением SiO_2 коксом; полупроводниковый – восстановлением водородом $SiCl_4$ или $SiHCl_3$, разложением SiH_4. Монокристаллы выращивают методом бестигельной зонной плавки и вытягиванием из расплава (метод Чохральского).

13.5.6. Месторождения кремнистых пород в Забайкалье.

Жильный кварц для производства прозрачного кварцевого стекла должен содержать не более (г/т): 88 суммы примесей – 1 сорт, 100 – 2 сорт, 140 – 3 сорт и 224 – 4 сорт. При этом общая сумма минеральных примесей не должна быть более 0.0051%.

Наиболее важным, ценным и дефицитным кремнеземистым сырьем является жильный кварц, пригодный для варки кварцевого стекла (ОЧС).

На балансе страны числятся запасы кремнеземного сырья двух видов: прозрачного раскристаллизованного и гранулированного кварца для плавки и молочно-белого кварца для оптического стекловарения. По данным Ю.А. Шесткова и И.С. Тигетовой (2004), они находятся в месторождениях Южного и Приполярного Урала и в Южной Якутии. Запасы прозрачного, раскристаллизованного кварца составляют (млн. т) более 1.6, а гранулированного – около 3.0. Часть запасов гранулированного кварца приходится на Прибайкальскую провинцию. Молочно-белый кварц находится в основном на Южном Урале и в Карелии, частью в Приполярном Урале. Общие запасы их, по тем же авторам, находятся на уровне первого десятка миллионов тонн. 31.8% запасов и ресурсов кварцевого сырья для плавки (плавочного) сосредоточены в Иркутской области (Турашева, 2004).

Промышленные месторождения кварцитов и гранулированного кварца в Забайкалье с числящимися на Госбалансе запасами находятся в Республике Бурятия. Наиболее крупным и технологичным является **Чулбонское** месторождение грану-

лированного кварца. Оно расположено в Северо-Байкальском районе Республики Бурятия, в верховьях реки Намама. Открыто 17 августа 1979 года начальником Верхне-Няндонинской партии Центральной геологической экспедиции БГУ В.К. Хрусталевым, по материалам которого оно приводится в данной работе [Хрусталев и др., 2005].

Чулбонское месторождение представляет собой субсогласное линзообразное кварцевое тело северо-восточного простирания в карбонатных породах баргузинской свиты верхнего протерозоя. Протяженность его – 1000 м, мощность 150–400 м. Содержание двуокиси кремния находится в пределах (%) 99.93 – 99.99. Кварцевая крупка из гранулированного кварца соответствует ТУ-41-91-205-76 и пригодна для производства оптического стекла и других специальных стекол.

Прибайкальской партией ПГО «Байкалкварцсамоцветы» проведена предварительная разведка месторождения на участках Северном и Южном. Выявлено несколько субпараллельных кварцевых жил длиной от 30–40 м до 220 м и мощностью от 0.5 м до 10–12 м, прослеженных на глубину 40–50 м. Содержание кремнезема в рудоразборном кварце 99.8 %, коэффициент светопропускания 30-60 %, содержание примесей – первые сотые и тысячные доли процентов. Кварцевая крупка, полученная из кварца этого месторождения, по ТУ-41-07-008-82 относится ко второму-третьему сортам. Подсчитаны запасы категории C_1+C_2 в количестве около 759 тыс. т, ресурсы категории P_1 – 50 тыс. тонн. Попутно произведена опытная эксплуатация месторождения с технологическими испытаниями в ПО «Светотехника» (г. Саранск) ежегодно около 400 т кускового кварца. Кварц пригоден для использования в светотехнической промышленности при производстве люминесцентных, галогенных и других ламп. Кварцевое стекло, полученное из кускового кварца, обладает хорошими физико-химическими свойствами, устойчиво к самопроизвольной кристаллизации. Оно составляет основу технологии изготовления кварцевых труб. Объединение ПО «Светотехника» после успешного внедрения нового технологического процесса с использованием кварца Чулбонского месторождения отказалось от покупки импортных кварцевых

труб у японской фирмы «Тосибо керамик». Кусковый кварц с Северного участка наиболее высокого качества удовлетворяет требованиям первого сорта ТУ-21-РСФСР-790 и высшего сорта ТУ-41-07-008-82. В Иркутском филиале ВАМИ проведены успешные исследования семи проб кварца на монокремний для солнечных батарей и для волоконно-оптической связи.

На базе месторождения действует Чулбонское горно-обогатительное предприятие, целью которого является строительство в поселке Новый Уоян завода по выпуску кварцевой крупки.

Чулбонское месторождение является уникальным по запасам и качеству кварца, единственным на территории Сибири и Дальнего Востока и составит основу уникальной и новой в Бурятии промышленной отрасли, оперативное развитие которой экономически целесообразно.

Вторым крупным объектом кремнеземного сырья является ***Черемшанское*** месторождение кварцитов, расположенное в Прибайкальском районе Республики Бурятия, в 60 км от г. Улан-Удэ и в 40 км от станции Татаурово Восточно-Сибирской железной дороги. Описание его дается по материалам В.К. Хрусталева (2009 г.) Оно представлено единым протяженным (более 10 км) пластом белых мономинеральных кварцитов мощностью от 30 до 50 м. Белые, желто-белые кварциты состоят из зерен кварца (99.2 % свободного кремнезема), не имеющих газово-жидких и минеральных включений. Вредные примеси (0.7–1.0 %) представлены гидроксидами железа, которые легко удаляются при обогащении сырья.

По вещественному составу, минералого-текстурным особенностям и физическим параметрам кварциты относятся практически к единому технологическому типу, удовлетворяющему требования промышленности для производства технического кремния, карбида кремния и ферросилиция. Производится изучение возможности использования наиболее чистых разновидностей кварцитов для наплава однокомпонентного кварцевого стекла, получения высокочистого кремния для солнечной энергетики, а также выращивания монокристаллов пьезокварца.

Запасы кварцитов в контуре карьера первой очереди по состоянию на 01.01.2001 года составляют 14.2 млн. т (категорий $B+C_1$), которые при производительности около 150 тыс. т в год обеспечивают практически неограниченный срок функционирования предприятия. Разведанные запасы участка № 2 Черемшанского месторождения находятся на стадии эксплуатации. На очереди – освоение запасов кварцита участка № 1, проект добычи которого находится на стадии прохождения оценки воздействия на окружающую среду.

По результатам современной системной прогнозной оценки Черемшанское рудное поле в целом представляется также перспективным на выявление промышленных месторождений цветных (свинец, цинк, молибден и вольфрам) и благородных металлов.

В общем балансе запасов кварцевого сырья Забайкальский край не значится. Но причина этого заключается не в отсутствии месторождений, а в недостаточной изученности территории на это сырье. В крае известно множество толщ кварцитов в Могочинской, Никиткинской и ряде других метаморфогенных серий, еще плохо изученных. Крупные поля безрудных кварцевых жил известны в Каларском районе.

Наиболее крупным объектом кремнеземного сырья из разведанных является месторождение Кварцевая Гора в бассейне реки Баляга Петровск-Забайкальского района. Здесь разбурено крупное тело чистых кварцевых пород Кварцевой сопки. Кварц однороден и его содержание составляет 91.38–98.78%, Al_2O_3+ Fe_2O – в среднем составляет (в %) 0.68, CaO – 0.26 и MgO – 0.12. Запасы A_2+B+C_1 = 526 тыс. т. Может быть использован для производства стекла, динаса и другой продукции.

Специальные исследования жильного кварца на Ундинской площади (низовья правобережья реки Унда), проведенные в 1977–1979 годах А.Г. Малышевым и В.М. Мишенко, показали, что содержание элементов-примесей в наиболее чистых его разностях находится в пределах 95–135 г/т. Это позволяет относить их ко вторым-третьим сортам кварца для производства чистого стекла.

Они выделили два перспективных на высокочистый кварц региона в Забайкалье: а) Борщовочное поднятие на участках

развития метаморфических толщ кулиндинской свиты и б) в междуречье рек Чикой и Менза. А.Г. Малышев и В.М. Мишенко выделили также ряд площадей для проведения крупномасштабных поисково-оценочных работ. К ним относятся Пешковское месторождение золота и шеелита, локализованное в поле гранулированного кварца, участок правобережье реки Унда в ее нижнем течении, Новодурулгуевское проявление, Воскресенское золоторудное поле в бассейне реки Чикой и Новопавловское в Малханском хребте и участок Дагибныд в бассейне реки Кыра. Ресурсы жильного кварца на некоторых из них, по А.Г. Малышеву, составляют десятки и сотни тысяч тонн. В связи с высокой радиационной устойчивостью некоторых разностей прозрачного и гранулированного кварца они могут быть сырьем для производства радиационно-устойчивого кварцевого стекла.

Согласно сводке Л.И. Яловик и А.В. Татаринова (2004), жильный метаморфогенный гранулированный кварц проявлен в трех из пяти минерагенических поясов Забайкалья. На севере это Токкинское поле гранулированного кварца в Олондинском зеленосланцевом поясе. Здесь на площади 3 км^2 выявлено 6 жил гранулированного кварца. Вторая зона развития жильного гранулированного кварца приурочена к Борщовочному разлому, ограничивающему одноименный гнейсо-гранитный купол от Ундинской депрессии. На трех участках известно 30 кварцевых жил. По данным указанных авторов, кварц семи из них не содержит минеральных примесей.

На площади Мало-Кулиндинского пегматитового поля известно [Яловик, Татаринов, 2004] до 20 жил гранулированного кварца. Средняя длина жил – до 25 м, средняя мощность – до 1,5 м. Суммарная концентрация примесей в кварце составляет менее 20 г/т, что позволяет считать его пригодным для плавки. Эти авторы приводят сведения о том, что опытная плавка технологической пробы гранулированного кварца Мало-Кулиндинского поля массой 2700 кг показала хорошие результаты.

В Балейском районе в окрестностях села Джида в западном обрамлении Борщовочного хребта известно поле кварцевых жил, содержащих до 96–99.5% SiO_2. Нами совместно с А.Х. Мухамедшиным в 1992 году изучен кварц из жил Джидин-

ского поля. Концентрации элементов-примесей по небольшой выборке (около 50 проб) оказались значительно ниже и составили более 30–100 г/т. Но изучена была лишь незначительная часть жил, и есть все основания предполагать присутствие объектов с кондиционным кварцем. Кроме того, очистка кварца с получением кондиционных концентратов вполне возможна.

Известны также выходы гранулированного кварца в пределах Яблонового хребта и в междуречье Шилки и Аргуни.

Анализ всех имеющихся данных (Малышев, Тишенко, 1978 г.; Малышев, 1987; Мельников, 1988; Воробьев, 2003; Татаринов, Яловик, 2004; Быдтаева и др., 2004) позволяют выделить крупную Забайкальскую кварценосную провинцию, включающую ряд перспективных районов гранулированного кварца. Среди них – Олондинский и Мало-Кулиндинский (Татаринов, Яловик, 2004), Патомский и Борщовочный (Малышев, 1987) и Гарганский (Воробьев и др., 2003; Быдтаева и др., 2004), Яблоново-Становой и Чикойский.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства кремнеземного сырья?
2. Какие минералы входят в состав кремнеземного сырья?
3. Каковы промышленные типы месторождений кремнеземного сырья?
4. Где и как используется кремнеземное сырье?
5. Основные способы добычи и переработки кремнеземного сырья.
6. Месторождения кремнеземного сырья в Забайкалье.

Литература

Основная

Строганова Л.И. Минеральное сырье. Кремнеземное сырье / Справочник. –М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Хрусталев В.К. К истории открытия Чулбонского месторождения // Научно-практическая конференция «Проблемы геологии, минеральных ресурсов и геоэкологии Западного Забайкалья». – Улан-Удэ, 2007. – С.19–20.

Хрусталев В.К., Хрусталева А.В. К проблеме комплексной переработки кварцитов Черемшанского месторождения (Западное Забайкалье) // Современные проблемы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья. Материалы международного совещания (Плаксинские чтения – 2005.) . – СПб., 2005. – С. 389–391.

Дополнительная

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. – М.: Недра, 1984.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

13.6. Криолит.

13.6.1. Свойства.

Криолит ($Na_3(AlF_6)$), содержит (%): 12.8 Al, 32.9 Na, 54.3 F, минерал, образует кристаллические агрегаты, редко ограненные кристаллы. Сингония моноклинная, цвет белый, серый, бурый до черного, бесцветный, блеск стеклянный, излом неровный, спайность совершенная, хрупкий. Растворяется в HCl, HNO_3, H_2SO_4 и щелочах. Легко подвергается выветриванию с образованием полостей выщелачивания во вмещающих горных породах.

Экологическую опасность криолита определяет высокотоксичный фтор (I класс опасности). $ПДК_{м.р}$ солей фтора – 0.02–0.03 мг/м^3; $ПДК_{в}$ – 0.01–0.03 мг/м^3; $ПДК_{в}$ – 1.5 мг/л; $ПДК_{в.р}$ – 0.05.

13.6.2. Распространенность и запасы.

Криолит относится к довольно распространенным минералам. Как акцессорный минерал щелочных гранитов, где в связи с недостатком кремнезема и избытком алюминия он занимает место топаза, полевошпатовых альбит-рибекитовых метасоматитов, он ассоциирует с минералами тантала и ниобия, циркония и редких земель. Известен он также в карбонатитах, некоторых месторождениях олова и вольфрама. В связи с неустойчивостью в щелочных условиях (выщелачивается при pH 11) легко замещается другими фторалюминатами: ральстонитом, томсенолитом и другими. Мировые общие запасы криолита – первые десятки миллионов тонн, подтвержденные – 1.5 млн. т. Основная масса их находится в Гренландии в месторождении Иивигтут. В связи с огромной потребностью в криолите промышленности по производству алюминия его, в основном, получают искусственно.

13.6.3. Области применения.

Области применения – производство алюминия (основная), молочного стекла, эмалей, глазури, люминофоров. Используется так же, как эффективный инсектицид, наполнитель и катализатор. При электролитическом получении алюминия криолит используется в комплексе с фтористым литием.

13.6.4. Промышленные типы руд.

Промышленные типы месторождений – собственно криолитовый и комплексный криолит-редкометалльный. В Забайкалье – комплексный криолит-редкометалльно-редкоземельный.

13.6.5. Добыча и переработка руд.

Месторождения удовлетворяют условиям открытой, подземной и комбинированной разработок. Подготовку руд к

переделу производят обогащением с применением гравитационных, магнитных и флотационных процессов, химической доводки.

Извлечение фтора из сырья различного типа составляет до 97% при содержании его в концентрате 50–60%.

При обогащении руд комплексного состава попутно получают тантал-ниобиевые, редкоземельные и цирконовые концентраты. Извлечение сопутствующих элементов составляет около 75%.

Криолитовые концентраты перерабатывают электрометаллургическим способом в общей алюминиевой шихте.

13.6.6. Сырьевая база криолита в Забайкалье.

На севере Забайкальского края находится единственное в России и второе в мире Катугинское редкометалльно-редкоземельно-криолитовое месторождение. Описание его – см. разделы 9.4.2, 9.13.6, 9.16.6 и 9.17.6 (Книга 3). Содержание криолита в рудах составляет в среднем 2.3%. В результате обогащения руд, как показали технологические испытания, выполненные в ПГО «Читагеология» и ВИМСе, можно получать криолитовый концентрат с содержанием криолита 33.36%. Запасы криолита могут составить порядка 17 млн. т, а годовая производительность – около 70 тыс. т, что в значительной мере может удовлетворить потребность алюминиевой промышленности страны.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства криолита?
2. Каковы промышленные типы месторождений криолита?
3. Где и как используется криолит?
4. Основные способы добычи и переработки криолита.
5. Месторождения криолита в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологическое строение и полезные ископаемые Читинского участка зоны БАМ (Аналитический обзор) / Научные редакторы В.С. Чечеткин, Ю.Ф. Харитонов. – Чита, 2002.

Кудрин В.С., Архангельская В.В. Минеральное сырье. Криолит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Удоканское медное, Катугинское редкометалльное месторождения Читинской области России / В.В. Архангельская, Ю.В. Быков, Р.Н. Володин и др. – Чита, 2004.

Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: учебное пособие. Ч.I.Книга 2. Редкие элементы. – Чита: Поиск, 2008.

Дополнительная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Юргенсон Г.А. Радуга в колеснице. – Иркутск: Иркутское книжн. изд-во, 1990.

13.7. Мышьяк.

13.7.1. Свойства.

Мышьяк (As, V, 33), неметалл серый, мягкий, хрупкий; проявляет амфотерные свойства, халькофильный, устойчивые валентности 3^-, 3^+, 5^+.

Плотность 5780 кг/м^3; твердость по шкале Мооса 3,5; температура плавления 817°С, кипения – 616; теплопроводность 50 Вт/(м·К); удельное электрическое сопротивление $26 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; удельная магнитная восприимчивость $-9.17 \cdot 10^{-10}$ м^3/кг; температурный коэффициент линейного расширения $4.7 \cdot 10^{-6}$ К$^{-1}$. Обладает четко выраженными металлическими свойствами. С серой образует сульфиды, нерастворимые в воде и кислотах.

Мышьяк – высокотоксичный (I–II классы опасности), но физиологически активный элемент. Содержание его в организме человека сопоставимо с таковым йода и других жизненно важных ультрамикроэлементов. ПДК$_{р.з}$ арсина – 0.1 мг/м^3, оксидов – 0.3, ПДК$_{м.р}$ As – 0.1; ПДК$_{с.с}$ As – 0.003 мг/м^3; ПДК$_{в}$ As – 0.03 мг/л; ПДК$_{в.р}$ As 0.01, ПДК в пахотном слое 2 мг/кг As. Известен был еще в Древнем Египте, где использовался для получения красок, лекарств и ядов. Установлено, что иммунодепрессивное состояние может вызывать арсенид галлия, избыточное потребление мышьяксодержащих веществ может негативно воздействовать на кроветворную систему, вызывать нейротоксическое действие. Неорганические соединения мышьяка могут влиять на состояние периферических кровеносных сосудов.

13.7.2. Распространенность и запасы.

Кларк мышьяка земной коры 1,7 г/т. Средние его содержания в горных породах главных типов (г/т): ультраосновных – 0.5, основных – 2, средних – 2.4, кислых – 1.5, осадочных (глинах и сланцах) – 6.6. Естественное содержание в почвах 5.0–10.0 г/т. Среднее фоновое содержание в аэрозолях в 1970-е – 1980-е годы составляло (нг/м^3): от 0.01–0.8 в полярных областях до 0.59–2.2 в Азии. Содержание в гидросфере от 0.15 до 10.0 мкг/дм^3. Содержание мышьяка в растениях, произрастающих на незагрязненных почвах, составляет 0.01 – 5.0 г/т сухой массы [Копылов, Каминский, 2004], а на почвах геохимических аномалий – по нашим данным [Гудкова и др., 2006] от (мг/кг) 4.65 до 64.40 при содержаниях в почвах от 290 до 3200. Содержание мышьяка в растениях не зависит от валового его содержания в почвах [Юргенсон и др., 2009].

Мировые запасы мышьяка оценивают в несколько миллионов тонн, мировое производство – десятки тысяч тонн As_2O_3 в год. Наиболее крупные производители – США и Швеция. Общие запасы мышьяка в России по состоянию на 01.01.2007 года составляют 396.3 тыс. т. [Богатства недр...].

13.7.3. Области использования.

Мышьяк применяют в металлургии для производства бронз, латуней, типографских сплавов. Арсениды галлия и индия используют в электронике в качестве полупроводников, лазерной оптике, а также для изготовления сверхпроводников. Арсенаты применяют для производства пъезо- и сегнетоэлектриков и компонентов люминофоров. Органические соединения мышьяка применяют как лекарство. В сельском хозяйстве используют как отравляющие вещества. Кроме того, соединения мышьяка входят в состав боевых отравляющих веществ.

13.7.4. Минеральный состав и типы руд.

Известно около 370 минералов мышьяка. Среди них преобладают арсенаты, сульфоарсенаты, интерметаллиды, сульфиды. Промышленное значение имеют четыре минерала: арсенопирит (FeAsS, 34.3% Fe, 46% As, 19.7% S), теннантит ($Cu_{12}As_4S_{13}$, 51.4% Cu, 20.6% As, 28.0% S, примеси Zn, Fe, Ag – до 3%), аурипигмент (As_2S_3, 60.9% As и 39.1% S, примеси Sb, Se, Fe), реальгар (As_4S_4, 70.1% As и 29.9% S).

Промышленные типы месторождений – скарново-гидротермальный (среднетемпературный), гидротермальный (среднетемпературный), гидротермально-телетеральный (низкотемпературный). Наибольшее значение имеет последний тип. В Забайкалье – второй тип, также золото-кварцевосульфидный.

По запасам As_2O_3 (тыс. т) месторождения мышьяка подразделяются на крупные – сотни, средние – десятки, мелкие – единицы.

Промышленные руды – арсенопиритовые, теннантитовые, реальгар-аурипигментные, самородито-мышьяковые, скородитовые. В Забайкалье – золото-кварцево-пирит-арсенопиритовые, галенит-сфалерит-пирит-арсенопиритовые.

По содержанию As (%) руды подразделяют на богатые – более 10, средние – 10–1, бедные – 1.0–0.01. Минимально промышленное содержание мышьяка в его рудах 2%. Но обычно разрабатываются более богатые руды с содержанием мышьяка 5–10%.

13.7.5. Способы добычи и переработки руд.

Месторождения разрабатывают подземным способом. Часто арсенопирит извлекается в отдельный концентрат, либо золото-арсенопиритовый.

Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатых руд и обогащением бедного сырья с применением флотационной и гравитационной технологий. Извлечение мышьяка из руд различных типов составляет 82–92% при содержании его в концентрате до 40%.

При обогащении руд комплексного состава попутно получают полиметаллические и золотосодержащие концентраты. Богатые руды и концентраты перерабатывают окислительным обжигом. Металлический мышьяк получают восстановлением As_2O_3, углём. As_2O_3 получают окислительным обжигом мышьяковых руд или как побочный продукт обжига сульфидных, в том числе полиметаллических руд, почти всегда содержащих то или иное количество мышьяка. Сырую трёхокись мышьяка очищают возгонкой при температуре 500–600°С и используют для производства мышьяка и его соединений. Бедные руды обогащают флотацией.

Мышьяк получают также как попутный продукт из газов при отжиге и металлургическом переделе сульфидных руд других металлов. Содержание в As_2O_3 элементного мышьяка достигает 95%.

Товарный продукт должен содержать As_2O_3 90–95%, а после рафинирования более 97%.

13.7.6. Месторождения мышьяка.

Забайкалье относится к мышьяковоносным провинциям. Основная масса месторождений и проявлений мышьяка сконцентрирована в золото-молибденовом и полиметаллическом минерагенических поясах Восточного Забайкалья. Он образует как собственные месторождения, так и входит в состав руд полиметаллических и золоторудных месторождений. Высокие его концентрации типичны для месторождений золото-суль-

фидно-кварцевой, золото-кварцево-сульфидной, олово-полиметаллической и ново-широкинского типа полиметаллической рудных формаций. Основным минералом – носителем мышьяка в месторождениях Забайкалья является арсенопирит. К другим, промышленно менее важным концентраторам мышьяка, относятся блеклые руды (теннантит) и скородит.

На Госбалансе России числятся запасы мышьяка по четырем месторождениям, находящимся в Забайкальском крае. Это Дарасунское золото-кварцево-сульфидное, описанное в Книге 3 настоящего учебного пособия, крупнейшее в стране Октябрьское месторождение в Приаргунье, Гурулевское и Центральное. Во всех этих месторождениях наряду с мышьяком присутствует свинцово-цинковое оруденение. Основные запасы мышьяка страны находятся в Забайкальском крае – 67.2% категорий $АВС_1$ и 30.4% $С_2$. Практически все золото-мышьяковые месторождения находятся в Забайкальском крае. Это Дарасунское, Сосновское, Гурулевское, Казаковское, Итакинское. В трех первых заключено 25% разведанных запасов мышьяка и столько же оцененных.

Дарасунское месторождение золото-мышьяковых руд входит в 5 месторождений страны, обеспечивающих 69.8% разведанных запасов Российской Федерации. Запасы мышьяка в рудах этого месторождения составляют 12.5 % общероссийских и по категориям составляют (т): $АВС_1$ 28162, $С_2$ 21247, $АВС_1 + С_2$ 49409, забалансовые запасы – 31896.

Сто процентов добычи мышьяка обеспечивали два месторождения – Дарасунское и Фестивальное в Приморье. В 2006 году добыто (изъято из недр) 1804 т мышьяка, но он не извлекался и потерян в хвостах обогатительных фабрик. С рудами Дарасунского месторождения в 2006 году извлечено из недр 348 т мышьяка, или 19.3% его добычи в РФ.

Крупнейшим в России является ***Октябрьское*** месторождение мышьяка. Оно расположено в Калганском районе Забайкальского края, в 10 км к юго-западу от бывшей станицы Покровка, в 19.7 км к юго-востоку от села Калга, в 4 км к югу от поселка Запокровский, в 49.5 км к северу от железнодорожной станции Приаргунск, в 19 км к юго-западу от руд-

ника Кадая. Открыто в 1951 году Запокровско-Гурулевским рудоуправлением. В 1951–1957 годах разведывалось. Входит в состав Шахтаминского рудного района. Локализовано в скарнированных известняках быстринской свиты нижнего кембрия, контактирующих с разнообразными слюдистыми сланцами алтачинской свиты кембрия. Эти горные породы прорваны диоритами и гранодиоритами Запокровского массива, гранит-порфирами, гранодиорит-порфирами, лампрофирами шахтаминского интрузивного комплекса. Оруденение приурочено к мощной зоне скалывания северо-западного простирания. В пределах месторождения выделена Главная рудная зона пластообразной формы северо-западного простирания длиной 350–600 м, в среднем – 428 м, мощностью 238–624 м, в среднем – 419 м. Первичные пирит-арсенопиритовые руды вкрапленные, полосчатые и массивные. Главные минералы руд – арсенопирит, пирит, пирротин, марказит, второстепенные – халькопирит, сфалерит, галенит, буланжерит. Редко встречаются висмутин, самородный висмут, шеелит, манганит, магнетит, самородное золото. Зона окисления сложена охрами и интенсивно обохренными обломками пород. Мышьяк в ней представлен арсенопиритом и скородитом. Он распределен здесь крайне неравномерно, содержание не превышает 4–5 %. Зона окисления достигает глубины 10–15 м. Руды содержат (в %) мышьяк (3.71–7.43), висмут (0.025–0.76, среднее 0.058), цинк (0.01–0.36, среднее 0.03), свинец (0.02–0.68, среднее 0.16), медь (0.01–0.18, среднее 0.09), серебро. Запасы мышьяка (т) по категориям $АВС_1+С_2$ 58031, $С_2$ 15238, $АВС_1+С_2$ 73289, что составляет 18.4% запасов РФ. Кроме мышьяка числится 5 т золота.

Гурулевское месторождение мышьяка расположено в Калганском районе, в 65 км к юго-западу от бывшей станицы Покровка, в 15.7 км к юго-востоку от села Калга и в 45 км к северу от железнодорожной станции Приаргунск. Известно с 1786 года как полиметаллическое и эксплуатировалось до 1829 года, когда было добыто 1272 т убогих руд. Разведано в 1928–1941 годах. В описании месторождения использованы данные И.Р. Заворотных (1998 г.). Находится в поле взаимо-

действия доломитизированных известняков и внедренных в них гранодиоритов. Рудные тела залегают преимущественно среди доломитизированных известняков быстринской свиты и продуктов их переработки при контактовом метаморфизме. Промышленные рудные тела жилы Главная, Малая, Косая, Широкая имеют северо-западное простирание и протяженность по простиранию в среднем 80–300 м и по падению 100–330 м при мощности 0.48–0.90 м. Глубина зоны окисления 30–50 м. Окисленные руды — золотомышьяковые и состоят из кварца, лимонита, скородита, талька, ярозита, остаточного галенита, арсенопирита, церуссита. Первичные руды вкрапленные, массивные. Главный рудный минерал — арсенопирит, тесно ассоциирующий с пиритом и кварцем. Содержание его 10–85 %. В руде также присутствуют (%): сера – до 28.4, олово со средним содержанием – 0.006, свинец — 0.46 , цинк — 0.26, медь — 0.21, золото — 2.7 г/т, серебро — 17.5 г/т. Содержание мышьяка составляет 3.25–8.46 %. В 1938–1940 годах добыто 13 тыс. т руды и 700 т мышьяка. С 1941 года месторождение находится на мокрой консервации из-за отсутствия потребителей. Числятся промышленные запасы золота и мышьяка. Запасы последнего составляют (т) по категориям: $АВС_1$ 18980, $С_2$ 21070, $АВС_1 + С_2$ 40050. Забалансовые – 490 т, что составляет 10.1 % общероссийских запасов.

На Госбалансе числятся также запасы мышьяка по Центральному мышьяково-полиметаллическому месторождению в Приаргунье. Они составляют по категориям $АВС_1$ 9580 т. Доля в общероссийских запасах 2.4%.

Одним из давно известных, отрабатывавшимся с 1764 по 1849 год как серебро-свинцовое, является комплексное мышьяково-полиметаллическое месторождение ***Запокровское***. Оно расположено в Калганском районе Забайкальского края, в 6 км к юго-западу от бывшей станицы Покровка, в 45,5 км к северу от железнодорожной станции Приаргунск. В дореволюционный период разрабатывалось управлением Нерчинских рудников. Вновь обнаружено в 1927 году при геологической съемке Покровского месторождения геологом Е.А. Пресняковым. В 1929–1931годах разведано Приаргунской мышьяковой партией и названо Запокровским. Эксплуатировалось с 1933 по

1957 год. Локализовано в известняках и доломитизированных известняках быстринской свиты. Известно 7 рудных тел жилообразной формы протяженностью по простиранию 85–290 м, средней мощностью 0.36–1.22 м. Минеральный состав руд: арсенопирит, пирротин, пирит, буланжерит, халькопирит, галенит, сфалерит, магнетит, реже встречаются висмутин, касситерит, аргенитит, блеклая руда; нерудные представлены кварцем, карбонатами, хлоритом, тальком, актинолитом, серпентином. Арсенопирит составляет 50–70 % руды и находится в виде крупных, хорошо ограненных кристаллов размером 5–10 мм. Выделено два типа руды: кварцево-арсенопиритовый и пиритово-пирротиновый. С 1941 по 1957 год добыто 195.5 тыс. т руды. В руде также содержатся Au, Ag, Sn, Zn, Fe, S. Запасы мышьяка по этому месторождению на Госбалансе не числятся.

Кроме описанных собственно мышьяковых месторождений, запасами этого элемента, которые можно извлечь попутно, обладают Верхнеалиинское, Среднеголготайское, Казаковское, Итакинское и другие месторождения золото-сульфидно-кварцевых руд, Новоширокинское – золото-полиметалличесских руд, Шерловогорское – олово-полиметаллических руд и другие.

По состоянию на 01.01.2006 года запасы мышьяка в Забайкальском края составляют 188 228 т, минерально-сырьевой потенциал – 9561 млн. руб. [Трубачев, 2007].

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства мышьяка?
2. Каковы основные минералы и промышленные типы месторождений мышьяка?
3. Где и как используется мышьяк?
4. Основные способы добычи и переработки руд мышьяка.
5. Месторождения мышьяка в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Федорчук В.П. Минеральное сырье. Мышьяк / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998

Дополнительная

Биогеохимические исследования в районе Шерловогорского рудного района / О.В. Гудкова, Г.А. Юргенсон, М.А. Солодухина и др. //Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Труды I Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и VII Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана « Современное минералообразование». 7–10 ноября 2006 г., г. Чита, Россия. – Чита: «Экспресс-издательство», 2006. – С. 114–118.

Копылов Н.И., Каминский Ю.Д. Мышьяк. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2004.

Федорчук В.П. Экспертная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. – М.: Недра, 1991.

13.8.Магнезит.

13.8.1. Свойства.

Магнезит ($MgCO_3$), минерал или мономинеральная горная порода, образует кристаллические и пелитоморфные массы, слагающие горную породу одноименного названия, Mg – 28.5%, MgO – 47,6%, Ca – 52,4%, CO_2 – 52.4%.

Сингония тригональная, цвет белый, серый, желтоватый, коричневый, блеск стеклянный, излом неровный, спайность совершенная, хрупкий. Растворяется в кислотах при нагревании.

Плотность 4800–5200 кг/м^3; твердость по шкале Мооса 4–7.0 (у фарфоровидных, обогащенных кремнеземом); температура плавления 1591°С; удельная магнитная восприимчивость $6.5 \cdot 10^{-8}$ м^3/кг; диэлектрическая проницаемость 4.4·10.6. Свечение в лучах УФ голубое, катодных – малиновое. Диссоциирует при температуре 580–680°С.

Элементы-примеси: FeO, CoO, NiO (до 0.n %), MnO и CaO до 2%. Минеральные включения – доломит, углистое вещество, минералы кремнезема, силикаты магния (тальк, серпентин и другие). Образует непрерывный изоморфный ряд с сидеритом, железистый магнезит относится к брейнериту.

Экологическую опасность определяет магний (IV класс опасности), ПДК$_{р.з}$ пыли металлического магния – 7 мг/м^3, MgO – 1000, магнезита – 500.

13.8.2. Распространенность и запасы.

Поскольку кларк магния земной коры составляет всего 1.87 % и значительная его часть связана с магматическими и метаморфическими силикатными горными породами, общее содержание магнезита составляет десятые доли процента. Его образование предопределяется специфическими условиями. Осадочный магнезит образуется в лагунах или озерах в условиях аридного климата, где формируются толщи, сложенные магнезитом, доломитом и ангидритом. При метаморфизме магнезиальных осадочных горных пород не выше 680 °С он перекристаллизовывается в ассоциации с тальком. В гипергенных условиях образуется при выветривании ультраосновных горных пород. Естественное содержание магния в почвах 0.15–1.5%.

Мировые общие запасы кристаллического магнезита составляют 12–13 млрд. т, подтвержденные – 2.8, ежегодная добыча – 8–9 млн. т. Наиболее крупные производители – Россия,

Китай, Словакия, Корея. Запасы пелитоморфного магнезита составляют 10–15 млн. т (Сербия, Греция, Турция, Польша и Куба). В России запасы – 1 млрд. т, добыча – 4.4 млн. т/год (1984 г.).

13.8.3. Области потребления.

Наибольшим спросом в промышленности пользуется огнеупорная магнезия. Она применяется преимущественно в металлургии. Чистый плавленый периклаз (MgO) используется как термостойкий электроизоляционный материал с высокой теплопроводностью. Каустический магнезит применяется в процессах химической переработки как слабощелочной реагент, катализатор, удобрение, для подкормки скота, в специальных цементах, в производстве целлюлозы, для получения вискозы, синтетических каучуков, красок (огнеупорный наполнитель), сахара и конфет, в виноделии, стеклоделии, керамике (флюсы), электронагревательных стержнях, водо- и газоочистке, при переработке урана, как антикоррозионная добавка к нефтяным топливам, для других целей.

В производстве огнеупоров для кладки высокотемпературных металлургических печей используется до 95% магнезита.

13.8.4. Промышленные типы месторождений.

Промышленные типы месторождений – кристаллический магнезит древних толщ, пелитоморфный магнезит кор выветривания и ультраметаморфитов, тальк-магнезитовый, рапа соляных озер, морская вода. Наибольшее значение имеет первый тип, в том числе в Забайкалье.

По величине запасов $MgCO_3$ (млн. т) месторождения подразделяются на уникальные – более 300, крупные – 300–100, средние – 100–30, мелкие – менее 30. По содержанию MgO (%) выделяют кристаллическое магнезитовое сырье (95–98) и пелитоморфное (91–96).

13.8.5. Добыча и переработка руд.

Месторождения разрабатывают открытым способом.

Подготовку руд к переделу производят дроблением, сортировкой богатого и обогащением бедного сырья с применением промывки, тяжелосредного обогащения, флотации и гидрометаллургических способов для получения чистого магнезитового концентрата.

Извлечение магнезита из сырья различного типа составляет до 90% при содержании MgO в концентрате до 95% . Вредные примеси в концентрате – CaO, SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, SO_4.

Магнезитовые концентраты перерабатывают смешиванием, формовкой, обжигом и получают товарный продукт в виде огнеупорных порошков. Вредные примеси в огнеупорных порошках – SiO_2, Fe_2O_3, CaO, SO^+, C.

При температуре 750–1000°C получают порошкообразную химически активную, то есть каустическую, магнезию, из которой еще не полностью удален CO_2. При 1500–2000°C получают огнеупорную магнезию, состоящую главным образом из кристаллов периклаза, температура плавления которого около 2800°C. При повышении температуры до 3000°C в электрических печах получают особо чистый периклаз.

13.8.6. Месторождения магнезита в Забайкалье.

К концу XX века на территории России выявлены три крупных магнезитоносных провинции. Одна из них, Шилка-Газимурская, находится в Забайкалье.

Все магнезитовые залежи сконцентрированы в пределах Шилка-Газимурского рудного района в Сретенском административном районе Забайкальского края (район сел Горбица, Кактолга) и приурочены к доломитовой толще верхнего протерозоя. Наиболее изучены в настоящее время Ларгинское, Тимохинское, Лучуйское и Береинское месторождения магнезита, заключающие разведанные запасы в количестве 50.6 млн. т и прогнозные ресурсы – 387 млн. т.

Ларгинское месторождение, расположенное на правобережье реки Шилка в долине реки Ларга, изучено лучше других. Магнезиты находятся здесь в доломитовой толще в виде пластов и линзовидных тел. Они залегают по всему разрезу ее, часто образуя «пачки» сближенных пластов и линз мощностью от 20–50 до 140–160 м, протяженностью до 650 м. Мощность тел магнезитов 1.5–22 м, реже до 30 м. На участке №1 среднее содержание MgO 46%; CaO – менее 3%; SiO_2 – менее 2%. На участке № 2 содержание MgO – 46.4%; CaO – 1.94%; SiO_2 – 0.76%. Запасы магнезитов по категории $B+C_1$ – 30 млн. т, прогнозные ресурсы – 40 млн. т.

На ***Береинском*** месторождении, расположенном в 7 км северо-восточнее Ларгинского, с запасами магнезитов 19.6 млн. т (категория C_2) и прогнозными ресурсами 20 млн. т, мощность пластов составляет 30–40 м, протяженность более 1000 м, среднее содержание MgO – 44.5%; CaO – 3.5%; SiO_2 – 3.8%.

Залежи магнезитов в ряде мест сопровождаются зонами интенсивного отталькования и тремолитизации. С вовлечением в отработку запасов магнезитов Шилка-Газимурского междуречья потребности Восточной Сибири в магнезитовом сырье могут быть полностью удовлетворены. Магнезиты могут быть использованы для производства периклаза сорта I–III, огнеупорного магнезиального кирпича марок СМ-1 – СМ-4, каустического магнезита, магнезиального цемента и других целей.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства магнезита ?
2. Каковы промышленные типы месторождений магнезита?
3. Где и как используется магнезит?
4. Основные способы добычи и переработки магнезита.
5. Месторождения магнезита в Забайкалье.

Литература

Основная

Высокомагнезиальное минеральное сырье. – М.: Недра, 1991.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Минеральное сырье. Магнезит и брусит / И.Ф. Романович, П.П. Смолин, А.И. Шевелев и др. / Справочник. –М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999

Дополнительная

Энциклопедия Забайкалья / Гл. ред. Р.Ф. Гениатулин. – Новосибирск: Наука, Т.2, 2003. Т.3, 2006.

13.9. Тальк.

13.9.1. Свойства.

Тальк, минерал ($Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$) образует таблитчатые, чешуйчатые и массивные агрегаты. Относится к классу силикатов, к подклассу слоистых силикатов. Структура талька характеризуется тем, что элементарный трехслойный пакет типа 2:1 имеет два слоя кремнекислородных тетраэдров, обращенных друг к другу вершинами. Между ними в октаэдрических позициях располагаются три атома магния и по обе стороны среднего из них находятся по ОН-группе. Суммарный заряд пакетов равен нулю. Соседние пакеты сверху и снизу связаны между собой остаточной связью и поэтому по их границам проходит совершенная спайность талька и реализуется его минимальная из всех минералов твердость, равная 1.

Сингония моноклинная, цвет белый, бесцветный, коричневый, зеленый, блеск перламутровый, жирный, излом неровный, спайность весьма совершенная, гибкий, но не эластичный. Растворяется в горячей серной кислоте. В обожженном состоянии щелоче- и кислотоупорен, термостоек.

Плотность 2700–2800 г/м^3; твердость по шкале Мооса 1; температура плавления 1530°С; диэлектрическая проницаемость 3.9.

Разновидности – кальциотальк и стеатит – жирный, тонкокристаллический агрегат. Элементы-примеси: Al, Mn, Cr, Co, Ti.

Минеральные включения: магнезит, доломит, хлорит тремолит актинолит, антофиллит, кварц.

Экологическую опасность талька определяют находящиеся в нем минеральные включения. К ним относятся тонкоигольчатые вростки тремолита, актинолита и антофиллита. Сущность их вредного воздействия заключается в способности протыкать кожу, проникая в клетку. При попадании в легкие, желудок, гортань, слизистые оболочки эти тонкоигольчатые кристаллы могут вызывать онкологические заболевания. Традиционное

использование талька в японской кухне при приготовлении рисовых блюд вызывает рак слизистой оболочки японских гурманов. ПДК$_{р.з}$ талька – 40 мг/м^3.

13.9.2. Распространенность и запасы.

Поскольку тальк – это минерал магния, кларк меньше двух процентов, а условия образования довольно специфичны, он представляет собою относительно редкий минерал, хотя и способен давать достаточно крупные промышленные скопления. Относительно широко распространен в древних (докембрийских) толщах метамоофических образований нижних этажей складчатых систем на всех континентах. Мировые запасы талька – около 1 млрд. т, ежегодная добыча 6 млн. т. Наиболее крупные производители – Китай, США, Россия, Индия, Финляндия, КНДР, Италия, Канада.

В России запасы составляют более 26 млн. т, добыча не превышает 350 тыс. т в год.

13.9.3. Области использования.

Широко используется, в основном, в молотом виде в производстве керамики, в том числе в радио- и электрокерамике, в химической промышленности, в производстве резины. Тальк высшей чистоты используется для производства бумаги, в лакокрасочном производстве и выпуске пластмасс. Тальк используют также в кабельном производстве, в металлургии, в медицине (смазки и присыпки), парфюмерии и других отраслях промышленности. Структура потребления (%): керамика – 33, краски – 18, бумага – 11, кровля – 9, пластмассы – 7, косметика – 4, производство инсектицидов, огнеупоров, резины, медицинских присыпок и другое – 15. Наиболее ценен тальк с минимальным содержанием железа. Стеатит издревле используется как мягкий поделочный камень, особенно его чисто белые, розовые и зеленые сорта.

13.9.4. Типы месторождений.

Промышленные типы месторождений: апомагнезитовый, аподоломитовый, апоультрамафитовый. Ассоциирует с асбестом, магнезитом, серпентинитами.

В Забайкалье находится в полях развития магнезитов.

По запасам талька (млн. т) месторождения подразделяют на уникальные – более 20, крупные – 20–5, средние – 5.0–0.5, мелкие – 0.5–0.3, незначительные – менее 0.03.

В зависимости от содержания талька в сырье его подразделяют на талькиты (более 75%) и тальковые камни (менее 75%). Соответственно первые относят к маложелезистым, а вторые – к железистым разновидностям.

13.9.5. Способы добычи и переработки сырья.

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовку руд к использованию производят с применением комбинированных технологий (магнитная сепарация, пенная флотация, тонкий помол). Для богатых руд применяют рудоразборку. Обычно тальковые руды подвергаются лишь многостадийному дроблению и помолу на мельницах различного типа для получения изометричных или пластинчатых частиц регламентированой тонины. В СССР, а затем в России для тальковых руд, их концентратов, а также изделий из талька разработаны технические условия и ГОСТы. Ими регламентируются содержание Fe_2O_3, CaO и влаги, потери при прокаливании, прокаленный нерастворимый в HCl остаток и другое.

Для отделения сортов с особой белизной используют также фотоэлектрическую сепарацию. Контроль качества продуктов производят инструментальными методами: рентгео-структурным анализом, ИК-спектрофотометрией и др.

Извлечение талька из сырья различных месторождений составляет 63–99% при содержании в концентрате прокаленного не растворимого в соляной кислоте остатка 50–93%. Вредные примеси в концентрате Fe_2O_3, CaO, As, тяжелые металлы. Для использования в косметике и медицине требования ужесточаются к количеству и минеральным формам включений.

13.9.6. Месторождения талька в Забайкалье.

В Забайкальском крае в районе Береинского месторождения магнезита выявлены зоны отальковання. Они имеют значительную (до 700 м) протяженность, сложены высокосортным тальком. Так, на ***Тимохинском*** месторождении, относящемся к магнезитовым объектам среднего ранга (запасы магнезита категории C_2 – 10.7млн. т, прогнозные ресурсы 18.5 млн. т), выделяются два рудных тела с промышленным содержанием талька. Кроме того, в районе Кактолги выявлены бруситовые мраморы, что позволяет надеяться на обнаружение высококачественных бруситовых руд.

Месторождения талька в связи с гидротермальной переработкой серпентинитов следует ожидать в Шаманском массиве, где уже известны его проявления (см. рис. 13.6). [Геологическое строение, 2002], и в Пришилкинском офиолитовом поясе.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные химические, физические и экологические свойства талька ?
2. Каковы промышленные типы месторождений талька?
3. Где и как используется тальк?
4. Основные способы добычи и переработки талька.
5. Месторождения талька в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Романович И.Ф., Саетгалеев Я.Х., Рахматуллин Э.Х. Минеральное сырье. Тальк и пирофиллит / Справочник. –М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Дополнительная

Геологическое строение и полезные ископаемые Читинского участка зоны БАМ (Аналитический обзор) / Научные редакторы В.С. Чечеткин, Ю.Ф. Харитонов. – Чита, 2002.

Месторождения талька СССР / И.Ф. Романович, Г.Н. Безруков, Б.А. Ботовский и др. – М.: Недра, 1973.

13.10. Флюорит.

13.10.1. Общие замечания.

Флюорит относится к одному из наиболее и давно известных человеку минералов. Его внешняя привлекательность, способность светиться ночью, великолепно ограненные разных форм зонально окрашенные кристаллы не могли не обратить на себя внимание людей. Еще в 1530 году Георгий Агрикола (Георг Бауэр,1494–1553 гг.) в работе Берман [Bermannus, sive de re metallica, 1530] дал описание более 100 минералов, в том числе и флюорита. Уже в то время было известно его свойство способствовать понижению температуры плавления смешанной с ним руды и поддерживать её расплавленное, жидкое, текучее состояние для освобождения расплавленного металла от шлаков. Эта особенность флюорита определила его современное название от немецкого flüssig, что по-немецки означает текучий, жидкий. Отсюда – flüore – flüorite – флюорит. Отсюда же и русское – плавик или плавиковый шпат. Уже на протяжении почти 500 лет флюорит используется в металлургии. Другое его уникальное свойство известно с 1670 года, когда художник Шванхард из Нюрнберга стал применять порошок флюорита, смоченный серной кислотой для протравливания рисунков на стекле. С тех пор используется флюорит, а точнее получаемая из него плавиковая кислота, для изготовления так называемых фторофортов. Мастером рисования на стекле был известный литовский художник и композитор Миколаус Чюрлёнис.

Месторождения флюорита не встречаются поодиночке. Это всегда группы месторождений, характеризующие высокую

фторовую геохимическую специализацию определенных фрагментов земной коры. Эти фрагменты, как правило, представляют собою долгоживущие тектонические структуры, системы швов глубокого заложения, протягивающиеся на большие расстояния (рис. 13.8). В их пределах находятся фтороносные провинции. Одной из таких провинций является Забайкальская флюоритоносная провинция – минерагеническая зона земной коры с интенсивным проявлением флюоритовой минерализации позднемезозойского возраста, связанной с мантийным и коровым магматизмом.

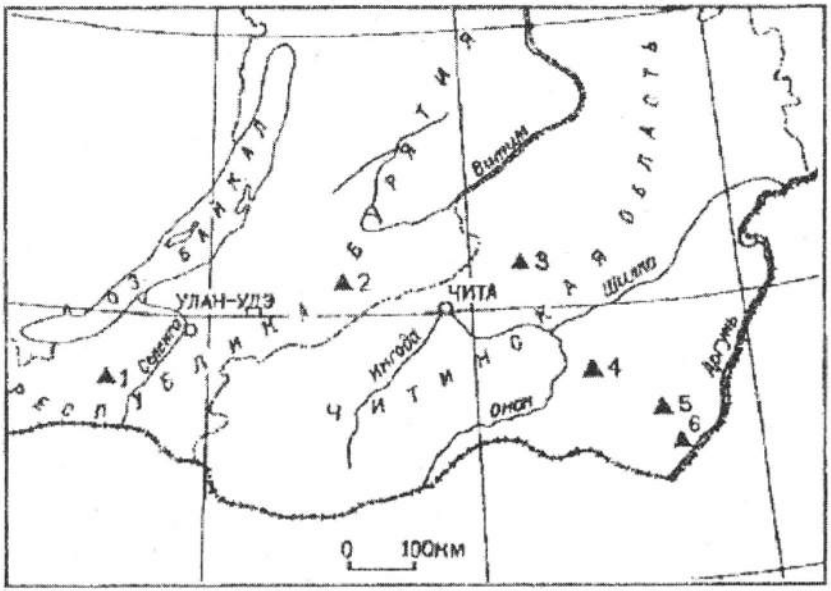


Рис.13.8. Схема распространения наиболее важных месторождений флюорита Забайкалья. По: [Месторождения Забайкалья, 1995] с добавлениями автора.

1 – Наранское; 2 – Эгитинское; 3 – Усуглинское; 4 – Калангуйское; 5 – Гарсонуйское; 6 – Уртуйское; 7 – Гозогорское; 8 – Шахтерское; 9 – Ново-Бугутурское.

13.10.2. Свойства.

Флюорит, минерал (CaF_2), образует кубические, кубооктаэдрические, октаэдрические друзы, почки, полосчатые и брекчиевые агрегаты. Второе, весьма распространенное название, восходящее к VIII веку, – плавиковый шпат. Оно широко используется до сих пор разработчиками его месторождений и технологами-обогатителями. Флюорит – основной носитель элемента фтора (F, 9, 19), галогена, находящегося в VII группе периодической системы. Открыт в 1886 году А. Муассаном. Имеет один природный изотоп ^{19}F с атомной массой 18.998403, валентность -1. Самый мощный окислитель. В атмосфере фтора горит кислород и большинство металлов.

Сингония кубическая, бесцветный, зеленый, фиолетовый, голубой, желтый, медовый, коричневый, серый, красный, черный (цв. рис.13.9). Вследствие разнообразия окраски, флюорит называют также горным цветком. Блеск стеклянный, излом раковистый, занозистый, неровный, спайность совершенная по (111), хрупкость высокая. Растворяется в концентрированной серной кислоте с образованием фтористоводородной кислоты.

Плотность 3180 кг/м^3; твердость по шкале Мооса 4; температура плавления 1360°С; удельная магнитная восприимчивость -$4.5 \cdot 10^{-9}$ м^3/кг; диэлектрическая проницаемость 7. Свечение в УФ и катодных лучах голубое, зеленое, фиолетовое; обладает ярко выраженной термолюминесценцией. После лежания на солнце светится в темноте.

Теоретический состав Ca – 51.33%, F – 48.67%. Обычно содержит примеси. Состав природного флюорита (%): Ca – 50.29–51.44; F – 46.30–49.10.

Элементы-примеси: марганец, иттрий, церий, стронций, барий, иногда уран и торий. В случае высоких содержаний редких земель иттриевой группы становится иттрофлюоритом.

Минеральные включения: кварц, кальцит, адуляр, барит, сульфиды, доломит.

Экологическую опасность флюорита определяет высокотоксичный фтор (I–II классы опасности). ПДК$_{м.р}$ фтора – 0.01 мг/м^3, ПДК$_{с.с}$ – 0.001 мг/м^3, ПДК$_в$ – 1.5 мг/л, ПДК$_р$ – 0.05. ПДК фтора при экспозиции не более 1 часа – $1.5 \cdot 10^{-3}$мг/м^3.

13.10.3. Распространенность и запасы.

Несмотря на относительно невысокий кларк фтора ($625 \cdot 10^{-4}$ г/т), флюорит относится к довольно широко распространенным минералам. Фтор относительно широко распространен в природных водах. Известны фторидные воды, поверхностные и подземные. Фтор в них играет роль аниона или входит в их состав. Фторидные воды могут быть термальными. Среди них известны воды фторидно-гидрокарбонатного и фторидно-сульфатно-гидрокарбонатного состава, а также выявленные в Забайкалье аномальные по фтору ультрапресные воды гранитов редкометалльного типа (циркулируют в полях развития гранитов кукульбейского, дотулурского и других интрузивных комплексов) и криолитсодержащего Катугинского месторождения [Замана,1990]. Воды рудовмещающих гранитов этого месторождения содержат до 3,8 мг/дм^3 фтора, а месторождения – 9 мг/дм^3.

Мировые общие запасы флюорита – 250 млн. т, подтвержденные – 180, годовое производство – около 3 млн. т. Наиболее крупные производители – США, Мексика, Канада, Монголия, Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Афганистан. До 1990-х годов Россия была одним из крупнейших производителей флюоритовых концентратов. Кроме того, они ввозились из Монголии и Афганистана. В 2006 году Россия по добыче флюорита занимала пятое место в мире (332 тыс. т). На первом находится Китай. В Забайкалье, как сказано выше, находится около 40% запасов флюорита СНГ.

13.10.4. Области использования.

Флюорит и продукты его переработки, прежде всего плавиковая (фтористоводородная) кислота, используются в широком диапазоне производств. Флюорит как таковой используется главным образом в черной металлургии в качестве флюса в доменном процессе, способствующего снижению температуры плавления шихты и лучшему очищению расплава металла от шлаков, дольше остающихся в расплавленном состоянии при снижении температуры. Используется он и в мартеновском и других способах получения стали. При этом на одну тонну стали расходуется один килограмм флюорита. В черной металлургии используется, в основном, кусковой флюорит, а получающиеся при обогащении вкрапленных руд флотоконцентраты для этих целей окомковывают. Мелкие классы флюорита используют в производстве электродов для электросварки. Кристаллы флюорита, обладающие необходимой чистотой и сплошностью, называемые оптическим флюоритом, используются для производства линз и призм оптических приборов, используемых в оптике, прежде всего, инфракрасной. Плавиковая кислота является исходным продуктом для получения криолита, фтористого лития, других солей этой кислоты. Соединения фтора используют в твердотопливных реактивных двигателях в качестве высокоэффективного окислителя. Многие фториды являются газами. По этой причине для разделения изотопов урана использовался шестифтористый уран, газообразные соли различных изотопов которого имеют различную плотность и поэтому в вертикальной колонне расслаиваются. Соединения фтора с углеродом образуют многочисленный класс фторуглеродов. Они являются основой для производства тефлонов, других фторуглеродов, в том числе фторопластов. Последние устойчивы по отношению к воздействию различных кислот, до 300^0 С сохраняют свойства диэлектриков и потому используются в качестве конструкционных материалов в различной технике, функционирующей в экстремальных условиях. Фторуглероды используются также в качестве основных ингридиентов заменителя крови.

Структура потребления в России (%): алюминиевая промышленность – 40; химическая промышленность и атомная энергетика – 10; металлургия – 40–45; сварочные материалы – 5–7; другие производители – 5.

13.10.5. Типы руд и промышленных месторождений.

Флюоритовая или плавиково-шпатовая руда – это природное минеральное образование, содержащее флюорит в количествах, позволяющих экономически рентабельную добычу и получение концентрата флюорита, пригодного для использования промышленностью. Промышленные руды: кварц-флюоритовые, карбонатно-флюоритовые, барит-флюоритовые, сульфидно-барит-кварц-флюоритовые, редкометалльно-флюоритовые. В Забайкалье известны кварцево-флюоритовые, кварцево-кальцитово-флюоритовые и сульфидно-кварцево-флюоритовые руды. Среднее содержание CaF_2 в рудах месторождений Забайкалья 27–65 %, составляя (%): 27.26 для Гозагорского, 37.6 – Жетковского, 40.2 – для Солонечного, 40.9 – Калангуйского, 49.1 – Брикачанского, 56.4 – Усуглинского, 58.5 – Абагайтуйского и 65.4 – Улунтуйского месторождений. К вредным компонентам относятся кремнезем, сера, фосфор.

Промышленные типы месторождений – флюоритовый гидротермальный, редкометалльно-флюоритовый грейзеновый. Оба типа имеют примерно равное значение.

По запасам флюорита (млн. т) месторождения подразделяют на весьма крупные – более 10, крупные – 10–5, средние – 5–2, мелкие –2–0.5.

13.10.6. Способы добычи и переработки руд.

Месторождения разрабатывают открытым, подземным и комбинированным способами.

Подготовку руд к переделу производят обогащением. Флюоритовые руды обогащаются методами гравитации и флотации,

иногда комбинированными, но преимущественно используют флотационные технологии. Кусковой флюорит, используемый в металлургии, обогащают рудоразборкой и гравитационными методами. При обогащении руд комплексного состава попутно получают свинцово-цинковые, сурьмяные, ртутные, бериллиевые, редкоземельные и другие продукты.

Для использования флотационных концентратов в черной металлургии из них получают окатыши. Первый в СССР цех для их получения действовал на Калангуйской фабрике. Способ окатывания был разработан В.А. Фатьяновым совместно с Г.Ф. Цхаем в 1960-х годах. Перерабатывают флюоритовые концентраты химическим способом для получения первичного продукта – фтористоводородной кислоты, являющейся товарным продуктом переработки флюорита.

Извлечение флюорита из сырья различного типа составляет 68–85% при содержании в концентрате CaF_2 64–95%, Al_2O_3 – более 16, K_2O+Na_2O – 11.0 и соотношении последних не менее 2. К вредным примесям в концентрате относят Fe_2O_3, SiO_2.

13.10.7. Месторождения флюорита в Забайкалье.

В целом на территории Забайкалья сосредоточено 60.9% запасов флюорита России. При этом на долю Забайкальского края приходится 45.1%, а Республики Бурятия – 15.8%. По состоянию на 01.01.2007 года на Госбалансе числятся запасы по 19 месторождениям (таблица13.1). Суммарные запасы по категориям $ABC_1 + C_2$ составляют по Забайкалью в целом 17 162 тыс. т, в том числе по Забайкальскому краю – 12 792 тыс. т, а по Республике Бурятия – 4 370. Кроме того, забалансовые запасы по Забайкальскому краю составляют 2 486 тыс. т, по Республике Бурятия – всего 100 тыс. т (см. таблицу 13.1.).

Российские запасы флюорита на 01.01.2007 года составляли 26.4 млн. т. С этими запасами Россия занимает 3-е место в мире после Китая (15%) и ЮАР (около 14%). Но добыча составляет всего 2% от мировой. Это связано, прежде всего, с нарушенной инфраструктурой потребителей флюорита – хи-

мической промышленности и черной металлургии, а также непривлекательностью инвестиций и значительными транспортными расходами на перевозку концентратов из восточных регионов добычи в западные районы потребления.

Как видно из табл. 13.1, годовая добыча флюорита в Забайкалье крайне невелика. Она составляла в 2004 году, характеризовавшемся максимальной добычей за последнее десятилетие, в Забайкальском крае всего 34.6 тыс. т и примерно столько же в Республике Бурятия (33.0 тыс. т). Расположение наиболее важных из них дано на рис.13.10. Из них только два, Гарсонуйское и Уртуйское, составляют 25.8% балансовых запасов страны, а вместе с Эгитинским (Республика Бурятия) – 32.5% . Из них до 1993 года отрабатывалось всего шесть. Они обеспечивали до 95 % потребности СССР во флюорите для металлургической промышленности. После 1993 года в результате смены общественно-экономической формации, приведшей к экономическому спаду и отсутствию спроса на флюоритовое сырье, лишь единицы месторождений отрабатываются эпизодически. Доля их добычи в общем балансе страны составляет всего 12.2% . В целом запасы флюорита в Забайкалье, включая Забайкальский край и Республику Бурятия, составляют около 60.9% балансовых запасов России (45.1% в Забайкальском крае) и около 40% СНГ. Ресурсы флюорита этой территории составляют 48.9% от общероссийских, включая 35.1% в Забайкальском крае и 13.8% в Республике Бурятия.

Балансовые запасы флюорита Забайкальского края сосредоточены в 22 месторождениях и составляют 12 млн. 792 тыс. т, забалансовые – 2 млн. 176 тыс. т. Из забалансовых запасов 219 тыс. т приходится на Гарсонуйское рудное поле.

Крупнейшие скопления месторождений флюорита приурочены к двум рудным районам: Урулюнгуевскому и Кличкинскому.

Абагайтуйское месторождение расположено в Забайкальском административном и Урулюнгуевском рудном районах, в 41 км от железнодорожной станции Забайкальск. Открыто горным инженером Зигсом в результате проверки по заявке местных пастухов в 1910 году. Эксплуатация его началась с

Таблица 13.1

Состояние запасов флюорита в Забайкалье

Месторождение	Запасы, тыс. т	Доля запасов от общероссийских, %	Добыто в 2004 году, тыс. т	Доля добычи от общероссийской, %	Статус
Гарсонуйское	3614/219	13.3	15.0	3.8	Разрабатываемое
Уртуйское	3405/66	12.5	0	0	Госрезерв
Эгитинское	1825	6.7	33	8.4	Разрабатываемое
Наранское	1621	6.0	0	0	Госрезерв
Шахтерское	905/21.0	3.3	0	0	Госрезерв
Абагайтуйское	246/8.0	0.8	0	0	Разрабатываемое
Ауникское	233	0.8	0	0	Госрезерв
Березовое	/818	0	0	0	Госрезерв
Брикачанское	54/1.0	0.2	2.0	0.5	Разрабатываемое
Волдинское	393/23	1.4	0	0	Госрезерв
Горинское	176/70	0.6	0	0	Госрезерв
Дабхарское	315	1.0	0	0	Разведываемое
Ермаковское	313	1.0	0	0	Госрезерв
Жетковское	331	1.2	12.0	3.0	Разрабатываемое

Лево-Ингодинское	/652	0	0	0	Нераспределенный фонд
Малютинское	200	0.6	0	0	Госрезерв
Нарынское	166	0.5	0	0	Госрезерв
Нефедовское	24	0.1	0	0	Разведываемое
Нижне-Чикойское	9	0	0	0	Разведываемое
Ново-Бугутурское	484/8.0	1.8	0	0	Разрабатываемое
Оцолуйское	423/12	1.5	0	0	Разрабатываемое
Семилетнее	229/34	0.7	0	0	Госрезерв
Солонечное	257/19	0.8	0.6	0.2	Разрабатываемое
Степное	407/	1.2	5.0	1.3	Разрабатываемое
Стрельцовское	40/	0.1	0	0	Госрезерв
Улунтуйское	475/248	1.7	0	0	Разрабатываемое
Урулюнгуевское	303/	1.1	0	0	Госрезерв
Усуглинское	684/106	2.5	0	0	Госрезерв
Итого по:					
Забайкальскому краю	12 792/ 246	45.1	34.6	8.8	
Республике Бурятия	4 370/ 100	15.8	33.0	8.4	
Всего Забайкалье	17 162/ 2 586	60.9	67.6	17.2	

Примечание: В числителе – запасы категорий $АВС_1 + С_2$, в знаменателе – забалансовые запасы.

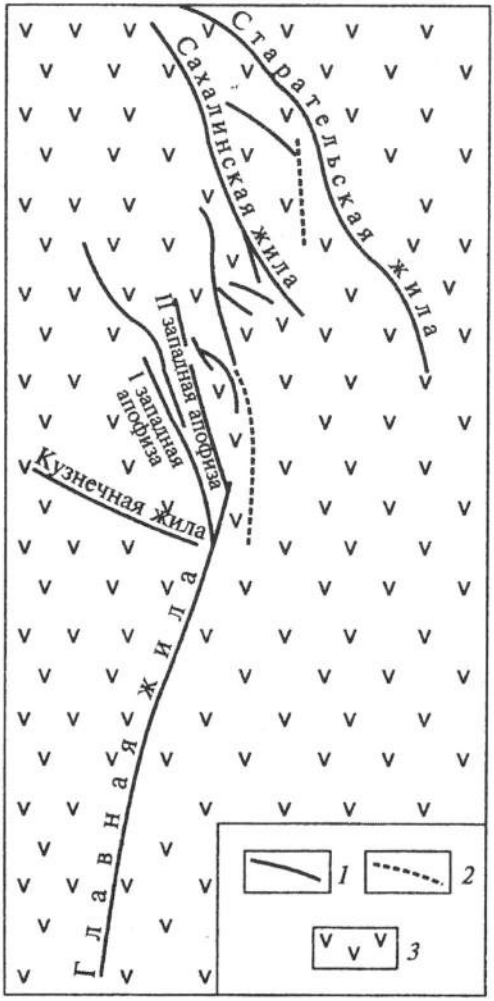


Рис.13.10. Схема геологического строения Абагайтуйского месторождения флюорита.

По: [Энциклопедия Забайкалья, 2004].

1–2 : жилы: 1 – флюоритовые, 2 – кварцевые; 3 – андезиты, андезибазальты и их туфы.

1916 года после посещения его горным инженером П.И. Пилипенко. Разведывалось неоднократно по мере отработки известных жил и их частей. Первые разведочные работы провел в 1931–1933 годах Н.С. Лаврович. Затем оно разведывалось И.Т. Тарасовой (1934–1935 годы), П.Т. Беловым, Ю.А. Латковым (1935–1940 годы), И.Л. Бейгуленко (1945–1950 годы), П.С. Васевым (1961–1962 годы), А.И. Лазаревым (1962–1972 годы), А.И. Дубновской (1974–1975 годы), А.М. Гавриленко в 1986 году. Месторождение входит в Бугутуро-Абагайтуйский флюоритоносный узел Заурулюнгуйского рудного района. Приурочено к меридиональной зоне тектонических нарушений в северному борту Аргунской депрессии. Рудные тела залегают в гранитоидах, андезитах, андезито-базальтах, их туфах позднеюрского эффузивно-туфогенного комплекса. Месторождение состоит из системы крупных (Главная, Сахалинская, Старательская и другие) и серии более мелких сближенных жил (длиной 25–70 м) (рис.13.10). Первые были основными объектами эксплуатации. Строение жил сложное, с апофизами, расщеплениями, раздувами и пережимами по простиранию и падению. Длина 65–230 до 500–720 м, мощность от 0.4–1.8 до 4.5–4.9 м, глубина распространения оруденения до 250–400 м, содержание флюорита в текущих запасах было очень высоким – 69.23–70.83 %. Относится к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы — флюорит, кварц; второстепенные — манганкальцит, барит, кальцит; редкие — каолинит, адуляр, сульфиды. Флюорит массивно-кристаллический, ярко-фиолетовый, зеленый до бледных тонов, фарфоровидный, шестоватый. Руды массивно-кристаллические, полиминеральные, полосчатые. Содержания флюорита в массивно-кристаллических рудах достигли 85–95 %, в полосчатых — 50–70 %. Вредные примеси (%): SiO_2 — 17.6, S — 0.2, P_2O_5 — 0.007. Руды богатые, легкообогатимые. Способ разработки вначале открытый, затем подземный — шахтой с магазинированием руды. Схема обогащения гравитационная, марки концентратов ФК-95, ФК-85, ФК-75, ФК-55. Извлечение в концентрат 84,9 %. С начала разработки добыто (тыс. т): руды 607, флюорита — 396. Добыча по годам (тыс. т): 170 (1916–1946), 49.6 (1950–1954),

61 (1955–1960), 200 (1961–1971), 72.9 (1972–1974). По состоянию на 01.01.1998 года запасы – 432 тыс. т руды со средним содержанием 58.5 % флюорита. По состоянию на 01.01.2007 года балансовые запасы 246 тыс. т (0.8% общероссийских запасов) и 8 тыс. т забалансовых [Богатства недр..., 2008]. Обеспеченность рудника запасами 14 лет. Прогнозные ресурсы 700–750 тыс. т руды. Законсервировано. Отработаны отвалы работ прежних лет.

К Бугутуро-Абагайтуйскому флюоритоносному узлу Урулюнгуйского рудного района относится и ***Шахтерское*** месторождение. Оно расположено также в Забайкальском районе, в 15 км от железнодорожной станции Забайкальск. Открыто в 1961 году Абагайтуйской ПСП Даурской экспедиции ЧГУ. Детально разведано А.В. Левадним и В.Е. Анферовым в 1967–1971 годах, затем доразведано в 1976 году Абагайтуйской партией Даурской экспедиции. Локализовано на юго-восточном крыле Аргунской антиклинали в пределах Семилетне-Горинской грабен-синклинали. На площади месторождения развиты в основном гранитоиды карбона и туфогенно-осадочные горные породы поздней юры (покров мощностью до 130 м). В массиве гранитоидов присутствуют ксенолиты кварцево-серицитовых сланцев уровской свиты. Оруденение парагенетически связано с позднеюрским гипабиссальным комплексом, представленным дайками и штокообразными телами диабазов. Рудоконтролирующей и рудовмещающей структурой месторождения является зона разуплотнения северо-западного простирания. В ней локализованы пять жильных зон брекчий с кварц-флюоритовым цементом. Промышленное значение имеют два рудных тела сложного строения с крутым падением на северо-восток (рис.13.11). Параметры их переменчивы: протяжённость по простиранию – 40–645 м (средняя 510 м), мощность – 0.4–14.2 м (средняя 3.5 м), глубина оруденения – 80–585 м (средняя 550м), содержание флюорита – 34.98–37.58 %. Руды относятся к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы – флюорит и кварц, второстепенные – кальцит, каолинит, редкие – сульфиды. Флюорит средне-мелкокристаллический, фарфоровидный, в срастании с кварцем. Руды брекчиевые

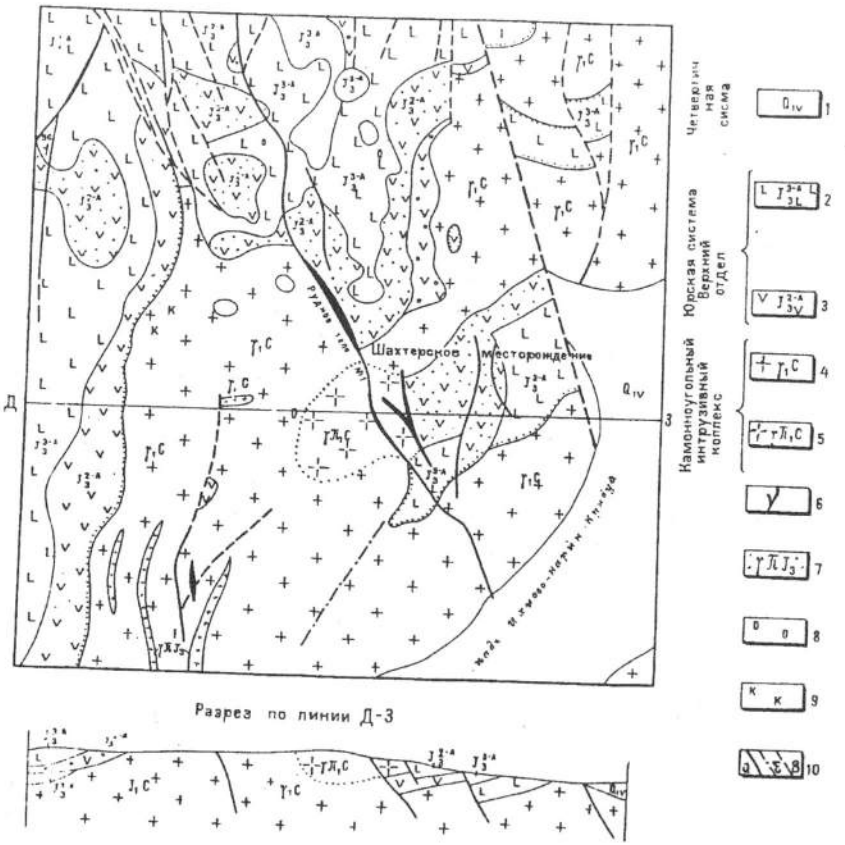


Рис. 13.11. Схематическая геологическая карта Шахтерского месторождения. Масштаб 1: 10 000. По А.С. Довиро (1966г.):

1 – четвертичные отложения, 2 – 3: верхнеюрская эффузивная толща: 2 – базальтовые, андезибазальтовые и андезитовые порфириты и их лавобрекчии с прослоями туфов, туфопесчаников, 3 – туфоконгломераты; 4 – 5: каменноугольный интрузивный комплекс: 4 – среднезернистые биотитовые граниты, 5 – гранит-порфиры; 6 – кварцево-флюоритовые жилы, 7 – гранит-порфиры, дайки и штокообразные тела, 8 – окварцевание, окремнение; 9 – каолинитизация, 10 – линии тектонических нарушений: а) достоверные, б) установленные геофизическими работами, в) предполагаемые.

(34.3–37.6 % флюорита) и прожилково-вкраплённые (28.9 % флюорита). Проектом предусмотрена подземная разработка, вскрытие шахтой, потолочно-уступная система, распорное крепление, магазинирование руды. Руды обогащаются по флотационной схеме с использованием оборотной воды, что обеспечивает получение концентратов марок ФФ-92 (97.13 % флюорита при извлечении 89 %) и ФО-95 (при окомковании флюоритового флотоконцентрата). Последний удовлетворяет требованиям к кусковым сортам. Вредные примеси (%): SiO_2 – 49.93, $CaCO_3$ – 2.26, S – 0.422, P_2O_5 – 0.028, Fe – 1.71. Руды легкообогатимы. Запасы по категориям ABC_1+C_2 2707 тыс. т руды (948 тыс. т флюорита), забалансовые – 187 тыс. т руды, флюорита – 78 тыс. т [Богатства недр..., 2008]. Доля в запасах РФ – 3.5% Месторождение подготовлено к освоению, на его базе совместно с другими месторождениями Бугутуро-Абагайтуйской группы предполагается создание крупного (300 тыс. т руды в год) Бугутурского ГОКа [Энциклопедия Забайкалья, 2006; Фатьянов и др., 2006]. В Семилетне-Горинской антиклинали находятся также Горинское и Семилетнее месторождения. Балансовые запасы их, соответственно, составляют (тыс.т) 176 и 229, забалансовые – 7 и 34.

Ново-Бугутурское месторождение расположено в Борзинском районе, в верховьях пади Бугутур, в 35 км к северо-востоку от рудника Абагайтуй и в 18 км к юго-востоку от железнодорожной станции Мациевская. Открыто геологом В.Н. Рудневым в 1931 году и повторно А.П. Белохвостовым в 1946 году при геологосъемочных работах масштабов 1 : 200000 и 1 : 100000. Разведывалось П.Д. Перелетовым в 1949–1951 годах (Тургинская партия ЧГУ), Е.Е. Федосеевым и В.Е. Анферовым в 1962–1966 годах (Абагайтуйская партия ЧГУ). Относится к Бугутуро-Абагайтуйскому флюоритоносному узлу Урулюнгуйского рудного района. Локализовано в гранитоидах карбона в тектоническом контакте с туфогенно-осадочными образованиями верхней юры. Основная рудоконтролирующая структура – Бугутурский разлом северо-западного простирания с крутым падением на северо-восток, длиной 4,5 км, шириной 50–850 м; 5 рудных тел, субпараллельных, удален-

ных на 20–80 м друг от друга, из них промышленные – жилы № 2 и 3. В последней сосредоточено 74 % запасов. Простирание жил северо-западное, падение крутое на северо-восток. Длина промышленных участков жил 390–700 м, средняя мощность 1.68–2.22 м, в раздувах до 7 м, глубина оруденения 190–260 м, среднее содержание флюорита 42.45–42.9 %. Параметры остальных жил: длина 50–200 м, протяженность на глубину 30–120 м, средняя мощность 0.60–0.85 м. Кварц-флюоритовый минеральный тип. Главные минералы флюорит и кварц, второстепенные – кальцит, редкие – сульфиды, барит, адуляр. Руды брекчиевые (среднее содержание флюорита 37.6–45.41 %) и прожилково-вкрапленные (38.43 %). Способ разработки подземный. Схема обогащения флотационная с использованием оборотной воды и получением окатышей (концентраты марок ФО-92 с содержанием флюорита 94.47 % при извлечении 90,8 %). Содержание вредных примесей (%): $CaCO_3$ – 0.67, SiO_2 – 2.94, S – 0.02. Руды труднообогатимые, вследствие тесного срастания флюорита и кварца. После детальной разведки в 1951 году ГКЗ утверждены запасы руды. Запасы по категориям $B+C_1+C_2$ – 1292 тыс. т руды, 488 тыс. т флюорита. Согласно Госбаланса на 01.01.2007 года балансовые запасы флюорита категорий ABC_1 475 тыс. т, C_2 9 тыс. т, всего 484 тыс. т. Доля в запасах РФ 1.8%, забалансовые запасы – 8 тыс. т. Подготовлено к освоению. На его базе совместно с другими месторождениям Бугутуро-Абагайтуйского рудного узла целесообразно создание крупного (300 тыс. т руды в год) Бугутурского ГОКа.

В этом же рудном районе находится и среднее по запасам ***Волдинское*** месторождение (балансовые запасы – 393 тыс. т, забалансовые – 23 флюорита). Доля в общем балансе запасов флюорита России 1.4%. Предполагается, что оно будет составной частью сырьевой базы Бугутуро-Абагайтуйского ГОКа.

Гарсонуйское месторождение флюорита расположено в Приаргунском районе, близ поселка Кличка, в 7–10 км от станции Маргуцек ветки Харанор – Приаргунск Забайкальской железной дороги. Входит в состав Кличкинского рудного района. Открыто в 1960 году М.В. Юнеевым (ВИРГ), И.А. Погудиным (ЧГУ) и другими. Проведены предварительная (А.К. Охотник,

1961–1962 годы) и детальная (В.Н. Иванов, 1963–1965 годы) разведка. Доразведка и переоценка также проведены В.Н. Ивановым в 1965–1970-х годах. Подсчет запасов с утверждением ГКЗ проведен под руководством В.Е. Анферова и В.Н. Иванова в 1965-м и 1970-м годах. Относится к одноименной группе месторождений Монголо-Забайкальского флюоритоносного пояса Забайкальской флюоритоносной провинции. Рудное поле, включая проявления флюорита (50 км^2), расположено в северной части Урулюнгуйского остаточного массива. Главная рудоконтролирующая структура — субмеридиональный Цаган-Золотуевский разлом. Выделено семь участков (рис.13.12). Рудные тела распространены на площади 9 км^2. Они локализованы в осадочных терригенно-карбонатных и карбонатно-кремнисто-терригенных толщах нортуйской и быркинской свит, прорванных штокообразными интрузивами газимурского гранитоидного комплекса, дайками гранит-порфиров и аплитов. В пределах известных участков выявлено от семи до нескольких десятков рудных тел, представленных жилами выполнения, минерализованными зонами дробления и гидротермально-метасоматическими залежами субмеридионального, северо-западного, северо-восточного и широтного простирания. Они приурочены к разрывным нарушениям. Протяженность рудных тел 65–100 – 700–900 м, средняя глубина распространения оруденения 50–100 – 250–400 м, средняя мощность отдельных тел 0.9–1.1 – 4.5–7.9 м, зон – 150–155 м. Содержание флюорита в жилах 7.3–31.5 — 62.3–83.6 % (средняя 37.4–39.4 – 41.8–43.4 %). Характерны разветвления, апофизы, рудные столбы. Флюорит зеленый, фиолетовый, медово-желтый, серый, белый. Преобладают брекчиевые текстуры руд, менее распространены массивные, прожилково-вкрапленные, полосчатые, пятнистые, в кавернозных известняках – ящичные, широко развиты кокардовые образования. Руды представлены, в оснвном, карбонатно-кварц-флюоритовым минеральным типом. Главные минералы – кварц, кальцит, флюорит; второстепенные – каолинит, монтмориллонит, галлуазит, цеолит (десмин, стеллерит); примеси – пирит, марказит, галенит, барит. По содержанию флюорита в рудах выделено три минеральных

типа руд – существенно флюоритовые (60–70 % флюорита), кварц-флюоритовые (до 65 % кварца) и кварц-карбонатно-флюоритовые (около 40 % кварца и 5–48 % карбонатов). Вредные примеси в рудах (%): SiO_2 – 32.8, $CaCO_3$ – 14.3, S – 0.223, P – 0.037, $BaSO_4$ – 0.03. Способ разработки Даринского участка – открытый (карьером), остальных – подземный. Технология обогащения по гравитационно-флотационной схеме с получением кусковых концентратов марок Ф-95, Ф-75, флотационных концентратов Ф-95 и Ф-92 и окатышей марки Ф-92. Многоцветные флюориты и полосчатые яшмоиды (Начирский участок) — прекрасное поделочное сырье. Крупное. Резервное, детально разведано, с утвержденными ГКЗ (1970 год) запасами флюоритовой руды в количестве 11.9 млн. т ($B + C_1 + C_2$), подготовлено к освоению. По состоянию на 01.01.2007 года на госбалансе по Гарсонуйскому месторождению числятся запасы флюорита (тыс. т): ABC_1 2649 , C_2 965, $ABC_1 + C_2$ 3614. Это составляет 13.3% всех балансовых запасов России. Забалансовые запасы флюорита – 219 тыс. т. Совместно с находящимся в относительной близости Урулюнгуевским месторождением, заключающем (тыс. т флюорита) по категориям ABC_1 262, C_2 41, $ABC_1 + C_2$ 303, что составляет 1,1% балансовых запасов РФ, предполаглось создание крупного ГОКа со сроком деятельности порядка 40 лет. Разработка Начирского участка началась в 1996 году старательской артелью «Кварц», которая попутно уничтожила Начирское месторождение ювелирно-поделочных яшм. Редкой красоты концентрически-зональные и ритмично полосчатые коричневые и медово-желтые ценнейшие ювелирно-поделочные флюориты (цв. рис. 13.13) этого участка также уничтожены.

Уртуйское месторождение флюорита расположено в Краснокаменском районе, в 25 км к юго-востоку от железнодорожной станции Краснокаменск, в междуречье Аргуни и Урулюнгуя, на водоразделе падей Куб и Уртуйский Куб. Входит в состав Уртуйского флюоритоносного узла Урулюнгуйского рудного района. Месторождение открыто геологом Х.Д. Лемом в процессе геологосъёмочных работ в 1953–1955 годах. Разведано В.Е. Анфёровым, А.А. Киселёвым, В.М. Луканчевым

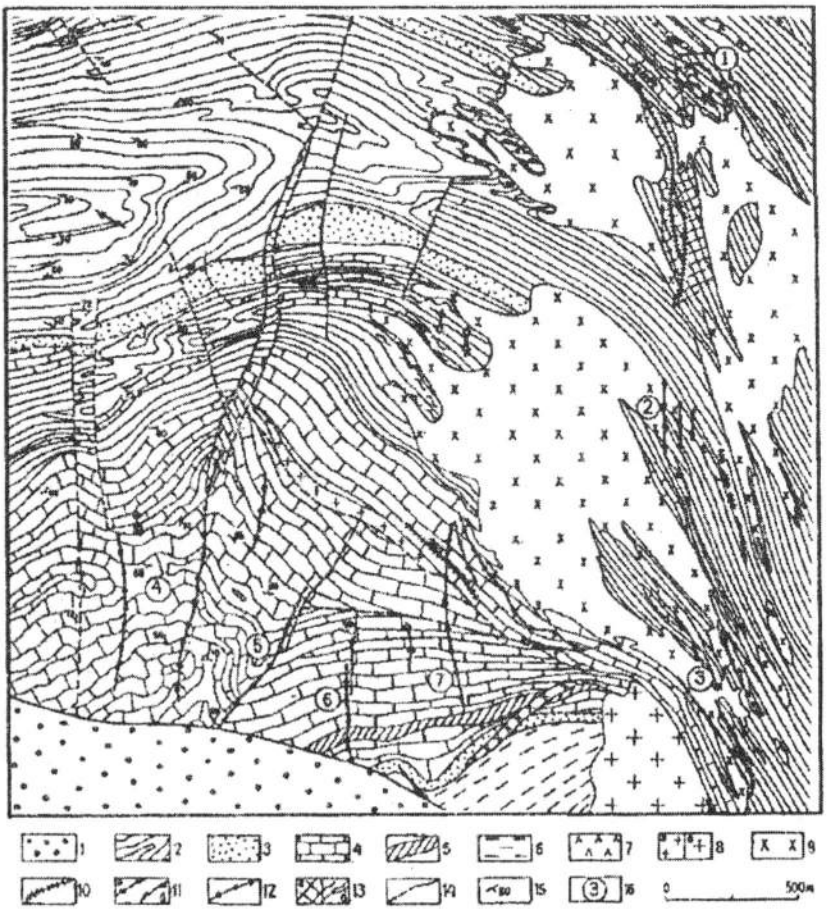

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
0
500м

Рис.13.12. Фрагмент схематизированной карты Гарсонуйского рудного поля (по С.Д. Сергиенко с дополнениями В.Н.Иванова и др.) [Месторождения Забайкалья, 1995]:

1 — нижнемеловые вулканогенно-терригенные отложения тургинской свиты (алевролиты, песчаники, конглобрекчии, андезиты и трахиандезиты, андезибазальты); 2–6 – среднерифейские (?) осадочно метаморфические отложения: 2 – углисто-глинистые, кварц-серицигтовые, известковистые и другие сланцы, 3 — песчаники, кварциты, 4 – известняки и доломиты, 5 — кварцитосланцы, кварцитопесчаники, кварциты, 6 – кварцитосланцы, кварцевые и аркозовыс песчаники, дресвяники; 7 – позднеюрские дайки диоритовых порфиритов, лампрофиров; 8–9 – раннепалеозойские гранитоиды газимурского комплекса: 8 – 2-й фазы (а – дайки гранит-порфиров, реже аплитов, б – биотит-роговообманковые и биотитовые гранодиориты и граниты), 9 – 1-й фазы (кварцевые диориты, гранодиориты, граносиениты); 10 — полиметаллические жилы; 11 – флюоритовые тела (а – жилы, местами минерализованные зоны дробления пород, б – оплавикованные породы тектонических зон, включая участки развития гидротермальных флюоритоносиых метасоматитов); 12 – кварцевые жилы; 13 – проявления эндогенного изменения и преобразования пород (а – скарнирование, б – мигматизация); 14 – разрывные нарушения; 15 – элементы залегания пород; 16 – участки месторождения (1 – Даринский, 2 – Южно-Савинский, 3 – Гарсонуйский, 4 – Начирский, 5 – Майский, 6 – Зимовейский, 7 — Олимпийский).

(Даурская экспедиция ЧГУ) в 1978–1979 годах (предварительная разведка), в 1980–1988 годах (детальная разведка). Изучение минерального состава руд и условий образования месторождения выполнено в лаборатории минералогии ЗабНИИ Мингео СССР под руководством Г.А. Юргенсона. В 1989–1991 годах проведено доизучение месторождения. Рудное поле (15 км^2) сложено среднепалеозойскими кварцевыми порфирами Уртуйского субвулканического комплекса, гранитоидами ундинского интрузивного комплекса позднего палеозоя и вулканогенно-осадочными породами (конгломераты, андезитобазальты) айрыкской свиты шадоронской серии. Локализовано в зоне северо-восточного разлома Уртуйский-1 (рис. 13.14).

Выявлено 9 промышленных рудных тел. Самое крупное тело № 1 (48.5 % запасов руд) – жила северо-восточного простирания с крутым падением на северо-запад длиной 190–1210 м (средняя 600 м), по падению – 105–460 м (средняя 260 м), мощностью 0.5–21.9 м (средняя 4.1 м), содержанием флюорита 4.8–65.6 % (среднее 30.6 %). Остальные рудные тела имеют длину по простиранию 60–500 м (средняя 105–165 м), по падению – 15–250 м (средняя 105–265 м), мощность 0.5–22.4 м (средняя 1.7–5.4 м), содержание флюорита 16.3–63.6 % (среднее 25.2–28.8 %). Строение и формы рудных тел представлены на рис. 13.15, параметры их приведены в табл.13.2.

Руды относятся к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы – кварц и флюорит (87–92 % объёма жильной массы), второстепенные (7–12 %) – адуляр, каолинит, серицит, гидрослюды. К редким относятся сульфиды. Руды брекчиевые, прожилково-вкраплённые, редко массивные. Содержание флюорита от долей до 80–90 % (в среднем 25–30 %). Вредные примеси: SiO_2 – 63.96 %, $CaCO_3$ – 1.71 %, P_2O_5 – 0.032 %, S – 0.031 %. Руды бедные, но легкообогатимые. Способ разработки – подземный, вертикальными шахтами. Схема обогащения – флотационная (с последующим окомкованием флотоконцентрата), обеспечивает получение концентратов марок ФФ-92, ФФ-95Б с содержанием флюорита 96.32 % при извлечении 95.53 %. Месторождение относится к крупным. Запасы руды по категориям $B+C_1+C_2$ утвержде-

ны ГКЗ в количестве 10827 тыс. т (флюорита – 3062 тыс. т) со средним содержанием флюорита 28.8 %. Прогнозные ресурсы P_1 – 0.8 млн. т по состоянию на 01.01.1998 года. Общие запасы Уртуйского рудного поля оцениваются в 12.2 млн. т. На Госбалансе по Уртуйскому месторождению, содержащему 12.5% запасов флюорита страны, числятся запасы (тыс. т) по категориям: ABC_1 2314, C_2 1091, $ABC_1 + C_2$ 3405, забалансовые – 66. Месторождение отнесено к резервным. Оно подготовлено к освоению. На базе Уртуйского месторождения возможно создание крупного (300 тыс. т руды в год) Уртуйского ГОКа. Перспективы рудного поля не исчерпаны.

В Урулюнгуевском рудном районе, в непосредственной близости (5 км к востоку) от Краснокаменска в пределах промплощадки Приаргунского АООТ «ППГХО» находится ***Гозогорское*** месторождение флюорита. Открыто, изучено и оценено геологической службой ППГХО. Площадь его около 1 км^2. В ее пределах развиты метаморфизованные горные породы протерозойского возраста, палеозойские гранитоиды и вулканогенно-осадочные образования позднего мезозоя. Основная рудовмещающая среда — доломитизированные известняки, в которых образовались широкие зоны брекчирования и окварцевания. Здесь сосредоточено более 96 % ресурсов флюоритовых руд. В гранитах и сланцах отмечаются лишь единичные маломощные жилообразные рудные тела. Рудные залежи слагают единую рудоносную зону протяженностью до 2-х км. В западной части она перекрыта горными породами мезозойского возраста мощностью 90–120 м. Промышленные концентрации флюорита развиты в виде штокверкоподобных и жилообразных рудных залежей. Мощность их 5–150 м. На поверхности они прослеживаются в субширотном направлении до 500 м, на глубину до 300 м. Центральная часть месторождения отличается повышенной рудонасыщенностью, на флангах залежи расщепляются на ряд жилообразных тел. Мощность рудных прослоев изменяется от 1 до 5,8 м при содержании CaF_2 15–46 %. Жилообразные рудоносные залежи имеют довольно простое строение: в их пределах обычно выделяется один, реже – два интервала кондиционных руд со средним содержанием

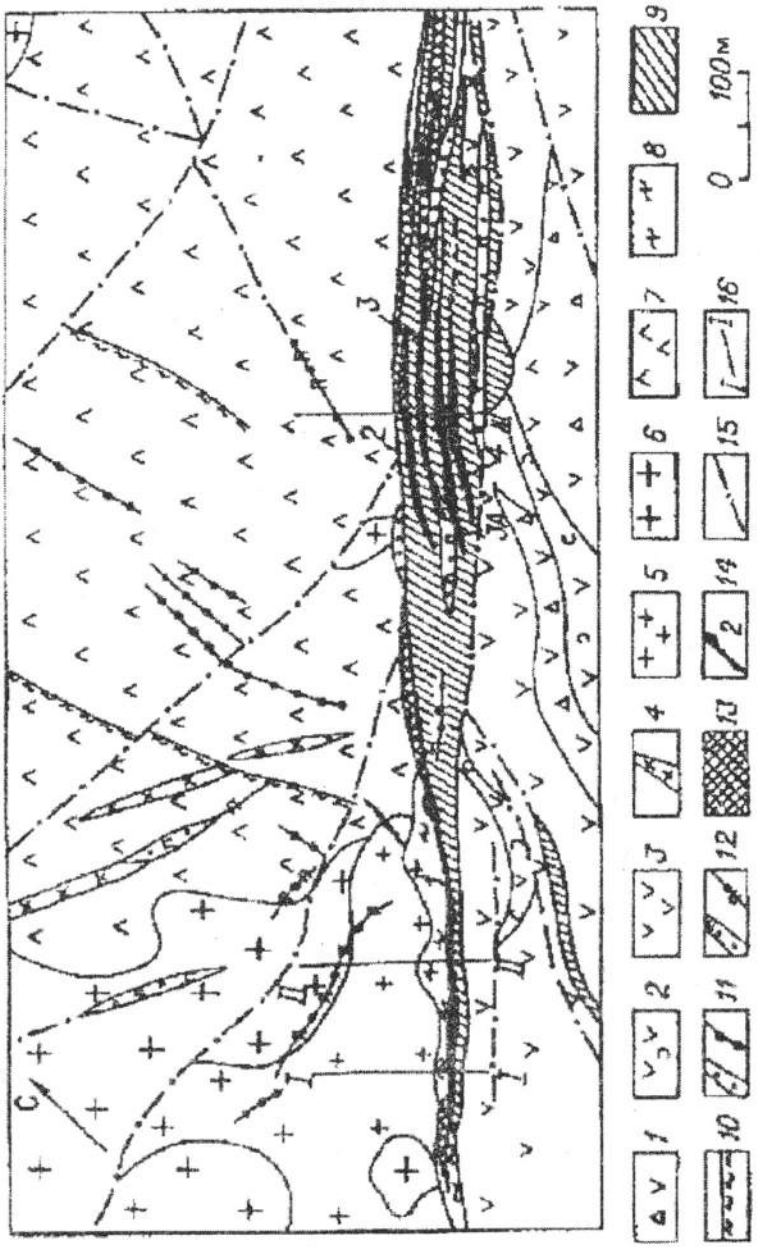

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
0
100м

Рис.13.14. Схема геологического строения Уртуйского рудного поля (фрагмент). По [Месторождения Забайкалья...]

1–3 – вулканогенные горные породы верхней подсвиты средне-верхнеюрской айрыкской свиты шадоронской серии: 1 – лавобрекчии, 2 — туфы, туфолавы, 3 – андезиты; 4 – диоритовые порфириты, андезито-базальты позднеюрского субвулканического дайкового комплекса; 5, 6 — позднепалеозойский ундинский интрузивный комплекс: 5 — граниты мелко-среднезернистые порфировидные третьей фазы, 6 – граниты биотитовые лейкократовые разнозернистые порфировидные второй фазы; 7 – кварцевые порфиры среднепалеозойского уртуйского субвулканического комплекса; 8 — верхнепротерозойские алевролиты, песчаники кварцитовидные, сланцы кварц-серицитовые надаровской свиты; 9 – кварц-серицитовые метасоматиты; 10 – милониты; 11– кварцевые жилы; 12 – кварц-адуляровые тела; 13 — жилообразные минерализованные зоны брекчий вмещающих горных пород на кварцевом и кварц-флюоритовом цементе; 14 — рудные тела Уртуйского месторождения с содержанием флюорита более 15% и их номера; 15 — разрывные нарушения; 16 — линии разрезов через рудные тела.

Таблица 13.2

Параметры рудных тел Уртуйского месторождения

Номер тела	Азимуты простирания, град	Углы падения, град	Длина, м		Мощность, м	Содержание флюорита, %	Доля запасов руд, %
			по простиранию	по падению			
1	22—52* / 45	68—90 / 78	190—1210 / 600	105—460 / 260	0,5—21,9 / 4,1	4,8—65,6 / 30,6	48,5
2	10—65 / 35	65—87 / 74	95—265 / 180	30—285 / 150	0,6—14,7 / 5,0	16,4—43,4 / 25,5	9,9
2А	10—65 / 35	69—74 / 72	70—165 / 90	15—185 / 155	0,5—15,1 / 4,1	18,4—54,8 / 26,6	2,8
3	10—65 / 35	67—82 / 74	60—265 / 165	20—215 / 165	0,6—22,4 / 5,4	16,3—51,5 / 27,2	9,9
3А	10—65 / 35	63—82 / 74	170—265 / 210	25—210 / 150	0,6—17,5 / 4,1	14,3—46,9 / 25,9	5,9
4	10—65 / 35	68—85 / 75	90—180 / 130	25—220 / 130	0,8—12,2 / 3,5	18,3—40,2 / 25,2	5,2
5	40—42 / 41	73—90 / 78	100-500	30-220	0,5—12,9 / 3,1	19,6—63,6 / 25,8	13,3
5А	40—42 / 41	73—80 / 76	100-335	40-250	0,7—5,4 / 1,7	21,2—36,4 / 25,3	3,2
6	7 / 7	65—70 / 67	95—210 / 150	45—170 / 105	0,7—4,2 / 2,0	22,0—36,3 / 28,8	1,3

* Во всех графах в числителе – интервал значений параметров, в знаменателе – среднеарифметическое последних.

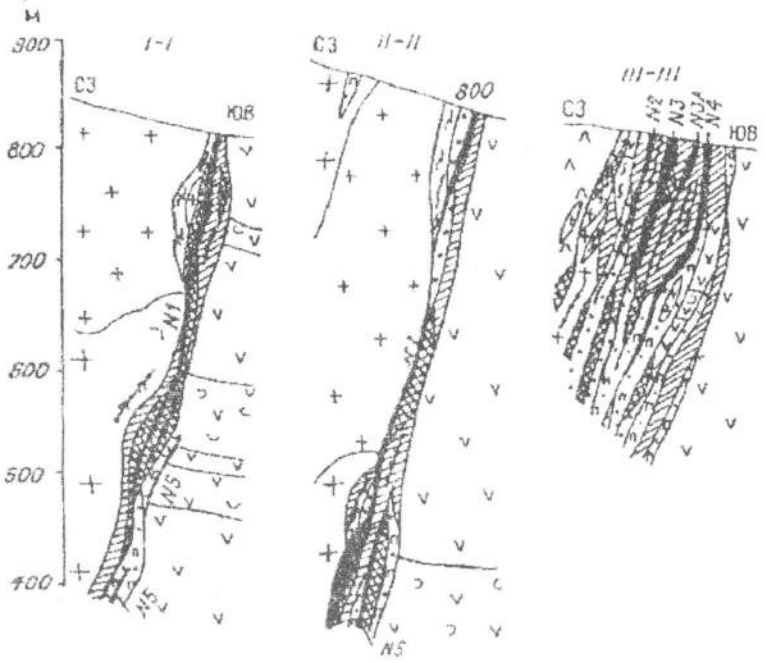


Рис.13.15. Строение рудных тел Уртуйского месторождения (по данным горно-буровых работ). Условные обозначения см. на рис. 13.14.

CaF_2 21–24 %. По простиранию рудные тела прослеживаются на 50–500 м, по падению — до 300 м. Средняя мощность 5,5–1,7 м. Доля запасов флюорита в них не превышает 20 % от общих запасов месторождения. В составе руды преобладают нацело измененные и брекчированные карбонатные породы, взаимопересекающиеся прожилки флюоритового и кварц-флюоритового состава образуют подобие цемента этих брекчий. Флюорит развивается преимущественно в цементе в виде бесцветных, реже слабоокрашенных в сиреневый цвет гнездовых и прожилковообразных зернистых агрегатов. Руды относятся к карбонатно-флюоритовому типу, состоят из флюо-

рита, карбоната, кварца (иногда до 96 % объема рудной массы), серицита (3–4 %), биотита, мусковита, магнетита и других минералов, суммарное содержание которых менее 1 %. Средний химический состав руд (%): CaF_2 — 31.02, $CaCO_3$ — 13.3, CaO — 7.17, MgO — 4.15, SiO_2 — 37.75, P_2O_5 — 0.21, S — 0.061. Руды содержат единственный промышленный компонент — флюорит и характеризуются отсутствием вредных примесей, но из-за высокой степени карбонатности труднообогатимы гравитационным способом и обогащаются только флотацией. По результатам исследований четырех лабораторных проб в лаборатории ППГХО и ВИМСе в 1989–1990 годах установлена принципиальная возможность получения кондиционных концентратов марки ФФ-90, ФФ-95 при извлечении флюорита 60–79 % в зависимости от применяемой схемы обогащения. Заводские испытания пробы массой 300 т проведены на опытном предприятии «Даурия» в поселке Шерловая Гора (табл.13.3).

Разработана также технология производства окатышей марки ФО-90 и ФО-92А. Отвальные хвосты можно эффективно использовать в цементной промышленности (промпродукт с содержанием флюорита более 40 %) и в черной металлургии (фторсодержащие хвосты). Кроме того, нетоксичные хвосты пригодны для нужд сельского хозяйства для нейтрализации сильно кислых почв. При решении этих вопросов переработка руд месторождения может рассматриваться как безотходная. Карбонатно-флюоритовые руды могут быть использованы при выплавке металла также и без предварительного обогащения. При этом карбонатная составляющая руд будет выступать в качестве флюса. Поэтому при формировании шихты можно будет отказаться от известняка. Общая оценка запасов и прогнозных ресурсов флюоритовых руд 40.9 млн. т (флюорита — 12.5 млн. т), из них разведано 21.4 млн. т руды при среднем содержании фтористого кальция 30.3–32.5 %. Около 40 % можно отработать открытым способом. Является самым крупным месторождением флюорита не только в Забайкалье, но и в России. Однако по состоянию на 01.01.2007 года на Госбалансе Российской Федерации еще не числится.

В Урулюнгуевском рудном районе находятся также и некоторые другие мелкие месторождения флюорита. Из них в Стрельцовском числятся балансовые запасы 40 тыс. т флюорита.

Калангуйское месторождение, в существенной части отработанное, рассматривается как важнейший в историческом аспекте источник флюорита в стране. Оно расположено в Оловяннинском районе, на левобережье р. Турга, в 50 км к северо-востоку от железнодорожной станции Хадабулак, рядом с поселком Калангуй. Открыто японцем Кубуси-Сато в 1919 году. Разведывалось одновременно с отработкой с 1925 до конца 1980-х годов с периодическим подсчетом запасов в 1931–1940 годах Н.С. Лавровичем, Дальневосточная экспедиция ВИМСа; в 1946–1955-х – И.А. Бейгуленко, Ю.А. Латковым, Д.А. Белоносовым, трест «Союзплавик»; затем в 1956–1975-х – Н.М. Маринченко, рудник Калангуй. Месторождение входит в Тургинский флюоритоносный узел Кукульбейского рудного района Монголо-Забайкальского флюоритоносного пояса Забайкальской флюоритоносной провинции. Оно приурочено к толще алевролитов, песчаников и аргиллитов онтагаинской свиты (мощность 900–2500 м), собранной в систему круто-

Таблица 13.3

Результаты переработки руд, %

Наименование продукта	Выход	Содержание CaF_2	Извлечение CaF_2
Флюоритовый концентрат ФФ-92	21.72	93.53	65.78
Флюоритовый концентрат ФФ-85	6.22	88.51	17.72
Промпродукт	7.17	42.36	9.79
Хвосты	64.89	3.40	7.11
Исходная руда	100.00	31.07	100.00

падающих складок субширотного простирания. Основная рудолокализующая структура — субмеридиональный сбрососдвиг, расположенный восточнее Калангуйского разлома, и секущий вкрест простирания отложения юрской осадочной толщи и дайки позднего мезозоя (рис.13.16). Возраст месторождения раннемеловой. Мощность зоны 20–30 м. Рудные тела — жилы и минерализованные зоны. Из них три содержали промышленные флюоритовые руды. Около 80 % запасов руд были сосредоточены в жиле Главной меридионального простирания, крутого падения на восток длиной по простиранию более 1300 м, мощностью 0.5–1.0 — 6–7 м, редко более. Максимальная протяженность оруденения на глубину 600 м. Флюоритовые руды были сконцентрированы в трех рудных столбах. Содержание флюорита на верхних горизонтах 70 % и более, на нижних — до 40–35 %. Жила имеет две апофизы (Западную и Северную) с промышленным оруденением. В зоне Калангуйского разлома находятся также жила Гаражная (на глубине 60–200 м от дневной поверхности с уникальным по окраске и текстуре поделочным флюоритом, цв. рис.13.17) и минерализованные зоны Школьная и Рудная зона 2. Длина их 700–750 м, протяженность на глубину 200–250 м, мощность 0.8–4.2 м, содержание флюорита 19–47 %. Месторождение представляет собою классический сульфидно-кварц-флюоритовый минеральный тип. Главные минералы — флюорит, кварц, пирит; второстепенные — каолинит, геарксутит, марказит; редкие — галенит, молибденит, арсенопирит, кальцит и другие. Окраска флюорита преимущественно дымчатая, сиреневая, медово-желтая. Агрегаты кристаллов флюорита почко- и шарообразные, сложенные радиально-шестоватыми сростками. Субпараллельно-шестоватые агрегаты образуют мономинеральные «слои» в кокардовых и полосчатых рудах, присутствуют в брекчиевых рудах и флюорит-пиритовых агрегатах. Массивный кристаллический, ярко окрашенный фиолетовый, реже зеленый до бесцветного флюорит находится в маломощных жилах и прожилках, слагает руды жилы Гаражной, входит в состав цемента брекчиевых руд. Фарфоровидный флюорит (синоним «фарфоровидный комплекс») представляет

собою плотную светлую горную породу, состоящую из мелких зерен флюорита, кварца, каолинита и обломков боковых пород. Богатые содержания флюорита присущи кокардовым, полосчатым и массивным (на верхних горизонтах) типам руд, бедные — брекчиевым и массивным (нижних горизонтов). На нижних горизонтах руда представляет собою брекчированные черные сланцы, сцементированные пиритом и флюоритом (см. цв. рис.13.18). Среднее содержание флюорита в текущих запасах было 65.2–35.8 %. Руды легкообогатимые. Верхние горизонты отрабатывались открытым способом (карьером), более глубокие – подземным. Технология обогащения гравитационно-флотационная, выход концентратов составлял 35 %, извлечение полезного компонента 82 %. Товарная продукция была представлена флотационным (ФФ-92), гравитационным (ФГР-65) концентратами, окатышами флюорита (ФФС-95, ФКС-95, ФО-92), кусковым флюоритом (ФКС-92, ФКС-75). До конца 1960-х годов было крупнейшим в регионе. Разрабатывалось с 1925 года. Динамика геологических запасов по годам отработки (тыс. т): 1930 — 300, 1931–1934 — 504, 1939 — 593, 1940–1945 — 678–753, 1946—772, 1947–1950 — 739, 1952—843, 1953–1955 — 815–844, 1956–1959 — 824–834, 1962–1971 — 444–333, 1972–1975 — 333–375. Добыто свыше 2.8 млн. т руды (1.7 млн. т флюорита). Практически отработано и на Госбалансе запасов не числится. Тем не менее, перспективы рудного поля не исчерпаны. По состоянию на 01.01.1998 года минерально-сырьевая база рудника Калангуй была обеспечена балансовыми запасами в количестве 606 тыс. т руды на срок 10.6 лет.

Оцолуйское месторождение флюорита входит в состав Тургинской группы Кукульбейского рудного района. Оно расположено в Оловяннинском районе, в 15 км к юго-востоку от рудника Калангуй. Открыто в 1934 году Н.С. Лавровичем (ДВЭ ВИМС). Разведывалось В.Е. Анферовым, И.П. Березовиковым (Калангуйская партия Даурской экспедиции ЧГУ) с подсчетом запасов и утверждением их ГКЗ в 1967–1978 годах. Так же, как и Калангуйское месторождение оно локализовано в алевролитах и аргиллитах верхней подсвиты онтагаинской свиты, в экзоконтакте средне-верхнеюрского гранодиоритового

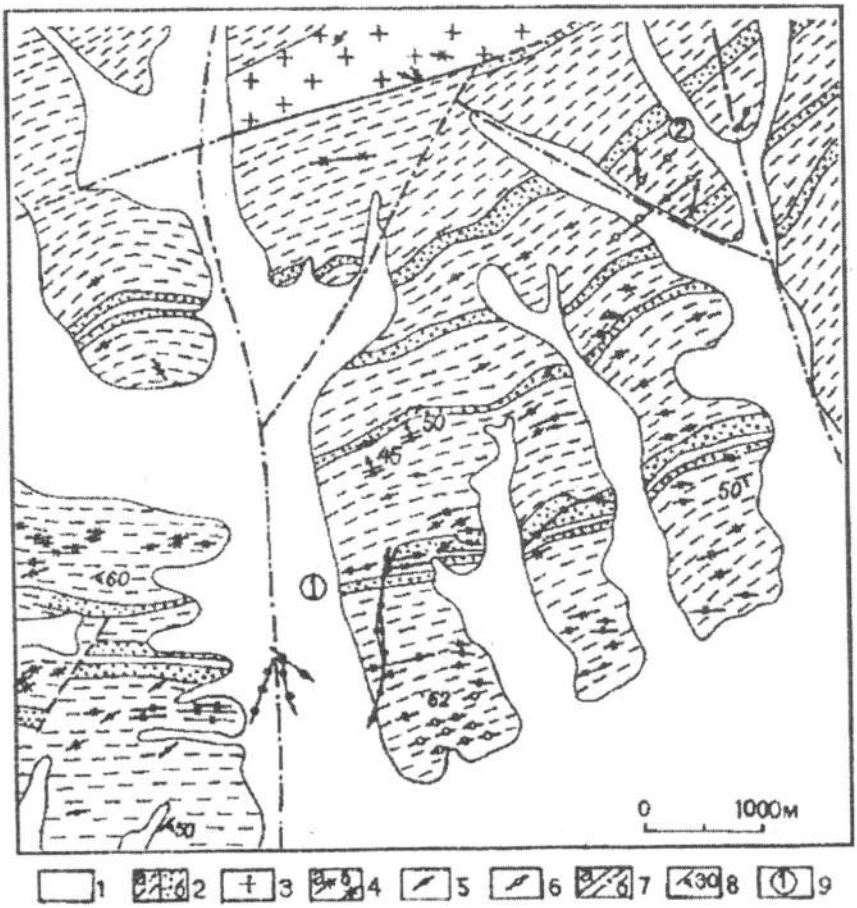

50
45
50
60
62
50
0
1000м
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Рис.13.16. Схема геологического строения Калангуйского рудного поля. По: [Месторождения Забайкалья, 1995]:

1 — четвертичные отложения; 2 — нижнеюрские морские отложения онтагаинской свиты: а — аргиллиты и алевролиты, б — песчаники; 3 – позднепалеозойские гранитоиды ундинского комплекса; 4 – средне-позднеюрские и позднеюрские дайки: а – среднего состава, б – кислого состава, включая пегматоидные; 5 — флюоритовые жилы и флюоритизированные зоны дробления; 6 — кварцевые жилы и окварцованные зоны дробления; 7 — разрывные нарушения: а — достоверные, б – установленные по геофизическим данным; 8 – элементы залегания; 9 – флюоритовые месторождения: 1 – Калангуйское, 2 – Таменгское.

массива. Осадочные отложения прорваны дайками лампрофиров и диоритовых порфиритов. Главной рудоконтролирующей структурой является 1-й Оцолуйский разлом северо-северо-восточного простирания с крутым падением на северо-запад. Промышленное оруденение локализовано в северо-западных структурах (сдвиги с крутым падением на юго-запад) и субмеридиональных (сбросо-сдвиги с крутым падением на юг). На площади 2 км открыто 18 рудных тел, представляющих собой серии взаимно пересекающихся кварц-флюоритовых жил. В самой крупной жиле 12 сосредоточено 42% всех запасов. Длина рудных тел 25–50 – 1100–1220 м (в пром. участках 100–700 м), средняя мощность 0.8–2.0 м, среднее содержание флюорита 31.13–47.75%. Глубина промышленного оруденения 60–360 м. Месторождение относится к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы флюорит и кварц (87–90%), второстепенные – тонкочешуйчатая гидрослюда с каолинитом (7–8 %), адуляр (3–4 %), пирит с марказитом (1–2%). Руды массивно-кристаллические, шестоватые, брекчиевые, реже ритмично-полосчатые, фарфоровидные. Предполагаемый способ разработки – открытый и подземный с магазинированием руды. Руды легкообогатимые. Схема обогащения флотационная, с получением концентратов марок ФФ-95А (содержание флюорита – 96 %, извлечение – 86%) и ФО-95Б (содержание флюорита – 96 %, сквозное извлечение – 81.7%). Отдельные жилы разрабатывались с перерывами и в небольших объемах (около 25 тыс. т руды) одновременно с разведкой в 1934–1938-х, 1946–1948-х и 1959–1960-х годах. После разведки в 1967–1978-х годах месторождение переведено в число промышленных и является резервом Калангуйского ГОКа. Разведанные запасы руд по состоянию на 1978 год по категориям $B+C_1+C_2$ – 1126 тыс. т со средним содержанием флюорита 37.4%. Забалансовые руды и ресурсы категории P_1 оценены в 200 тыс. т руды.

По состоянию на 01.01.2007 балансовые запасы флюорита (тыс. т) по категориям ABC_1 399, C_2 24, $ABC_1 + C_2$ 423, что составляет 1% от общероссийских запасов. Забалансовые запасы на это время составляют всего 12 тыс. т флюорита.

К Букука-Белухинскому рудному узлу Кукульбейского рудного района относится Жетковское месторождение флюорита, расположенное в Балейском районе, на левобережье реки Турга, в 60 км к северо-востоку от рудника Калангуй и 112 км от железнодорожной станции Борзя. Открыто жителем села Жетково И.В. Савватеевым в 1936 году. После повторной заявки В.П. Пельменева в 1941году обследовано Ю.А. Латковым и Н.И. Сарычевым в 1951 году. Предварительно разведано Ю.А. Латковым (1952–1955 годы), детально с переоценкой запасов В.Н. Ивановым в 1961–1963 годах. Месторождение приурочено к юго-восточному крылу Шундуинской синклинали и локализовано в субмеридиональной зоне разрывных дислокаций мощностью до 2 км, в поле развития метаморфизованных осадочных пород (песчаники, сланцы, гнейсы) среднего палеозоя, гранитоидов ундинского (поздний палеозой) и сретенского (поздний мезозой) интрузивных комплексов. На площади 0.6 км^2 разведано девять крутопадающих, сближенных (до 5–20 м) субмеридиональных кварц-флюоритовых жил и одна сопряженная широтного направления: Главная, Западные, Восточные, Слепая и Широтная. В жиле Главной сосредоточено 90 % промышленных запасов месторождения. Ее длина 240 м, мощность 1 –17.5 м (средняя 7.7 м), протяженность на глубину до 240 м, содержание флюорита находится в пределах 20–70 % (среднее 38.1 %). Остальные жилы имеют следующие параметры: длина по простиранию 70–230 м, по падению 15–70 м, средняя мощность 0.2–0.9 м, содержание флюорита 34.2–80 %. Руды относятся к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы руд — флюорит, кварц; второстепенные — каолинит, мелкочешуйчатый мусковит. Наиболее распространены брекчиевые типы руд (обломки флюорита с кварцевым цементом), менее — массивные (верхние части рудных тел), реже — прожилково-вкрапленные (в зальбандах жил). Способы разработки – открытый (20 % запасов) и подземный (вскрытие штольнями и слепым стволом). Руды легкообогатимые. Схема обогащения флотационная. Выход концентратов – 48.33 %, извлечение полезного компонента при обогащении 81.73 %, общее извлечение 93.4 %. Содержание вредных примесей

незначительно. Товарная продукция: концентраты марок ФФ-95, ФФ-92. Подготовлено к освоению, частью разрабатывалось. Было резервным для Калангуйского комбината. По состоянию на 01.01.1998 года балансовые запасы руды — 978 тыс. т (среднее содержание флюорита 37.6 %).

Согласно Госбаланса [Богатства недр..., 2008], балансовые запасы флюорита на 01.01.2007 года по категориям составляли (тыс. т): $АВС_1$ 329, $С_2$ 2.0, $АВС_1 + С_2$ 331, доля в балансе запасов РФ – 1.3%. В 2004 году добыто 12 тыс. т флюорита, что составило 3% от общей добычи этого минерала в РФ. Перспективы месторождения, тем не менее, известными запасами не исчерпаны и, согласно прогнозной оценке, они могут быть увеличены в 1.5–2 раза при дополнительном изучении рудного поля [А.И. Котова, Н.П. Котова, 2004].

В Оловяннинском районе находится ***Степное*** месторождение флюорита. Руды карбонатно-кварцево-флюоритовые. Разрабатывается, в 2004 году добыто 5 тыс. т флюорита. Балансовые запасы категории $С_2$ составляют 407 тыс. т флюорита [Богатства недр.., 2008].

В Балейском рудном районе оценено штольневыми горными выработками и бурением ***Березовое*** месторождение флюорита. Флюорит по качеству сходен с калангуйским. Забалансовые запасы флюорита согласно сводке [Богатства недр.., 2008], составляют 818 тыс. т. Месторождение входит в состав госрезерва.

Солонеченское месторождение флюорита наряду с Пуринским и Дучарским относится к известным с XVIII века. Расположено в Газимуро-Заводском районе, в междуречье верховий Урова и Урюмкана, на склонах и в долине речки Солонечная. Первооткрыватель не известен. Впервые упоминается в Горном журнале за 1834 год. В XVII–XIX веках периодически разрабатывалось. Флюорит использовался для приготовления шихты, а также пробиром Санниковым в пробирном искусстве для снижения температуры плавления шихты и улучшения отделения верблея от шлака. Разведывалось с перерывами Н.С. Лавровичем, В.О. Ружицким (1931–1936 годы), М.И. Найда (1942–1943 годы), Н.И. Ново-

селовым (1952–1957 годы). А.В. Грачевым, Р.В. Хоферстом в 1986–1987 годах произведена доразведка. Входит в Солонечный флюоритоносный узел Газимуро-Заводского рудного района. Залегает в гранитоидах шахтаминского интрузивного комплекса, прорванных дайками этого же и кукульбейского комплекса. Приурочено к пересечению северо-восточной и северо-западной зон глубинных разломов, локализовано в Солонечной тектонической зоне северо-восточного простирания длиной примерно 7 км, шириной до 1.0 км. Выявлено 12 рудных тел в составе отдельных и сопряженных жил субширотного простирания с крутым падением на север. В Основном, Восточном, Северном и Юбилейном жильных телах сосредоточены основные запасы промышленных руд. Протяженность рудных тел 30–1380 м, мощность 0.24–45.4 (средняя 5.45). Оруденение прослеживается до глубин 50–210 м, среднее содержание флюорита 39.52–42.32 % (вариация от 9.61 до 92.01 %). Принадлежит к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы – флюорит, кварц, второстепенные – адуляр, кальцит, гидрослюда, редкие – сульфиды. Флюорит – крупнокристаллический, ярко-зеленый, фиолетовый. Кварц – гребенчатый, полосчатый, мелкозернистый. Руды массивные, брекчиевые, прожилково-вкрапленные с содержанием флюорита в среднем 26.68–65.0 %. Вредные примеси (%): SiO_2 – 57.3, $CaCO_3$ – 0.34, S – 0.086, P_2O_5 – 0.015. Руды легкообогатимые, исключительно чистые, пригодные для синтеза оптических кристаллов. Разработка – открытая, карьером глубиной до 70 м в 1958–1972 годах и подземная с 1973 года – штольневые горизонты 940–816 м отработаны системой с маганизированием руды, до горизонта 676 м – вскрытием вертикальными стволами. Схема обогащения – гравитационно-флотационная, обеспечивает получение концентратов марок ФГ-85, ФФС-95, ФФС-92, ФКС-85, ФКС-75. Разработка велась параллельно с разведкой: в XVIII веке кустарным способом для нужд сереброплавильных заводов; в 1930–1940–1960-е и 1970-е годы добыто 319, 752, 143 и 73 тыс. т руды. С 1958 года после утверждения и пуска обогатительной фабрики велась регулярная отработка месторождения. ВКЗ в 1959 году утверждены запасы в количестве 560.8 тыс. т

руды. С начала разработки до 1987 года добыто 798 тыс. т руды (332 тыс. т флюорита). По состоянию на 01.01.1998 года балансовые запасы руды составляли 654 тыс. т при среднем содержании флюорита 40.2 %. Обеспеченность рудника Солонечный запасами на 14 лет, с учетом запасов Брикачанского месторождения (189 тыс. т руды) еще 7 лет. По состоянию на 01.01.2007 года балансовые запасы флюорита составляли (тыс. т) по категориям: $АВС_1$ 237, $С_2$ 20, $АВС_1+С_2$ 257. Забалансовые запасы всего – 9 тыс. т. Перспективы месторождения известными запасами не исчерпаны. Поэтому необходимо детальное изучение Солоneченской и Брикачанской рудоносных структур на их флангах и глубоких горизонтах [А.И. Котова, Н.П. Котова, 2006].

В двух километрах от рудника Солонечный в 1963 году Ю.В. Павленко открыто ***Брикачанское*** месторождение флюорита. В его пределах разведано 4 рудных тела. Восточное и Западное имеют промышленное значение. Они расположены в единой структуре субширотного направления и отделены друг от друга по простиранию интервалом в 95 м безрудных горных пород. Форма рудных тел жилообразная. С глубиной рудные тела резко выклиниваются, становятся существенно кварцевыми, по простиранию и падению не выдержаны. Руда кварц-флюоритовая. Главные минералы — флюорит и кварц; второстепенные — кальцит, пирит, гематит, гидрооксиды железа, глинистые минералы, адуляр.

Флюорит обычно образует кристаллы октаэдрического, кубооктаэдрического и кубического габитуса до 5 см. Окраска варьирует от белой до темно-фиолетовой. Содержания (%) флюорита в руде 2.75–96.56, основных и вредных компонентов: CaF_2 — 8.76–88.88 (среднее — 48.78); SiO_2 — 8.76–80.88 (среднее — 43.6); CaO — 0.6–2.2 (среднее — 1.14); S — до 0.087 (среднее — 0.007); P_2O_5 — 0.01–0.053 (среднее — 0.02). На обогатительной фабрике из руд по гравитационно-флотационной схеме получается гравитационный концентрат марок Ф-85 и Ф-92 и флотационный — ФФ-95. Балансовые запасы CaF_2 по состоянию на 01.01.1998 года составляли 189 тыс. т при содержании 49.1 %, обеспеченность запасами 7 лет. По состоянию на 01.01.2007 года балансовые запасы (тыс. т) $АВС_1$ 49, $С_2$ 5, $АВС_1+С_2$ 54, забалансовые – 1.0.

В Дарасунском рудном районе находятся два промышленных месторождения флюорита: Усуглинское и Улунтуйское. Оба расположены в Тунгокоченском административном районе.

Усуглинское месторождение находится в междуречье Усугли и Жипкоша, близ села Верх-Усугли, в 110 км от железнодорожной станции Шилка. Открыто в 1936 году охотником С.К. Соболевым, положительно оценено Д.А. Зенковым в том же году и Б.С. Блиновым вторично в 1954 году. Разведано Усуглинской ГРП ЧГУ Б.С. Блиновым в 1954–1958 годах. Подсчет запасов произведен Б.С. Блиновым и А.И. Котовой в 1958 году. Относится к Усуглинской группе месторождений Забайкальской флюоритоносной провинции. Описание месторождения дается по А.И. и Н.П. Котовым [Энциклопедия Забайкалья, 2006.]. Рудное поле площадью 30 км^2 приурочено к брахиформному куполу, сложенному гранито- и диорито-гнейсами, местами мраморизованными известняками архея – нижнего палеозоя. Флюоритовые жилы локализованы в разрывных нарушениях зоны глубинного разлома, сопряженного с разломом вдоль борта Кучегер-Усуглинской депрессии (рис.13.19). Выявлено пять участков, удаленных друг от друга на 1–3 км. Они включают семь флюоритоносных жил плитообразной формы северо-западного простирания, крутого падения на юго-запад, реже на северо-восток. Длина жил 0.5–3.0 км, средняя мощность 0.3–1.8 м, среднее содержание флюорита от 15 до 47–75 %. Промышленное оруденение сконцентрировано в рудных столбах, число которых в жилах от 1 до 5, глубина промышленного оруденения 30–170 м, в центральной части жилы Главной – до 400 м. С глубиной длина и мощность жил уменьшаются, происходит обеднение руд флюоритом и обогащение кварцем. Месторождение относится к кварц-флюоритовому минеральному типу. Минеральный состав руд (в %): 80–90 – флюорит и кварц, глинистые минералы (каолинит, диккит, накрит) и гидроокислы железа – 1–10, примеси барита, кальцита, пирита, апатита (менее 1). Промышленные типы руд: флюоритовые богатые (75–85% флюорита) – массивные, массивно-кристаллические; кварц-флюоритовые (40–65% флюорита) – полосчатые, с разноокрашенным массивным флюоритом и кварцем; флюорит-кварцевые (30–54 % флюорита) – брекчиевые; флюо-

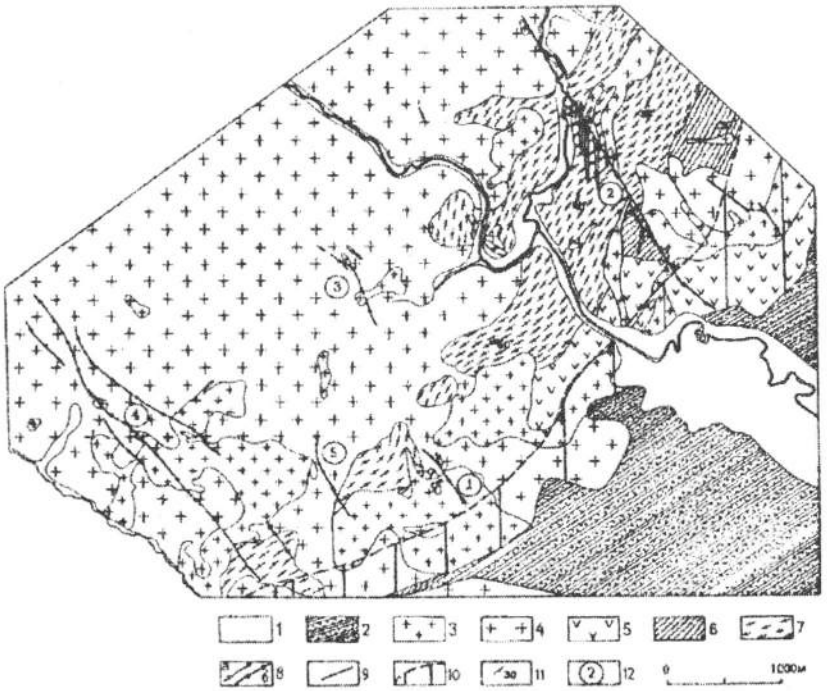


Рис.13.19. Геологическая карта Усуглинского рудного поля (по Б.С. Блинову и др.):

1 – четвертичные отложении; 2 — нижнемеловые континентальные отложения доронинской свиты (алевролиты, песчаники, конгломераты); 3–4 – позднепалеозойско-раннемезозойские гранитоиды (3–2-й фазы, 4 — 1-й фазы); 5 — ранне-среднепалеозойские диориты; 6–7 — нижнепротерозойские метаморфизованные образования (6 — ортогнейсы преимущественно диоритового состава, 7 — анатектические граниты, мигматиты, кристаллические сланцы); 8 — гидротермальные жилы (а — кварц-флюоритовые, б — кварцевые); 9 — разрывные нарушения; 10 — зона катаклаза и милонитизации Нерча-Ульдургинекого разлома; 11 — элементы залегания пород; 12 — номера участков Усуглинского месторождения: №1 – Меркушинский, №2 – Усуглинский, №3, №4 – Жипкошинский, №5 – Промежуточный.

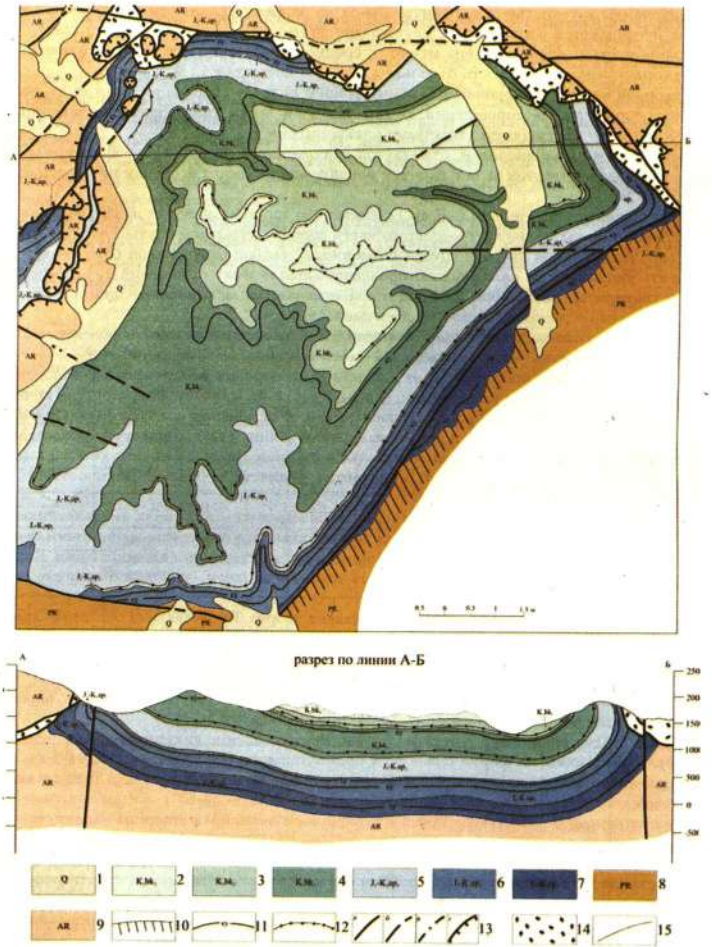


Рис.11.3 Геологическая карта и разрез Апсатского месторождения каменных углей Схема геологического строения Апсатского месторождения. По:[Инвестиционные ...,2002].

Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения; 2 – отложения верхней быйикинской подсвиты; 3 – отложения средней быйикинской подсвиты; 4 – отложения нижней быйикинской подсвиты; 5 – отложения верхней апсатской подсвиты; 6 – отложения средней апсатской подсвиты; 7 – отложения нижней апсатской подсвиты; 8 – образования нижнего протерозоя; 9 – образования архея; 10 – латеритная кора выветривания; – пласты каменного угля; 12 – конгломераты; 13 – разрывные нарушения: а – разломы достоверные, б – разломы предполагаемые, в – разломы скрытые под четвертичными отложениями, г – надвиги; 14 – тектонические пластины (зоны тектонического меланжа); 15 – геологические границы.

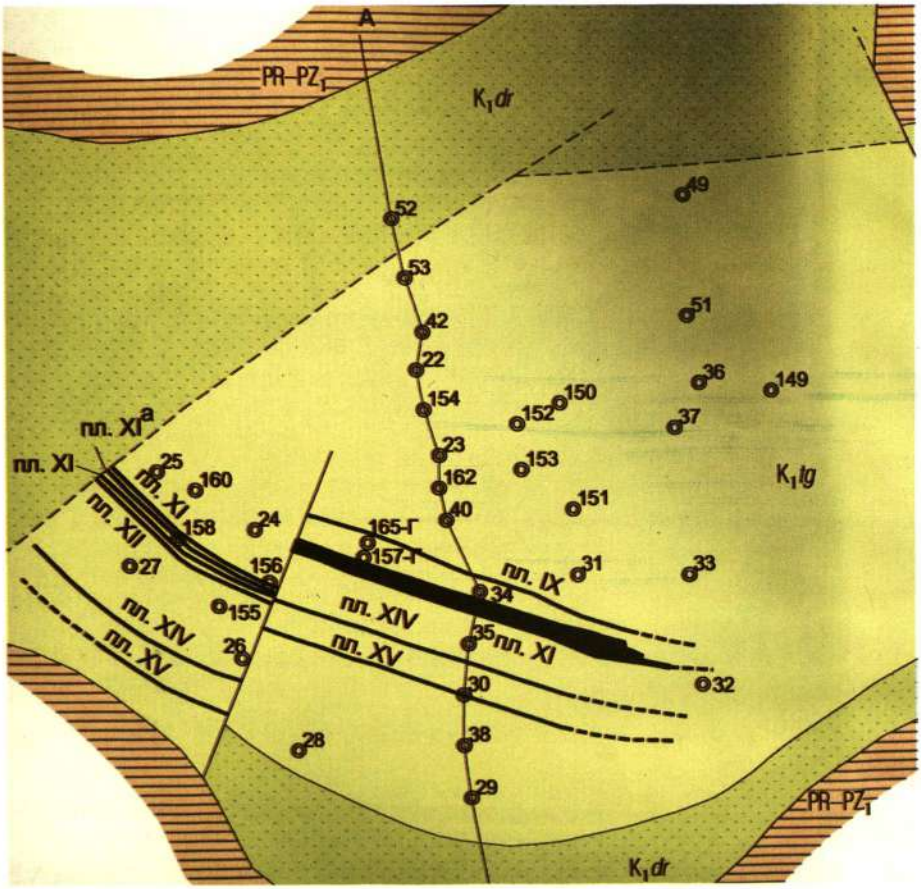


Рис.11.4. Геологическая карта и разрез Зашуланского месторождения каменных углей. Геологическая карта Зашуланского месторождения. По: [Инвестиционные ..., 2002].

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Тигнинская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями и линзами углей

Доронинская свита. Конгломераты, гравелиты, песчаники с редкими прослоями алевролитов

Кристаллические породы фундамента. Гнейсы, гранито-гнейсы, кристаллические сланцы

Выходы угольных пластов и их номера:

1 - прослеженные

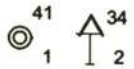
2 - предполагаемые

Геологические границы

Тектонические нарушения:

1 - по геологическим данным

2 - по геофизическим данным



Буровые скважины и их номера:

1 - на карте

2 - на разрезе

Рис.11.6.Погрузка угля из забоя экскаватором ЭКГ-8и в автосамосвал БелАЗ-7519. Тугнуйский разрез.

Рис.11.7. Погрузка экскаватором роторным ЭР-1250 угля со склада в вагон. Тугнуйский разрез.

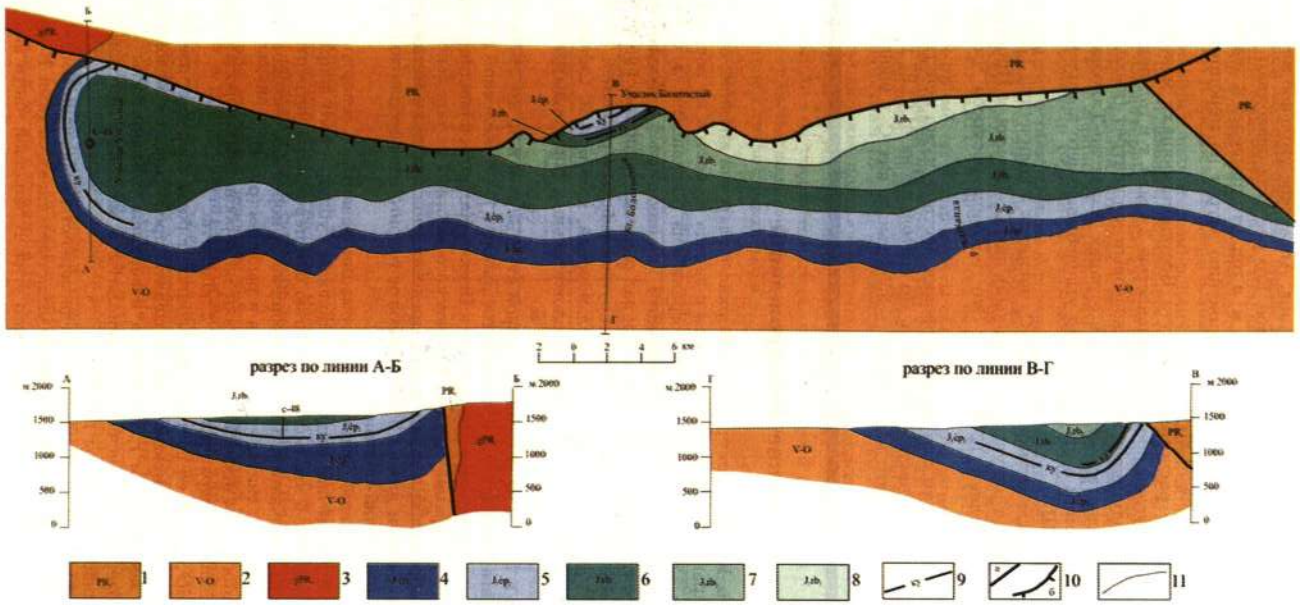


Рис. 11.8. Геологическая карта и разрез Читкандинского месторождения каменных углей Геологическая карта Читкандинского месторождения. По: [Геологическое строение..., 2002]

Условные обозначения: 1 – метаморфические породы нижнего протерозоя; 2 – осадочные породы венда – ордовика; 3 – граниты нижнего протерозоя; 4 – отложения нижней чепинской подсвиты; 5 – отложения верхней чепинской подсвиты; 6 – отложения нижней рыбачей подсвиты; 7 – отложения средней рыбачей подсвиты; 8 – отложения верхней рыбачей подсвиты; 9 – пласты каменного угля; 10 – тектонические нарушения: а – разломы, б – надвиги; 11 – геологические границы.

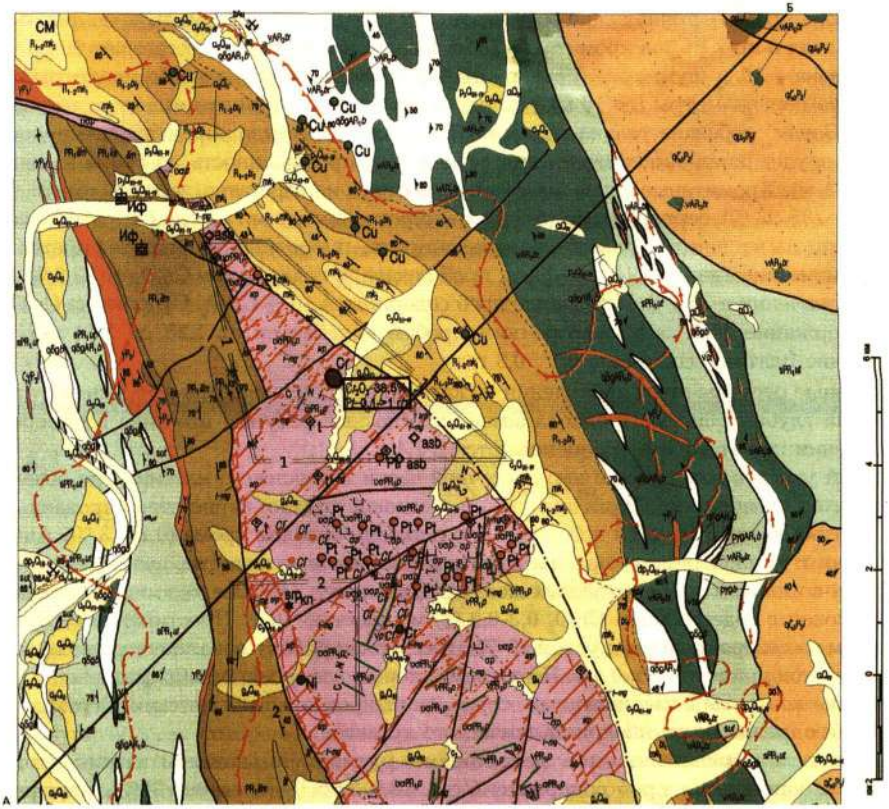
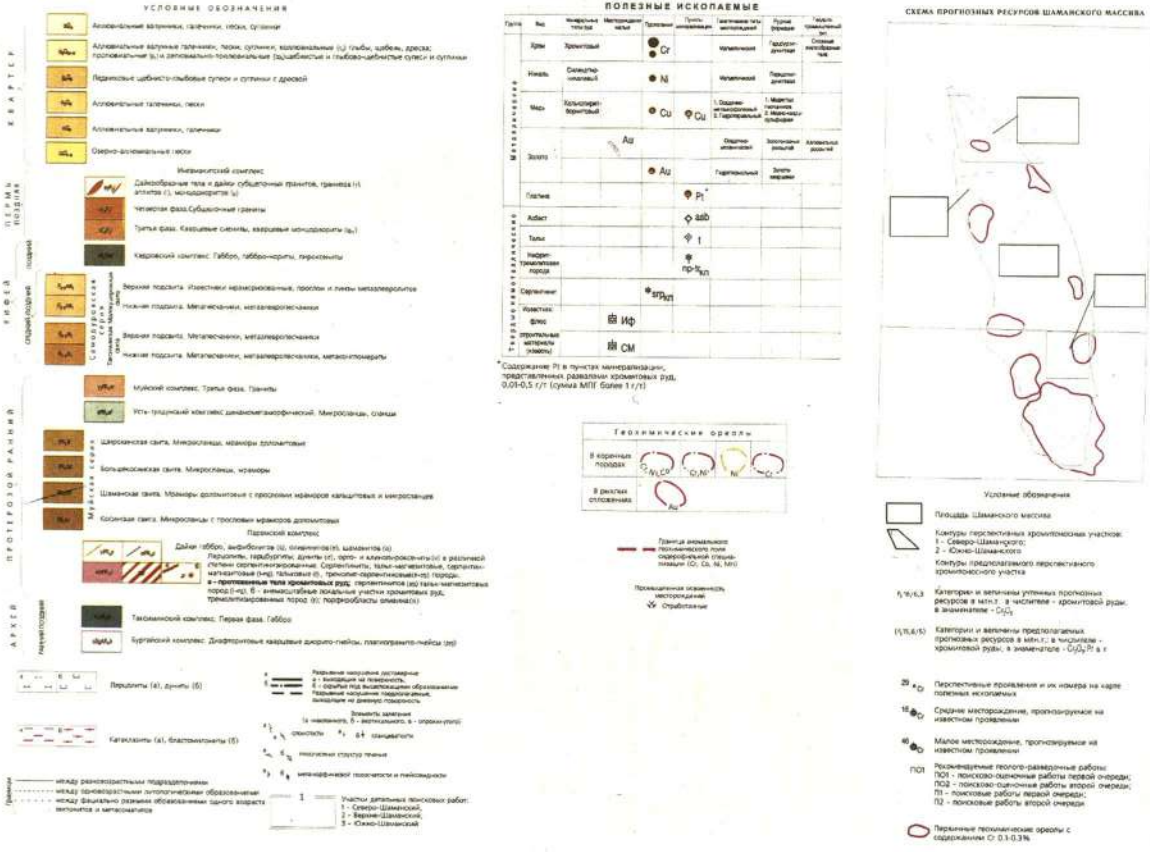


Рис.13.6. Фрагмент геологической карты Шаманского массива с указанием расположения проявлений хризотил-асбеста. По:[Геологическое строение..., 200].

Условные обозначения к рис. 13.6.



Условные обозначения к рис. 13.6.

Рис.13.9. Фрагмент жилы флюорита различной ораски. Брикачанское месторождение.
Размеры глыбы 40 х 50 см.

Рис.13.13. Ювелирно-поделочный флюорит Начирского участка Гарсонуйского месторождения.

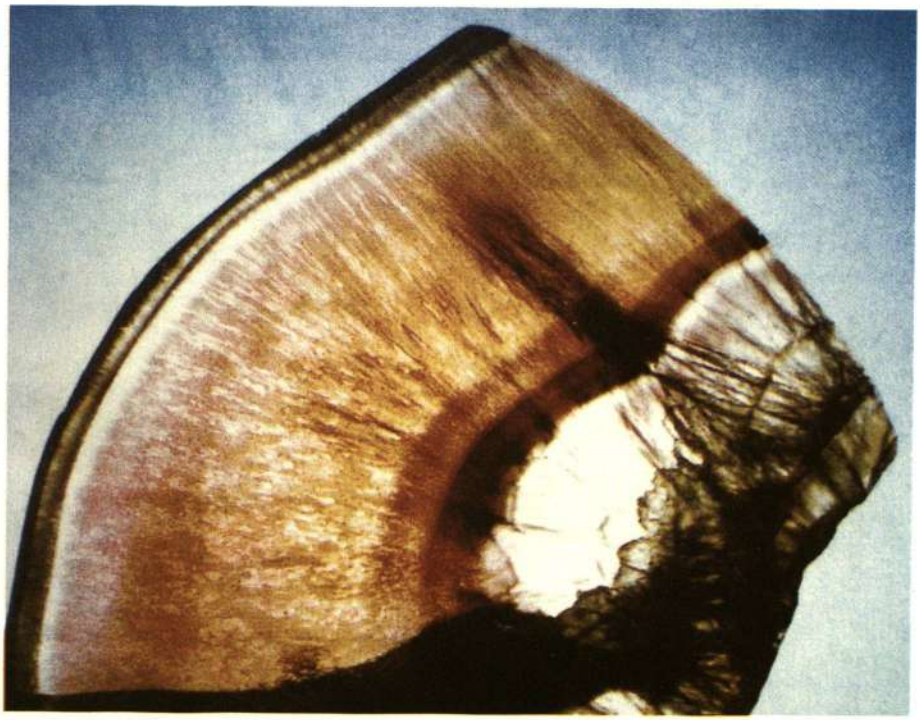


Рис.13.17. Фрагмент среза сферолита поделочного флюорита жилы Гаражной.

Рис.13.18. Брекчиевая бедная флюоритовая руда.

рит-кварцевые бедные (15–30 % флюорита) и очень бедные (до 15 % флюорита) – прожилково-вкрапленные, присутствуют лишь участки флюоритизации в пережимах и на выклиниваниях жил. Вредные примеси: $CaCO_3$ – 0.99 %, фосфор – 0.04 %, сера – 0.018 %. Способ разработки подземный, фактическая глубина рудоразработки 320 м, годовая производительность – 41.3 тыс. т. Технология обогащения – рудоразборка с механической сортировкой, комбинированная флотационно-гравитационная с получением концентратов марок Ф-95 Б, ФКС-85, ФКС-75, ФФС-95, ФГ-65. По состоянию на 01.01.1998 года балансовые запасы руды 1213 тыс. т, забалансовые – 357 тыс. т при среднем содержании фтористого кальция 56,4 %. Обеспеченность запасами 20 лет. Разработка велась с 1959 года. С 1994 года добыча флюорита не проводилась, горные выработки затоплены. Согласно [Богатства недр..., 2008], балансовые запасы флюорита Усуглинского месторождения по категориям (тыс. т) на 01.01.2007 года составляли: $АВС_1$ 586, $С_2$ 98, $АВС_1 + С_2$ 684, доля в запасах России 2.5%. Забалансовые запасы – 106 тыс. т.

В Нерчинском районе, в 34 км к востоку от рудника Усугли, в 90 км от железнодорожной станции Шилка, на левом берегу реки ***Улунтуй*** находится Улунтуйское месторождение флюорита. Оно открыто техником-геофизиком И.Г. Стуковым в 1957 году. Описание его дается по А.И. Котовой, Н.П. Котовой, 2006 [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Месторождение разведано П.А. Котовым и А.И. Котовой в 1958–1960 годах. Доразведка проведена А.И. Рындиным в 1981 году и Г.Ф. Ильиной в 1984–1994 годах. Длительность доразведки связана с недостатком финансирования в начале охватившей страну перестройки. Месторождение относится к Усуглинской группе месторождений Забайкальской флюоритоносной провинции. Рудное поле площадью до 10 км^2 приурочено к мезозойскому купольному поднятию, сложено гранитами архея, перми, ранней юры, диоритами и габбро-диоритами раннего палеозоя, прорванными средне-позднеюрскими дайками и штоками кислого и среднего состава. На этой площади выявлено семь кварц-флюоритовых жил пластинообразной и линзовидной формы субширотного простирания с крутым (50–80°) падением

на юг и юго-восток. Основная часть руд сконцентрирована на Восточном участке в жилах Главной, Северной, Западной, длина которых по простиранию прослежена на 90–660 м. Средняя мощность составляет 0.8–1.7 м, протяженность на глубину 80–300 м (рис.13.20). Среднее содержание флюорита находится в пределах 63–76 %.

Относится к кварц-флюоритовому минеральному типу. Главные минералы жил – флюорит и кварц, редкие – кальцит, каолинит, пирит, гидроокислы железа, гематит. Основные типы руд массивные и полосчатые (60–76 % флюорита), реже прожилково-вкрапленные и бречиевидные (25–35 % флюорита). Руды легкообогатимые, почти не содержат вредных примесей. Способ разработки подземный (штольня, слепая шахта). Разработаны два варианта схемы обогащения: 1) комбинированная гравитационно-флотационная с получением концентратов марок Ф-92, Ф-95 и 2) флотационная для получения концентратов марки ФФ-95. Разработка месторождения рудником Усугли началась в конце 1990-х на базе утвержденных ГКЗ в 1962 году запасов в количестве 502 тыс. т руды ($B+C_1$). В результате доразведки в 1984–1994 годах запасы были увеличены, и по состоянию на 01.01.1998 года балансовые запасы руды составляли 853 тыс. т, а забалансовые – 697 тыс. т со средним содержанием CaF_2 65.4 %. Обеспеченность запасами 24 года. Согласно [Богатства недр..., 2008], балансовые запасы по состоянию на 01.01.2007 года составляли по категориям (тыс. т): ABC_1 407, C_2 68, $ABC_1 + C_2$ 475, забалансовые запасы – 248, доля в запасах РФ 1.7%.

Рассмотренными месторождениями не исчерпываются источники флюорита в Забайкальском крае.

Порядка 10 месторождений флюорита известно в ***Республике Бурятия***. Наиболее крупное из них ***Эгитинское***, доля запасов которого в общем балансе РФ составляет 6.7%, а добычи – до 8.4%. Оно расположено в бассейне верхнего течения реки Уда, в 4 км к северу от села Комсомольское Еравненского района Бурятии. Открыто в 1974 году Х. Замалетдиновым (Сосновгеология). Поисковые работы проведены в 1974–1977 годах, разведочные – в 1978–1986 годах под руководством

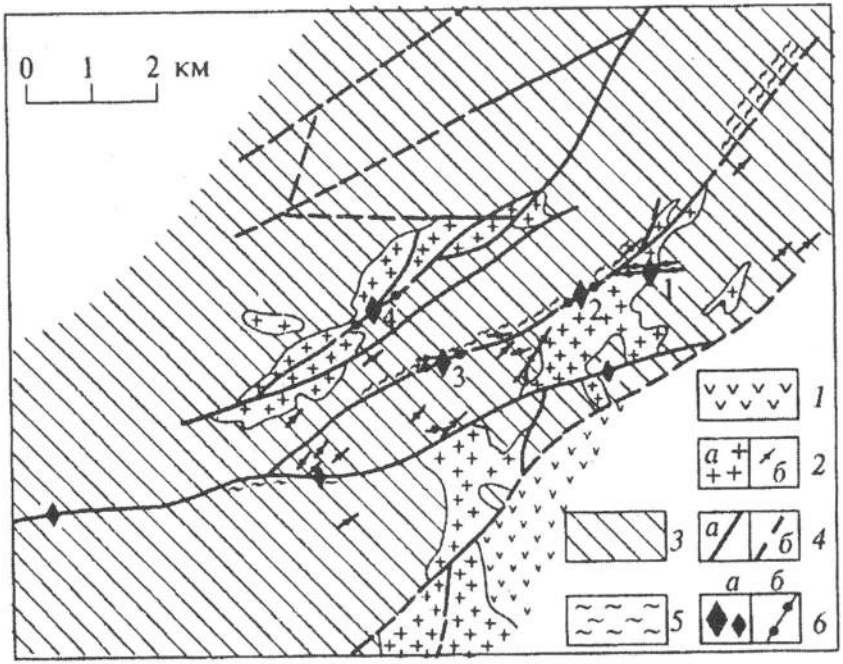


Рис.13.20. Структурно-геологическая схема Улунтуйского рудного поля (по П.А. Котову): *1 – средне-верхнеюрские эффузивы среднего состава; 2 – средне-позднеюрские гранитоиды, дайки пестрого состава; 3 – горные породы домезозойского фундамента; 4 – разрывные нарушения; 5 – катаклаз и лимонитизация; 6 – участки месторождения: 1 – Восточный, 2 – Центральный, 3 – Западный, флюоритовые жилы (а), рудопроявления (б).*

В.Б. Убодоева, Б.К. Виноградова и В.М. Михайлова. Изучение месторождения провели А.А. Черепанов, К.Б. Булнаев, В.Д. Попов, В.В. Коротаев и другие.

Месторождение находится в пределах северо-западной ветви Забайкальской флюоритоносной провинции на северо-восточном фланге Джида-Витимской флюоритоносной зоны [Месторождения Забайкалья, 1995]. Основными структурными элементами месторождения являются Погромнинское горстовое поднятие и ограничивающая его с юго-востока Поперечинская межгорная впадина. Рудное поле находится в южной части Погромнинского горста. Она сложена преимущественно Ерав-ненским ксенолитом вулканогенно-осадочных горных пород кембрийского возраста (рис.13.21). Разрез этого ксенолита на площади месторождения сложен мраморизованными известняками с прослоями ороговикованных микросланцев и роговиков. В пределах месторождения развиты разные по составу дайки палеозойского и мезозойского возраста. Карбонатные породы слагают синклинальную складку. Наиболее тесно сопряжены с рудными телами дайки субщелочных горных пород позднеюрского возраста. Оруденение приурочено к двум тектоническим структурам – разломам Центральному и Контактовому. В этих же структурах находятся дайки трахириолитов и силлы кварцевых сиенитов. К первому приурочены рудные тела I рудной зоны, ко второму – II-й. Кроме того, в северной части месторождения выявлен Долеритовый разлом. На участке пересечения его с Центральным разломом находятся рудные залежи III-й рудной зоны. В результате разведочных работ выявлено 23 рудных тела. Протяженность I-й рудной зоны по простиранию 940 м, ширина до 400 м. Протяженность по падению 270 м. Протяженность второй зоны, находящейся в 400 м к югу, до 1 км при ширине 100 м и прослеженной протяженности на глубину до 250 м. Рудная зона III находится в 1 км севернее зоны I на расстоянии 200 м. Простирание её субширотное. Протяженность до 600 м, ширина 100–150 м. Прослежена на глубину до 230 м.

Морфология рудных тел достаточно сложная. Наиболее крупные рудные тела имеют форму сложных пластообразных залежей (рис.13.22). Пологие дайки играют роль экранов, под

которыми формируются мощные рудные тела (рис. 13.23). Большинство рудных тел сложено брекчиевыми рудами. В них обломки известняков и магматических горных пород сцементированы кварц-флюоритовыми агрегатами. Присутствуют также плотные массивные руды. Характеристика рудных тел дана в табл.13.4.

Главными рудообразующими минералами являются кварц, флюорт и кальцит, второстепенными – глинистые минералы, полевые шпаты, сульфиды, гидроксиды железа, фторапатит. Несмотря на то, что в рудах присутствует кальцит, количество его не превышает 5–10%. И только в приконтактовых частях рудных тел, где они контактируют с известняками, в основном руды кварц-флюоритовые. По содержанию флюорита руды Эгитинского месторождения относятся к богатым: 53.28% в балансовых, 40.88 в высококарбонатных и 52.18 в забалансовых.

Схема обогащения позволяет получать флотоконцентрат ФФ-92 при извлечении флюорита 72.54%. При содержании кальцита до 14% обогащение возможно проводить по единой флотационной схеме.

Первоначальные запасы руд Эгитинского месторождения были утверждены в количестве (тыс. т) по категориям: C_1 – 3537.5 , C_2 – 742.9 при среднем содержании флюорита 53.2%. Прогнозные ресурсы по категориям P_1 и P_2 суммарно в количестве 5.9 млн. т руды. В 1989 году месторождение отрабатывалось Забайкальским ГОКом. Часть руды поставлялась на переработку на Харанорскую фабрику в Республике Бурятия.

Согласно [Богатства недр..., 2008], балансовые запасы флюорита Эгитинского месторождения на 01.01.2007 года составляют (тыс. т): ABC_1 1628, C_2 197. $ABC_1 + C_2$ 1825. В 2004 году добыто 33 тыс. т флюорита.

Второе по значимости месторождение в Республике Бурятия – ***Наранское***. Оно расположено в Селенгинском районе, в 12 км к северо-западу от села Ташир и в 56 км от железнодорожной станции Селендума. Первые сведения о флюоритоносности площади были получены в 1959 году геологической партией под началом Д.Д. Сагалуева. Предварительная разведка

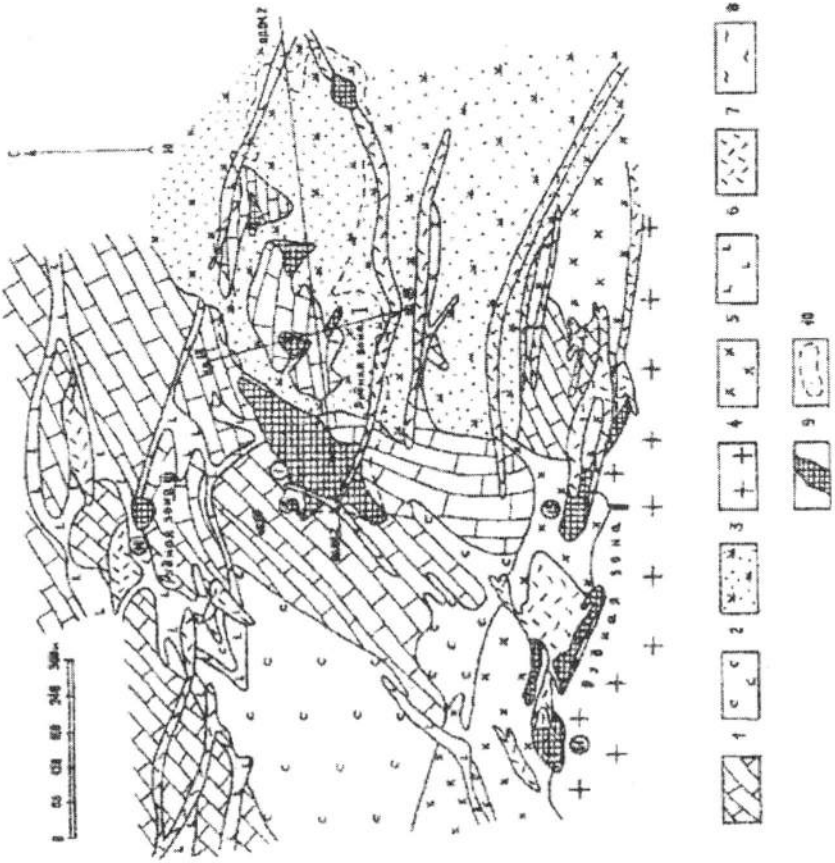


Рис.13.21. Схематическая геологическая карта Эгитинского месторождения (по В.М. Михайлову):

1 – известняки, 2 – скарны, 3 – автомагматическая брекчия дацитов, 4 – граниты, 5 – кварцевые сиениты, 6 – долериты, 7 – трахириолиты, 8 – аргиллизиты, 9 – флюоритовые рудные тела, 10 – проекция рудной зоны I на дневную поверхность.

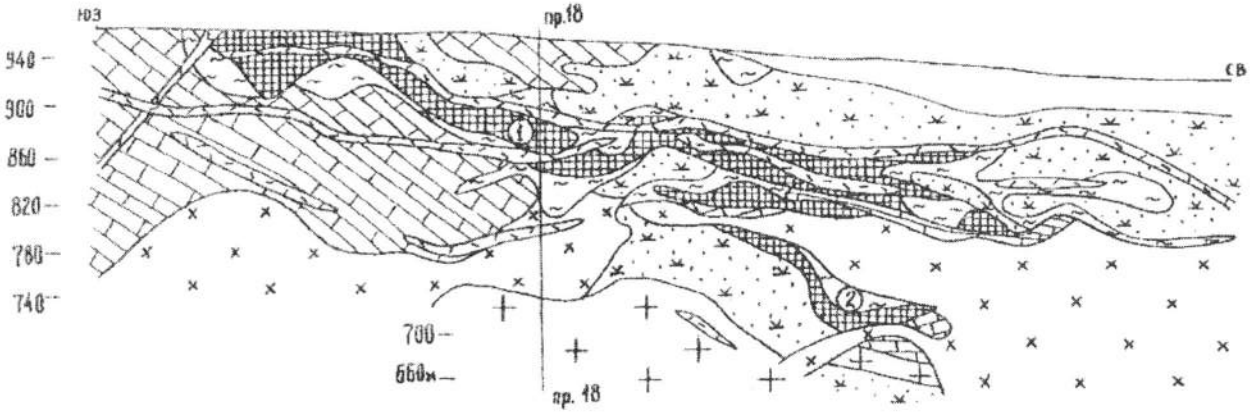


Рис 13.22. Продольный геологический разрез рудной зоны I с элементами структуры по профилю 0,1,2 (по В.М. Михайлову и Э.Н.Зеленому). Условные обозначения см. к рис. 13.21.

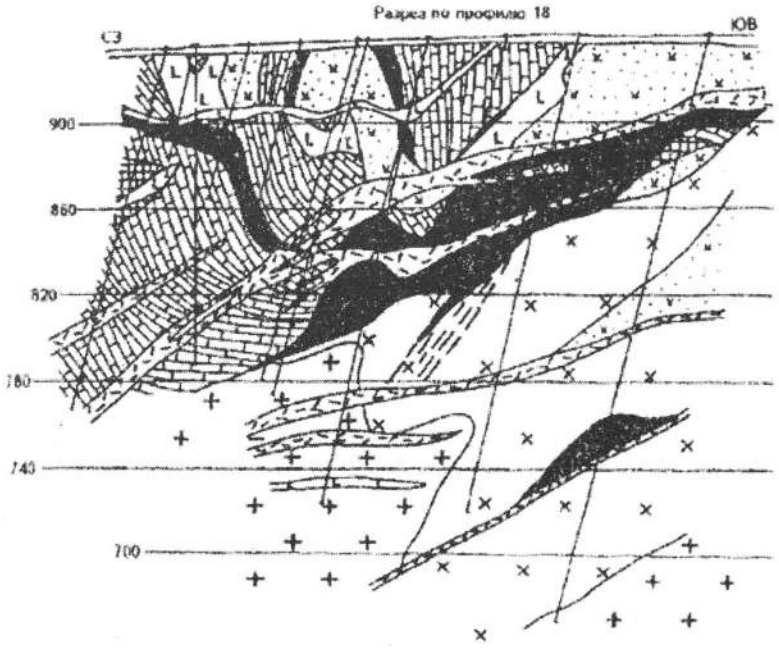


Рис.13.23. Поперечный разрез рудной зоны I по профилю18. Экранирование оруденения пологими дайками трахириолитов.

Условные обозначения см. к рис.13.21. Черным залиты рудные тела.

Таблица 13.4

Характеристика главных рудных тел Эгитинского месторождения [Месторождения Забайкалья, 1995]

Номер рудного тела	Форма рудного тела	Длина, м	Ширина, м	Мощность, м			Содержание, %		
				от	до	средняя	CaF_2	$CaCO_3$	SrO_2
Рудная зона I									
1.	Пластообразная залежь	760	310	0,9	65,0	14,0	54,63	11,24	20,45
2.	"	100	60	1,9	10,0	5,5	57,72	14,87	14,09
3	"	170	50	1,9	11,0	4,0	58,33	10,36	16,44
7.	Линзообразная	80	60	1,4	17,0	6,0	51,60	15,13	15,56
8.	"	80	20	2,7	6,1	4,5	29,01	31,86	22,41
Рудная зона II									
15	Пластообразная залежь	400	145	2,2	30	12,0	46,89	3,6	28,77
17	Линза	50	30	2,6	60	45,0	42,38	14,77	17,38
18	"	160	75	1,9	7,0	3,5	42,67	9,75	29,25
24	"	85	80	3,2	19,0	8,0	37,55	12,12	27,60
61	Линзообразная залежь	55	50	2,5	19,0	8,5	39,20	9,36	28,39
Рудная зона III									
10	Линзообразная залежь	160	70	0,8	15,0	3,7	45,61	15,22	18,45
55	Линза	40	60	-	-	11,9	56,14	12,69	14,12

проведена в 1967–1970 годах, а детальная в 1971–1975-х годах. Месторождение размещается на юго-западном продолжении Забайкальской флюоритоносной провинции, в её Джида-Витимской зоне. В состав Наранского рудного поля входят также участки Тосо, Орелок, Убур-Ташир-2, Юбилейный и Убур-Ташир. Структурная позиция Наранского рудного поля определяется, по К.Б. Булнаеву [Месторождения Забайкалья, 1995], расположением его в зоне сочленения байкальской и каледонской складчатости, которая пространственно совпадает с зоной Джида-Витимского глубинного разлома. Рудное поле расположено в южной краевой части Таширского гранитоидного массива триасового возраста, сложенного гранитами, грано-

сиенитами и сиенитами, в зоне контакта их с нижнетриасовыми осадочно-вулканогенными образованиями (рис. 13.24).

Структура рудного поля и размещение в нем оруденения определяется разноориентированными разрывными нарушениями. Среди них преобладают северо-восточные (50–60°), субмеридиональные и северо-западные (310–320°).

Разрывные нарушения северо-восточного простирания образуют мощную (до 5–7 км) Таширо-Темникскую зону разломов, прослеживаемую через всю территорию рудного поля (см. рис.13.24). В её пределах сосредоточено большинство рудных тел Наранского месторождения, участков Юбилейного и Убур-Ташир.

Разломы субмеридионального направления контролируют размещение дайковых образований «ичетуйского» времени. К ним же приурочены и все субмеридиональные рудные тела Наранского месторождения.

В пределах Наранского месторождения разведаны 17 рудных тел, из которых по девяти (№ 1,2,4,5,6,7,8,10 и 17) запасы флюоритовых руд утверждены ГКЗ СССР (1975 год).

Рудные тела подразделяются на жилы выполнения и минерализованные зоны дробления, в которых кварцево-флюоритовый материал цементирует брекчию вмещающих горных пород.

Эти два типа рудных тела тесно сопряжены друг с другом. Часто жилы выполнения, сложенные массивными и массивно-полосчатыми флюоритовыми или кварц-флюоритовыми рудами, по простиранию и падению переходят в брекчиевые (рис.13.25). Иногда в пределах одной жилы такие переходы могут повторяться неоднократно. В зависимости от типа руд и рудных тел широко варьирует содержание в них CaF_2, SiO_2, $A1_2O_3$ и некоторых других компонентов.

Мощность рудных тел подвержена значительным колебаниям, наблюдается чередование раздувов и пережимов, рудных и безрудных интервалов. Так, например, рудное тело №11 при общей длине с поверхности в 650 м состоит из трех обособленных линз, разделенных безрудными участками. Юго-западная линза массивных (40%) и брекчиевых (60%) руд имеет протяженность 150 метров.

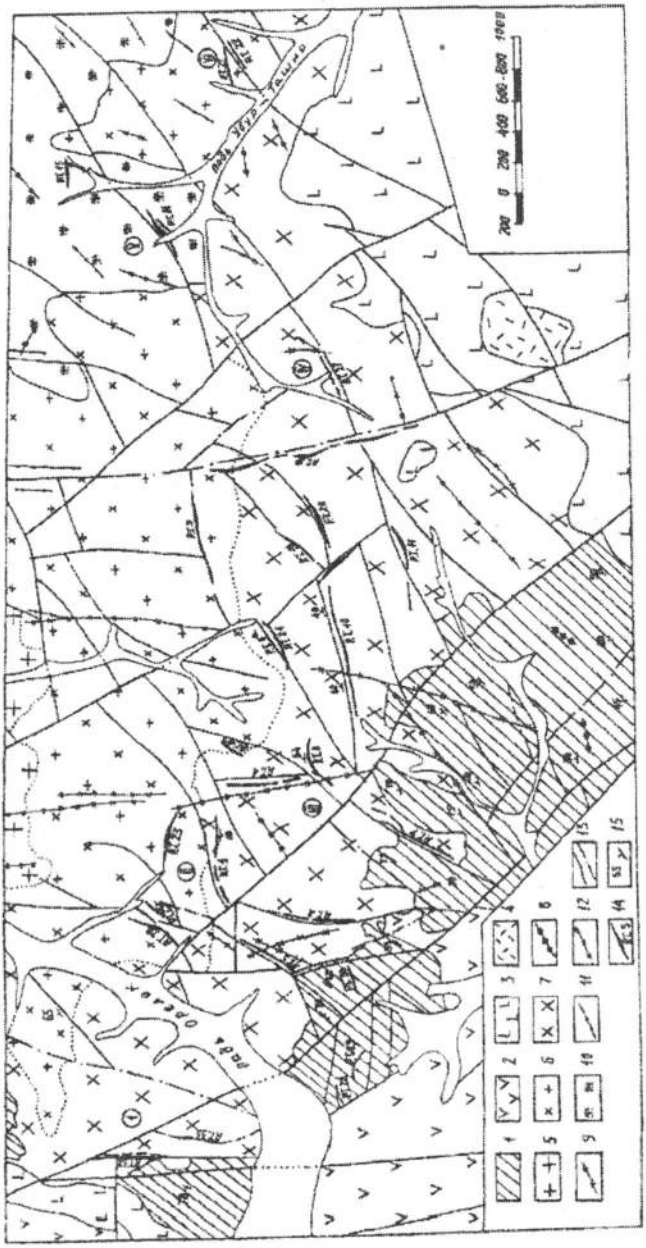


Рис.13.24. Схема геологического строения и флюоритоносности Наранского рудного поля (по В.С.Тетерину):

1 – позднепротерозойские осадочно-метаморфические породы; 2 – раннетриасовые осадочно-вулканогенные образования; 3 – нижнеюрские вулканогенно-осадочные породы; таширский вулканоплутонический комплекс: 4 — фельзиты и фельзит-порфиры (субвулканическая фация); 5 — лейкократовые граниты; 6 — граносиениты и лейкограниты; 7 – кварцевые сиениты и сиенит-порфиры; 8 – дайки гранит-порфиров; 9 – дайки риолит-дацитовых и риолитовых порфиров, сиенит-порфиров; урминский интрузивный комплекс; 10 – гранит-порфиры, порфировидные лейкограниты; 11 – дайки гранит-порфиров и аплитовидных гранитов; 12 – дайки диоритовых порфиритов, долеритов и микродиоритов, андезитовых и трахиандезитовых порфиров; 13 – разрывные нарушения (прослеженные и предполагаемые); 14 – кварц-флюоритовые рудные тела; 15 – элементы залегания.

Минеральный состав руд Наранского месторождения в жилах выполнения в чистом виде представлен почти целиком флюоритом и кварцем, находящимися в различных количественных соотношениях. В минерализованных зонах дробления наряду с этими двумя главными жильными минералами присутствуют породообразующие минералы вмещающих граносиенитов: полевые шпаты, магматический кварц, роговая обманка, биотит и некоторые другие.

Из второстепенных минералов наиболее часто отмечаются глинистые минералы зон аргиллизации. Сульфиды не характерны для руд этого месторождения. Преобладают брекчиевые, массивные и прожилково-вкрапленные текстуры.

Средние содержания флюорита в рудах от 25.5 до 42.5%, кварца – от 34.73 до 55.17 %, полевых шпатов – от 16.55 до 62.9. Вредные примеси весьма невелики. Рекомендована технологическая схема, включающая рудоразборку, измельчение и флотацию. Эта схема обеспечивает получение флотоконцентратов марки ФФ-95Б с содержанием флюорита 96.65 – 97.0 при извлечении минерала 98.4%, концентрат может подвергаться окомкованию с получением гранулированного концентрата ФО-95Б, пригодного для использования в металлургической промышленности. В результате ручной рудоразборки богатых руд из жил и линз можно получать кусковой флюорит марки Ф-92 и Ф-85.

Согласно [Богатства недр..., 2008], балансовые запасы флюорита Наранского месторождения на 01.01.2007 года составляют (тыс. т) $АВС_1$ 1621, $АВС_1 + С_2$ 1621, что составляет 6% от всех запасов флюорита РФ.

Выше уже сказано о Забайкальской флюоритоносной провинции. Пространственно она тяготеет и, вероятно, генетически связана с Монголо-Охотским минерагеническим поясом. За её пределами флюоритоносные зоны простираются на восток-северо-восток к Приморью, где находится одно из крупнейших – Вознесенское месторождение флюорит-оловоредкометалльных руд, на запад, в Бурятию и на юг и юго-запад – в Монголию, Тянь-Шань, Памир и далее вплоть до Афганистана, Вьетнама и Тайланда. Другая её ветвь уходит на запад

в Казахстан. Впервые в указанном объеме выделена в 1971 году [Юргенсон, 1971; Сизиков, 2003]. В ее составе находятся Северный (Забайкальский) и Восточно-Монгольский флюоритоносные пояса [Котов, 1995; Кошелев, 2002]. В пределах этой огромной провинции только на территории Забайкалья известны сотни месторождений и проявлений флюорита (см. рис. 13.25). Наибольшая концентрация их в Юго-Восточном Забайкалье, где число только промышленных месторождений достигает почти трех десятков. Здесь располагаются сотни проявлений и десятки промышленных месторождений флюорита. Они пространственно тяготеют к позднеюрским-раннемеловым гранитоидным интрузиям литий-фтористого типа, приурочиваясь к зонам тектонической активности на их крайней периферии, где сохранились от эрозии вмещающие их горные породы. Выделяемой многими авторами четкой поясности в их распределении при анализе пространственного размещения как гранитоидов, так и месторождений флюорита, не усматривается. Известные промышленные месторождения флюорита располагаются узлами. Наиболее крупные из них (с юго-востока на северо-запад): Уртуйский и Бугутуро-Абагайтуйский, Кличкинский, Тургинский, Букука-Белухинский, Балейский, Усуглинский и Улунтуйский. Указанные флюоритоносные узлы трассируют региональную зону разуплотнения, в пределах которой находится большое число месторождений золота, молибдена, вольфрама и других полезных ископаемых. Другая группа узлов включает Солонечный, Мотогорский, Уктычинский и другие. Северо-восточного простирания полоса мелких, как правило, непромышленных месторождений флюорита, локализованных в гранитах и приконтактовых частях вмещающих их горных пород в пределах Борщовочного и Даурского хребтов (Кангинский, Ингодинский, Хараминский, Саханайский и другие рудные узлы), не играет существенной роли в общем балансе флюоритового сырья. Сопряженность в целом ряде узлов флюоритового и другого, в частности, золотого, оруденения позволяет надеяться на вероятность их одновременной отработки.

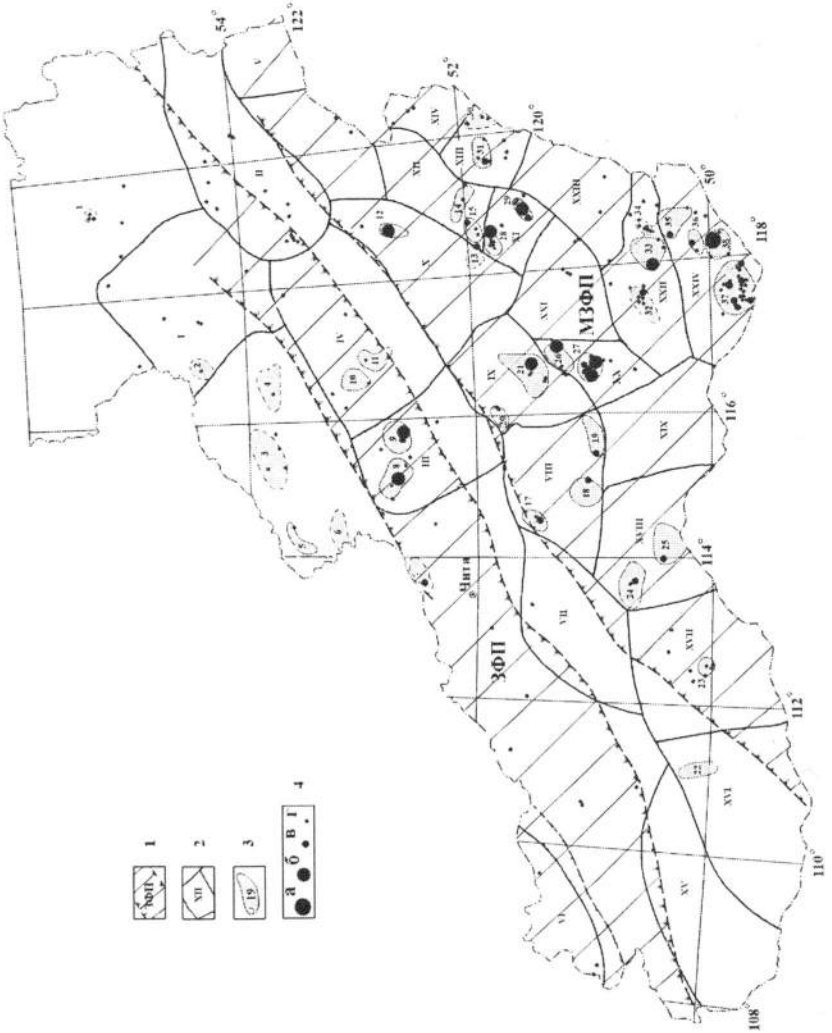

54°
122°
52°
120°
50°
118°
116°
114°
112°
110°
108°
Чита
ЗФП
МЗФП
1
2
3
4
а
б
в
г

Рис.13.25. Схема размещения флюоритоносных поясов, рудных районов и узлов Восточного Забайкалья. По [В.С. Кормилицын, 1973]

1 – Забайкальский (ЗФП) и Монголо-Забайкальский (МЗФП) флюоритоносные пояса (по даным [1]); 2 – флюоритоносные рудные районы и их номера: I – Верхне-Олекминский, II – Могочинский, III – Дарасунский, IV – Жирекенский, V – Холоджикано-Калтаганский, VI – Петровск-Забайкальский, VII – Тура-Илинский, VIII – Агинский, IX – Балейский, X – Сретенско-Карийский, XI – Газимуро-Заводской, XII – Будюмкано-Култуминский, XIII – Богдатско-Аркиинский, XIV – Калгано-Уровский, XV – Чикойский, XVI – Бальджиканский, XVII – Хапчерангинский, XVIII – Саханай-Дурулгуевский, XIX – Шерловогорский, XX –Кукульбейский, XXI – Шахтаминский, XXII – Кличкинский, XXIII – Нерчинско-Заводский, XXIV – Заурулюнгуевский; 3 – флюоритоносные рудные узлы и их номера: 1 – Мало-Ярхинский, 2 – Илакочинский, 3 – Канталакский, 4 – Зелено-Озерский, 5 – Юмурченский, 6 – Икилюнский, 7 – Монгойский, 8 – Усуглинский, 9 – Улунтуйский, 10 – Верхне-Куэнгинский, 11 – Агитинский, 12 – Шилкинско-Заводский, 13 – Верхне-Туровский, 14 – Покаинский, 15 – Березовский, 16 – Малетинский, 17 – Седловский, 18 – Орловско-Спокойнинский, 19 – Кулиндинский, 20 – Кангинский, 21 – Балейский, 22 – Ингодинский, 23 – Хараминский, 24 – Саханайский, 25 – Дурулгуевский, 26 – Букука-Белухинский, 27 – Тургинский, 28 – Уктычинский, 29 – Солонечный, 30 – Мулачинский, 31 – Мотогорский, 32 – Нарынский, 33 – Кличкинский, 34 – Урулюнгуевский, 35 – Куйтунский, 36 – Тулукуевский, 37 – Бугутуро-Агабайтуйский, 38 – Уртуйский; 4 – флюоритовые месторождения: а – очень крупные (с запасами руды более 10 млн т), б – крупные (5–10 млн. т), в – средние (2–5 млн. т), г – мелкие (менее 2 млн. т).

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства флюорита?
2. Особенности распространенности флюорита.
3. Каковы главные минералы фтора?
4. Где используется флюорит?
5. Каковы способы добычи, обогащения и переработки флюорита?
6. Главные типы месторождений и руд флюорита.
7. Назовите 10 основных месторождений флюорита в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Иванова А.А. Флюоритовые месторождения Восточного Забайкалья. — М.: Недра, 1974.

Колпус А.В., Коротаев В.В Минеральное сырье. Флюорит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Котов П.А. Месторождения северо-восточного фланга Забайкальского флюоритового пояса / Геология и генезис флюоритовых месторождений – Владивосток, 1968.

Месторождения Забайкалья / Под ред. акад. Н.П. Лаверова. – М.: «Геоинформмарк», 1995. – Т.1. Кн.1.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) / В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

Юргенсон Г.А. Солнечный камень Забайкалья. – Чита: Изд-во Заб. отд. Геогр. общ-ва СССР, 1971.

Якжин А.А. Закономерности размещения и формирования флюоритовых месторождений Забайкалья. – М.: Недра, 1962.

Дополнительная

Агрикола Георгий. О горном деле и металлургии в двенадцати книгах. – М.: Недра, 1986.

Замана Л.В. Фторидные воды Забайкалья // Докл. АН СССР. – 1990. – Т. 315. – № 5.

Кошелев Ю.Я. Флюоритовые месторождения Монголо-Забайкальского вулканического пояса: образование, размещение, перспективы поисков // Автореф. ... дисс. канд. геол.-мин. наук. – Чита, 2002.

Сизиков А.И. Забайкальская флюоритоносная провинция / Энциклопедия Забайкалья. Гл. ред Р.Ф. Гениатулин. Т. 2. – Новосибирск: Наука, 2006 – С. 369.

Флюорит (ресурсы, закономерности образования и размещения). – М.: Недра, 1976.

Юргенсон Г.А. Каменная радуга. – Иркутск: Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1980.

Юргенсон Г.А. Радуга в колеснице. – Иркутск: Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1991.

Agricola G. Bermannus, sive de re metallica – Basel, 1530.

13.11. Легкоплавкие глины.

13.11.1. Свойства.

Легкоплавкие глины – это осадочные горные породы, огнеупорность которых не превышает 1350°С. Их подразделяют на глины и суглинки, аргиллиты и глинистые сланцы.

Химический и минеральный составы (%) легкоплавких глин для производства керамических кирпичей и камней: SiO_2 – не более 85% (в том числе свободный кварц – 60), CaO+MgO – 20; аглопорита: SiO_2 – 88, Al_2O_3 – 8–20, Fe_2O_3 – до 8, CaO+MgO – до 20; керамзита: монтмориллонита – 27–40, каолинита – до 15, кварца – до 30, оксидов железа – не менее 3. Карбонаты должны отсутствовать.

Важнейшие их физико-механические свойства: пластичность, спекаемость, вспучиваемость.

Глины нетоксичны, не содержат вредных примесей, но, попадая в водоемы, могут изменять химический состав воды.

13.11.2. Области использования.

Используют легкоплавкие глины главным образом в производстве стеновых строительных материалов (керамический кирпич и камни), заполнителей для бетона (гравий, щебень, песок), портландцемента, керамических труб и плитки.

13.11.3. Минеральный состав и типы месторождений.

Основные минералы легкоплавких глин – это монтмориллонит $(Al_{1,67}Mg_{0,33})_2(OH)_2[Si_4O_{10}]\cdot Na_{0,33}(H_2O)_4$), гидрослюда (группа минералов переменного состава, образующихся при выветривании или гидротермальном преобразовании мусковита, биотита и других слюд, в результате чего часть их щелочных ионов обменивается на H^{1+}, H_3O^{1+} и $(OH)^{1-}$, каолинит ($Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$), кварц, полевые шпаты ($(Na, K)[AlSi_3O_8]$, микроклин или $(Na, Ca)[AlSi_3O_8]$, альбит), кальцит ($CaCO_3$), гипс, пирит, оксиды железа.

Месторождения легкоплавких глин распространены повсеместно.

Промышленные типы месторождений – элювиально-делювиальный, делювиальный, моренный, водно-ледниковый, аллювиальный, озерный, осадочный (морской), вулканогенно-осадочный (морской). Наибольшее значение имеют три последних типа.

По запасам (млн. т) месторождения легкоплавких глин подразделяют на крупные – более 20, средние – 20–5, мелкие – менее 5.

13.11.4. Требования к сырью.

Промышленное сырье – монтмориллонит-гидрослюдистое, каолинит-гидрослюдистое, монтмориллонитовое, каолинит-монтмориллонитовое. На технологические свойства сырья

влияет соотношение размера частиц минералов во фракциях. Фракция менее 0.001 мм сложена почти исключительно глинистыми минералами, 0.001–0.005 мм – глинистыми и неглинистыми минералами, 0.005–0.01 мм – преимущественно неглинистыми минералами, 0.01–2.00 мм – обломками кварца, полевых шпатов и других породообразующих минералов.

13.11.5. Добыча и переработка.

Месторождения разрабатывают открытым способом.

Промышленная переработка сырья в зависимости от его назначения включает:

1) при изготовлении керамических изделий – подготовку глин, шихтовку, формование, сушку и обжиг;

2) при производстве керамзита – камневыделение, продавливание через валок тонкого помола, гранулирование глиномассы и подсушивание гранул, термическую обработку;

3) при получении аглопорита – шихтовку (измельчение на валках смеси глины, угля крупностью менее 3 мм, костры, опилок и недожога углей крупностью менее 10 мм, пластифицирующих добавок), грануляцию шихты, ее спекание, дробление спека и классификацию его по гранулометрическим фракциям.

К вредным примесям в глинах отнесены Fe_2O_3, CaO, SO_3, MgO.

13.11.6. Месторождения легкоплавких глин в Забайкалье.

Легкоплавкие глины в Забайкалье распространены достаточно широко. На территории Забайкальского края известно 46 месторождений легкоплавких глин. Из них 3 крупных (Карымское, Михайловское, Казаковское), 8 средних и 35 мелких. Среди них выделяются две группы. К первой относят месторождения суглинков и глин для изготовления кирпича,

ко второй – для керамзитовых изделий. Общие запасы категории $A+B+C_1$ составляют 83971 тыс. м^3. Среднегодовая добыча – около 300 тыс. м^3. Из указанных запасов только 7004.9 тыс. м^3 пригодны для получения кирпича марки 200 и выше.

Первая группа представлена примерно пятидесятью месторождениями с общими запасами категории $A+B+C_1$ 69580.9 тыс. м^3 и C_2 – 40441.3 тыс. м^3. Из них эксплуатировалось 16 с общими запасами категории $A+B+C_1$ – 28609.4 м^3 и C_2 – 4500.6 м^3. К наиболее крупным относятся Березовское, Калангинское, Карымское, Мирнинское, Улетовское и Черновское. К резервным отнесено 17 месторождений, из них наиболее крупные Быркинское (3321 тыс. м^3), Ивановское (15452 тыс. м^3), Кононское (10184.8 тыс. м^3).

Мирнинское месторождение кирпичных глин расположено в Оловяннинском районе, в 45 км к юго-востоку от железнодорожной станции Оловянная, в 2 км от железнодорожной станции Мирная и в 10 км к юго-востоку от железнодорожной станции Ясная, на правом склоне долины реки Турга. Открыто и разведано в 1955–1956 годах. В 1961 и 1984 годах произведена доразведка северо-западного фланга. Продуктивная толща сложена четвертичными аллювиально-делювиальными песками, супесями, суглинками и глинами. Залежь глины неправильной формы прослежена в северо-восточном направлении на 1200 м, шириной 100–540 м, мощностью 1.1–23.2 м (средняя 10.3 м). Мощность отложений до 10 м, полезной толщи — 0.9–7.8 м (средняя 4.9 м). Она сложена глинами от светло-коричневого до темно-серых и черных тонов. Глины умеренно- и среднепластичные, низко- и среднежирные, образуют пластообразную залежь с тенденцией полного выклинивания на флангах. Содержание основных фракций глин (%): глинистой — 9.96–31.74 (средняя 17.34), пылеватой — 29.13–68.22 (средняя 51.0), песчаной в среднем — 31.66 м. Пластичность находится в пределах от 9.9 до 34.3 (в среднем 20.4). Сырье полукислое песчано-пылеватое. При добавлении в глину отощающей (шлак, 5 %) и выгорающей (уголь, 3 %) добавок возможно получение кирпича марок 100–150 в соответствии с ГОСТ 530–80. Благоприятно для открытой разработки. Коэффициент вскрыши – 0.3. Запасы по категориям (тыс. м^3): B — 613.3, C_1 — 1564.8.

Хужиртайское (южный участок) месторождение расположено в Приаргунском районе, в 20 км к юго-востоку от железнодорожной станции Приаргунск и кирпичного завода в нем. Разведано в 1983–1984 годах. В геологическом строении принимают участие элювиальные глины с прослоями супесей и песков нижнего мела и делювиальные глины и суглинки четвертичного возраста. Мощность элювиальных глин в среднем 7.7 м, делювиальных – 2.5 м. Мощность полезной толщи участка – 5.6–15.7 м, в среднем 10.6 м. Мощность почвенно-растительного слоя – 0.2–0.9 м. Полезная толща представляет собой крупную пластообразную залежь, сложную по литологическому составу и качеству сырья и строению. Коэффициент вскрыши 0.05. Глины и аргиллитоподобные глины элювия нижнемелового возраста светло-серые, серовато-белые до темно-коричневых, высокопластичные, среднедисперсные. Глинистая фракция (менее 0.01 мм) составляет (47.56–91.88 %). Делювиальные глины и суглинки полезной толщи имеют темную окраску, пористую текстуру, повышенное содержание порошкообразных карбонатов, более низкую пластичность и дисперсность, среднепластичные, низкодисперсные. Глинистая фракция (менее 0.01 мм) является также основной составляющей (45.7–74.8 %). Смесь элювиальных и делювиальных дегидратированных глин месторождения с добавкой 5% харанорского угля и применением естественной сушки дает бездефектный кирпич марок «100»–«150». Благоприятно для отработки карьером с одним уступом. Запасы глинистых пород Южного участка по категориям (тыс. м^3): C_1 – 6030 и C_2 – 15930.

Вторая группа месторождений представлена восемью месторождениями с общими запасами $A+B+C_1$ – 14390.1 тыс. м^3 и C_2 – 15021,1 тыс. м^3. Из них эксплуатировалось только Шелопугинское с запасами $A+B+C_1$ – 1916.9 тыс. м^3 и C_2 – 2589 тыс. м^3, 4 – резервных с общими запасами по категории $A+B+C_1$ – 9549.6 тыс. м^3 и C_2 – 1720.1 тыс. м^3. Месторождения сложены меловыми аргиллитами и алевролитами и делювиально-аллювиальными четвертичными отложениями. Они пригодны для получения керамзитового гравия марок 450–500, по прочности классов А и Б. Месторождения легкоплавких глин Забайкалья государственным балансом не учтены.

Гончарные глины выявлены в Александровском, Новотроицком и Черновском месторождениях.

Значительны запасы легкоплавких глин и в Республике Бурятия.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства легкоплавких глин?
2. Каковы главные минералы легкоплавких глин?
3. Где используются легкоплавкие глины?
4. Каковы способы добычи, обогащения и переработки легкоплавких глин?
5. Главные типы месторождений легкоплавких глин.
6. Назовите основные месторождения легкоплавких глин в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск, 1999.

Минеральное сырье. Глины /А.А. Сабитов, И.И. Зайнуллин, Ф.И. Ковальский и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Эпов В.Я. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Читинской области масштаба 1: 1 000 000. – М.: Геолфонд РСФСР, 1986.

Дополнительная

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) /В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

Трубачев А.И. Полезные ископаемые Забайкальского края. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

13.12. Каолин.

13.12.1. Минералого-петрографический, химический состав и свойства.

Коалин – название собирательное. К каолинам относят горные породы с высоким содержанием минералов каолинитовой группы (каолинита, галлуазита, диккита, накрита). Каолин – это горная порода, а каолинит – минеральный вид. Все минералы группы каолинита имеют близкий состав. Каолинит, диккит и накрит являются полиморфными модификациями $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$, а галлуазит содержит воду $(Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]\cdot n\cdot H_2O$ при $n \leq 2$. Известны также феррикаолиниты и ферригаллуазиты, обогащенные железом.

По химическому составу выделяют каолины высокоглинистые (глинозема 40–45%), нормальные (состоят из минералов группы каолинита, реликтового кварца), щелочные (более 10% полевых шпатов, калиевых и литиевых слюд).

Каолин низкотоксичен. $ПДК_{м.р}$ каолина при содержании свободного кремнезема 2–10% составляет 4 мг/м^3.

13.12.2. Распространенность и запасы.

Мировые запасы каолина – около 15 млрд. т, годовое потребление в мире – 51 млн. т, в том числе – огнеупорных глин около 20 млн. т, а пластичных беложгущихся каолинов – около 6 млн. т (Никитина, 2004). Основные производители – США, Великобритания, Бразилия.

Запасы каолина в России – 411 млн. т, годовое производство – около 650 тыс. т, добыча – 926 тыс. тонн.

13.12.3. Области использования.

Каолин применяют в керамической промышленности, бумажном производстве, для изготовления линолеума, искусственных тканей, кож, пластмасс, стекла, абразивов, фарфора, фаянса, санитарно-технических и резиновых изделий.

13.12.4. Минеральный состав и типы руд.

Промышленные типы месторождений – элювиальный, осадочный, гидротермально-метасоматический, полигенный. Наибольшее значение имеют два первых типа месторождений.

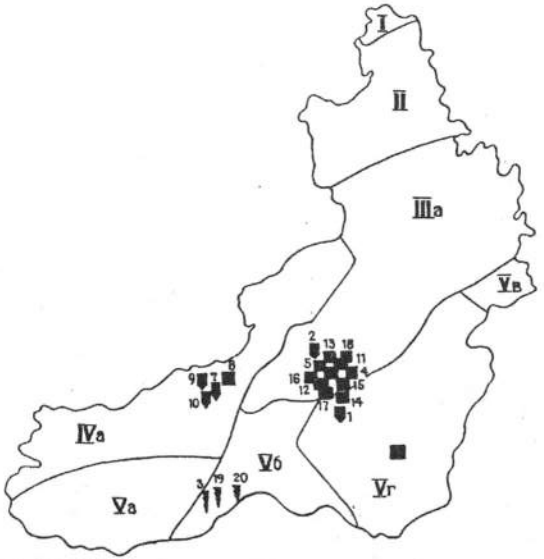
13.12.5. Способы добычи и переработки.

Месторождения разрабатывают открытым способом. Промышленная переработка сырья включает дезинтеграцию, гравитационное обогащение мокрым и сухим способами. Извлечение каолинита из сырья составляет 55–80% при содержании его в концентрате 94.0–99.6%.

Товарный продукт для керамической, электротехнической и химической промышленности должен содержать не менее 30% Al_2O_3. Качество наполнителей регламентируют по белизне (более 70%), крупности и форме частиц. Вредные примеси в каолиновом продукте (кроме наполнителей) – Fe_2O_3, TiO_2, CaO, SO_3, MgO, CuO, MnO.

13.12.6. Каолиновое сырье в Забайкальском крае.

В результате планомерных геологоразведочных работ в 1970-х–1980-х годах на территории края выявлены и изучены существенные ресурсы каолинового и другого глинистого сырья (рис.13.26). Эти успехи особенно важны теперь, когда основные источники этого сырья на Украине и в Казахстане стали недоступны России без значительных финансовых затрат. В результате специальных исследований, проведенных



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Морфологические типы месторождений каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин

Площадные залежи

Линейно-площадные залежи

Линейные залежи

Месторождения и проявления каолина

1. Падь Глубокая
2. Утанское
3. Анкаиктинское

Месторождения и проявления огнеупорных глин

4. Восточное
5. Промежуточное
6. Прямое

Месторождения и проявления тугоплавких глин

7. Белоярское
8. Кенонское
9. Западно-Черновское
10. Южно-Черновское
11. Байгульское
12. Забайкальское
13. Шара-Кундуйское
14. Верхнеалеурское
15. Новое
16. Умыкейское
17. Малый Умыкей
18. Шара-Кундуй-1
19. Нижнеонкоекское
20. Джипкошинское
21. Южное

Рис.13.26. Схема размещения морфологических типов месторождений каолина, огнеупорных и тугоплавких глин в основных геологических структурах Восточного Забайкалья: *I – Сибирская платформа, II –Алданский щит, III – Становая складчатая область (Талача-Давендинская зона), IV – Селенгино-Витимская складчатая область, V – Монголо-Охотская складчатая зона (Va – Хэнтэй –Даурская зона, Vб – Агинская зона, Vв – Верхне-Амурская зона, Vг – Аргунский массив).*

Н.К. Никитиной (2004 год), определено, что специализированное изучение элювиальных глин Восточного Забайкалья позволило выявить среди них и разведать два месторождения каолинов. Они представляют собою переотложенные коры выветривания. Это месторождение ***Падь Глубокая*** (Котельниковское). Месторождение расположено в Нерчинском районе Забайкальского края в 40 км к юго-западу от г. Нерчинск. Открыто в 1953 году В. В. Бондарчуком. Каолиновые глины подразделяют на первичные и вторичные (переотложенные). Первичные образовались как продукты выветривания дайки гранитоидов и вмещающих её слюдистых сланцев, вторичные – за счет переотложения первичных глин. Первичные глины залегают в виде линзы северо-восточного простирания длиной 500 м и шириной 80 м. Средняя мощность линзы – 10 м. Цвет первичных глин белый, на ощупь они напоминают крахмал, непластичные, относятся к типу сухарных глин. Химический состав (масс. %): SiO_2 – 43.3–45.5, Al_2O_3–26.43–35.72, Fe_2O_3 –1.67– 5.79. Гранулометрический состав неоднородный. Содержание фракций менее 0.01 мм изменяется от 60.1 до 88.11%. Вторичные глины зеленоватые, содержат незначительную часть песчаного материала, представленного глауконитом, который определяет их окраску. По химическому составу близки первичным глинам. Содержание (масс. %) SiO_2 – 43.73–47.60, Al_2O_3 – 20.14–30.54, Fe_2O_3 –3.87–8.88, CaO – 3.97–5.60. Гранулометрический состав более однороден. Содержание фракции менее 0.01 мм от 76.15 до 87.18%. Огнеупорность первичных и вторичных глин – 1460–1540°С. Огнеупорность первичных глин выше.

По результатам лабораторно-технологических испытаний глины пригодны для производства тугоплавкого кирпича, облицовочных плиток, а первичные, кроме того, для производства санитарно-технических изделий. Запасы первичного каолина по состоянию на 01.01.2004 года по категориям В и C_1, соответственно, 19.2 тыс. м^3, 55.44 тыс. м^3 и прогнозные ресурсы категории P_1 – 272 тыс. м^3. Запасы вторичного каолина по категории C_1 – 55.92 тыс. м^3. Ресурсы по категории P_1 – 159 тыс. м^3.

Прогнозные ресурсы каолина выявлены также в пределах **Утанского** месторождения каолинизированных песчаников.

Оно расположено в среднем течении реки Куэнга в Чернышевском районе Забайкальского края. Впервые описано В.И. Жереховым в 1936 году. Сложено нижнемеловыми каолинизированными песчаниками и глинистыми сланцами. Зона каолинизации развита на глубину от 9 до 17 м при мощности вскрышных пород до 5 м. Зона каолинизации сохранилась только в пониженных местах. Содержание каолинита, основного полезного компонента, 34% . Содержание Al_2O_3 – до 18.06%. Потери при прокаливании 3.53–4.70%. Извлечение каолина, пригодного для применения в керамической, бумажной и мыловаренной промышленности, 89.77%, выход – 18.68%. Каолин характеризуется высоким качеством, отличается от классических каолинов несколько повышенным содержанием пылевидного кремнезёма, не влияющем на его качественные показатели для применения его в производстве тонкой керамики. Ресурсы по категории P_1 – 3750 тыс. м^3.

Ресурсы каолина категории P_3 установлены в Анкаиктинском проявлении (2208 тыс. м^3) и в пределах Урово-Золинской площади (3490 тыс. м^3). По Н.К. Никитиной (2004 г.), доля каолинов Забайкалья может составлять до 12% общероссийских (13.28%).

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства каолиновых глин?
2. Каковы главные минералы каолиновых глин?
3. Где используются каолиновые глины?
4. Каковы способы добычи, обогащения и переработки каолиновых глин?
5. Главные типы месторождений каолиновых глин.
6. Назовите основные месторождения каолинов в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Минеральное сырье. Глины /А.А. Сабитов, И.И. Зайнуллин, Ф.И. Ковальский и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Никитина Н.К. Условия образования, закономерности размещения и прогноз месторождений кирпичного глинистого сырья в Забайкалье // Автореф. ...дисс. канд. геол.-мин. наук. – Чита, 2004. – 22 с.

Никитина Н.К. Забайкалье – сырьевая база огнеупорных, тугоплавких глин и каолинов // Ресурсы Забайкалья. – 2001. – № 1. – С.60–62.

Дополнительная

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) / В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

Трубачев А.И. Полезные ископаемые Забайкальского края.– Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

13.13. Огнеупорные и тугоплавкие глины.

13.13.1. Свойства.

К огнеупорным и тугоплавким относят глинистые породы, температура плавления которых выше 1350°С. По химическому составу это преимущественно кремнеземные и глиноземные породы, содержащие 45–46% SiO_2 и 15–40% Al_2O_3

Наиболее важными физико-механическими свойствами рассматриваемых глин являются огнеупорность, вязкость, пластичность, дисперсность (доля пелитовой фракции менее 0.001 мм). Особенностью этих глинистых горных пород является повышение огнеупорности с увеличением в них глинозема при ограниченном содержании оксидов железа. Кварц уменьшает связующую способность и пластичность глин. Присутствие окислов железа, магния, кальция и щелочей снижает их огнеупорность.

Глины нетоксичны, не содержат опасных примесей. Но присутствие их в водоемах может вызывать изменения химического состава воды.

13.13.2. Распространенность и запасы.

Огнеупорные глины – широко распространенный вид минерального сырья. Это связано с распространенностью терригенных алеврит-пелитовых отложений в относительно широком диапазоне условий, а также относительно широким диапазоном вариаций содержания глинозема. Страны СНГ обладают запасами, измеряемыми миллиардами тонн. Более половины запасов сосредоточено в России. Государственным балансом России учтено 69 месторождений тугоплавких глин с запасами категории $A+B+C_1$ в количестве 425075 тыс. т, категории C_2 – 197716 тыс. т, 35 месторождений огнеупорных глин с запасами категории $A+B+C_1$ в количестве 611893 тыс. т, категории C_2 – 771129 тыс. т, 23 месторождения каолина с

запасами кат. $A+B+C_1$ в количестве 267036 тыс. т, кат. C_2 – 78412 тыс. т.

13.13.3. Области использования.

Огнеупорные глины и соответствующие им по свойствам и минеральному составу горные породы применяют для производства огнеупорных изделий, используемых в черной металлургии (футеровка вагранок, доменных печей, кауперов), машиностроении, керамической и других отраслях промышленности.

13.13.4. Минеральный состав и промышленные типы.

Основные минералы огнеупорных глин – каолинит, гидрослюда, галлуазит, кварц, карбонаты, полевые шпаты.

Промышленные типы месторождений – озерный, озерно-болотный, прибрежно-морской. Наибольшее значение имеют первые два типа.

По запасам (млн. т) месторождения огнеупорных глин подразделяют на крупные – более 20, средние – 20–5, мелкие – менее 5.

Промышленное сырье – каолинитовое, гидрослюдистое, галлуазитовое, галлуазит-гидрослюдисто-каолинитовое. По содержанию Al_2O_3 сырье подразделяют на богатое – более 38% и бедное – до 15%.

13.13.5. Способы добычи и переработки сырья.

Месторождения разрабатывают открытым, редко подземным способами.

Промышленная переработка сырья включает рыхление, камнеудаление, вальцевание, смешивание, прессование; высокотемпературный обжиг для производства готовой продукции должен содержать более 23% Al_2O_3. Вредные примеси в глинах – Fe_2O_3, TiO_2, MnO, CaO, Na_2O, K_2O, сера.

13.13.6. Месторождения огнеупорных и тугоплавких глин в Забайкалье.

В Забайкальском крае известно несколько десятков месторождений и проявлений огнеупорных и тугоплавких глин, но достоверные запасы имеются только по 13 объектам (табл. 13.5).

Таблица13.5

Сведения о запасах и прогнозных ресурсах глин в Забайкальском крае по состоянию на 01.01.2004 г.
(по: [Никитина, 2004])

Объекты	Запасы (тыс. м3) по категориям			Прогнозные ресурсы (тыс. м^3) по категориям	
	B	C_1	C_2	P_1	P_3
ТУГОПЛАВКИЕ ГЛИНЫ					
Байгульское месторождение	-	1641	3792	-	-
Забайкальское месторождение	689	4066	-	-	-
Промежуточное месторождение	-	14500	-	-	-
Восточное месторождение	-	1835.31	-	-	-
Прямое месторождение	-	9500	-	-	-
Шара-Кундуйское месторождение	175.158	878.6	3137.3	14793	-
Верхнеалеурское проявление	-	-	7004	-	-
Проявление Новое	-	-	17684	-	-

Умыкейское проявление	-	-	21191.4	24080	-
Проявление Малый Умыкей	-	-	7408	3200	-
Проявление Шара-Кундуй-1	-	-	7179.7	11800	-
Западно-Черновское проявление	-	-	-	37815	-
Южно-Черновское проявление	-	-	-	64417	-
Восточно-Байгульская площадь	-	-	-	-	27410
Северо-Байгульская площадь	-	-	-	-	27230
ОГНЕУПОРНЫЕ ГЛИНЫ					
Восточное месторождение	-	3106	-	-	-
Промежуточное месторождение	-	1800	-	-	-
Итого					
Тугоплавкие глины	864.158	32420.91	67396.4	175093	54642
Огнеупорные глины	-	4906.6	-	-	3490

Все они приурочены к осадочным породам верхней юры – нижнего мела и выполняющим Золинскую, Читино-Ингодинскую и Арбагарскую впадины. Генетически связаны с позднемезозойской корой выветривания. Они принадлежат к двум генетическим типам – элювиальному и политипному. Н.К. Никитиной выделено два морфолорических типа таких глин. К первому отнесены месторождения в площадных корах выветривания, ко вторым – в линейных (рис. 13.27). Значительный интерес для прогноза и поисков представляют локальные от-

рицательные формы рельефа, наблюдающиеся на фоне ровной поверхности в виде пологих или блюдцеобразных понижений. Они, как правило, располагаются над корами выветривания, залегающими под озерно-болотными отложениями, и наследуют формы древнего рельефа, обусловливавшего образование этих кор. Степень размытости рельефа и сохранности на нем кор выветривания определяет преимущественное распространение тех или иных морфологических типов месторождений. На мало размытых территориях сохраняются месторождения как площадного, так и линейного типа (рис. 13.28). На сильно размытых территориях только местами отмечаются реликты глубокозаложенных месторождений линейного типа. Как установила Н.К. Никитина [2004], фрагменты площадных кор выветривания сохранились в северо-восточной части Аргунского массива (Урово-Золинская, Алекзаводская, северо-восточной части Аргунского массива, Урово-Золинская, Алекзаводская, Шилкинская впадины) и в юго-западной части Талача-Давендинской зоны (Оловская впадина), фрагменты линейных кор выветривания отмечаются в юго-западной части Агинской зоны (см. рис. 13.26). В Хилок-Удинской зоне встречаются на небольших площадях фрагменты как линейных, так и площадных кор выветривания (см. рис. 13.27).

Месторождения представляют собою обычно пласто- и линзообразные залежи, состоящие из различных по составу и качеству черных (темно-серых), серых и белых тугоплавких, огнеупорных глин гидрослюдисто-каолинитовых и каолинитовых глин.

Месторождения огнеупорных и тугоплавких глин связаны с корами выветривания. Наибольшими запасами огнеупорных и тугоплавких глин располагают Нерчинский и Чернышевский районы (Байгульское, Забайкальское, Восточное, Промежуточное, Прямое, Шара-Кундуйское месторождения и др.).

Байгульское месторождение глин расположено в 20 км западнее станции Укурей Забайкальской железной дороги. Размер залежи 840х770 м, мощность продуктивной толщи в среднем 16.5 м, мощность вскрыши в среднем 4.7 м. Глины белые и серо-белые, низко-грубодисперсные, тугоплавкие до

Рис.13.27. Морфологические особенности месторождений глин, связанных с площадными и линейными корами выветривания. По Н.К. Никитиной, 2004 г.

огнеупорных (средняя температура огнеупорности 1403°С), от мало- до высокопластичных, неспекающиеся. Химический состав (в %): SiO_2 – от 66.6 до 75.4; Al_2O_3 – 9.84–16.04; Fe_2O_3 – 1.78–4.79; TiO_2 – 0.47–0.85; п.п.п. – 5.93–7.44. Запасы почти 5.5 тыс. м^3. Из белой глины, обогащенной на гидроциклоне, с добавкой 15% пластификатора возможно получение плиток для облицовки стен, отвечающих требованиям ГОСТ 6141-82.

Вблизи Байгульского месторождения расположено еще два месторождения глин: ***Восточное и Промежуточное*** с общими запасами тугоплавких глин в количестве 16335 тыс. м^3 и 4906 тыс. м^3 огнеупорных.

Перспективны также месторождения Забайкальское (в 28 км северо-восточнее г. Нерчинск) и Прямое (в 24 км севернее г. Нерчинск). Они представлены несколькими разностями различно окрашенных (белых, серых, темно-серых, мясо-красных и зеленых) глин, образующих пластообразные залежи размером 1300х1400 м со средней мощностью пластов 13.1 м (Забайкальское) и 15.65 м (Прямое). Мощность вскрыши на Забайкальском месторождении составляет 5.3 м, на Прямом – 4.7 м. Химический состав белых глин удовлетворяет требованиям ГОСТ 26594-85 для производства керамического кирпича. Огнеупорность глин варьирует от 1400 до 1660°С и в среднем составляет 1520°С.

Близко по строению к ним и Шара-Кундуйское месторождение тугоплавких глин (в 8 км от ж.-д. станции Ареда и в 59 км от г. Нерчинск). Глины этого месторождения пригодны для изготовления облицовочной плитки, отвечающей требованиям ГОСТ 6141-82 и ГОСТ 13996-77, а также санитарно-технических изделий.

В результате ГРР, проведенных в 1990-х – начале 2000-х годов, выявлена достаточно оптимистичная картина в части прогноза тугоплавких и огнеупорных глин.

При условии доразведки уже выявленных в Читинской области запасов и локализации учтенных прогнозных ресурсов, доля их в общероссийских запасах может быть достаточно существенной (рис. 13.28).

А. Каолин

В. Тугоплавкие глины

Б. Огнеупорные глины

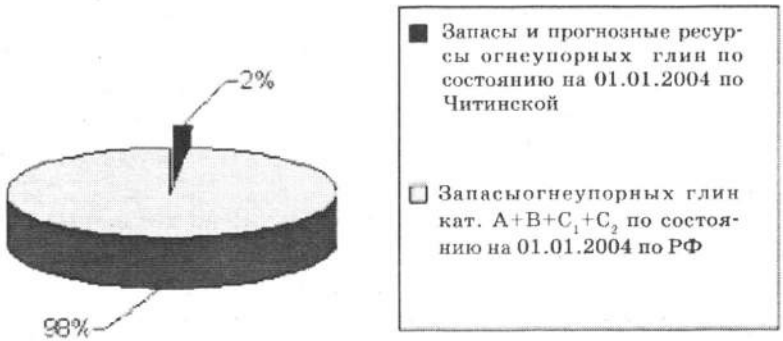


Рис.13.28. Доля запасов и ресурсов каолинов и огнеупорных и тугоплавких глин от общероссийских запасов По Н.К. Никитиной , 2004 г.

Доля каолина составит 12 %, огнеупорных глин – 2 %, тугоплавких – 58 % . Наиболее разведанные месторождения с сырьем хорошего качества и перспективные площади расположены в благоприятных по социально-экономическим и транспортным условиям Нерчинском и Чернышевском районах. Определено, что отработка даже небольших месторождений тугоплавких и огнеупорных глин для получения современной высокомарочной и высоколиквидной строительной керамики может быть рентабельной.

В Республике Бурятия известно ***Верхне-Тулдонское*** месторождение монтмориллонитовых глин. Оно расположено в Еравненском районе, в 50 км северо-западнее села Сосново-озерск. По данным К.И. Егорова и Ю.П. Козлова [1978], здесь на нижнемезозойских гранитах, граносиенитах и сиенитах залегает эффузивно-осадочная толща удинской свиты, слагающая юго-западную часть небольшой депрессии. Нижняя часть ее сложена терригенно-осадочными, а верхняя – туфогенными горными породами. В северной части месторождения на них залегают трахибазальты и долериты хысехинской свиты раннемелового возраста. Месторождение представлено шестью залежами монтмориллонитовых глин, являющихся продуктами мел-палеогеновой коры выветривания. Залежи располагаются в 200–500-х метрах одна от другой в понижениях рельефа, образуя цепочку северо-восточного простирания общей длиной до 9 км. Примерные размеры их – от 100х500 до 500х4000 м. Мощность залежей (м): I-й – 7.8 м, II-й – 8.1, III-й – 11.2. Глины имеют восковидный облик, светло-серую с желтоватым и зеленовато-желтым оттенком. В залежи II глины зеленовато-голубые. В глинах присутствуют реликты исходных горных пород. По химическому составу они, в общем, однородны. Для них характерно повышенное содержание кремнезема, в том числе свободного (15.18–28.00%), и пониженное содержание окиси железа и извести.

Огнеупорность глин 1350–1450°С. Глины залежи I относятся к тугоплавким, а залежи III – к огнеупорным. Глины залежей I и III относятся к монтмориллонитовым, а залежи II – к монтмориллонитовым с примесью каолинита и гидрослюды. Согласно ГОСТ 9169-59 глины дисперсные и высокодисперсные. Пластичность глин залежи I 38–85, число

пластичности – 36–46, залежи III – 30–85, число пластичности 21.7–41. Коллоидальность невысокая (в среднем 23.2, залежь I; 27.5, залежь III). Набухаемость – 1.5 – 3.0 раза.

Заводские испытания показали, что с добавками песчанистых глин Полкановского месторождения (район г. Кяхта) глины пригодны для литья керамических изделий. Определено также, что они пригодны не только для изготовления строительного кирпича, но и терракотовых изделий, облицовочной и химически стойкой керамики.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства огнеупорных и тугоплавких глин?
2. Каковы главные минералы каолиновых глин?
3. Где используются огнеупорные и тугоплавкие глины?
4. Каковы способы добычи, обогащения и переработки огнеупорных и тугоплавких глин?
5. Главные типы месторождений огнеупорных и тугоплавких глин.
6. Назовите основные месторождения огнеупорных и тугоплавких глин в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Егоров К.И., Козлов Ю.П. Монтмориллонитовые глины Верхне-Тулдонского месторождения как сырье для производства керамических строительных материалов / Минерально-строительная база строительных материалов Бурятии. – Улан-Удэ, 1978. – С.66–75.

Минеральное сырье. Глины /А.А. Сабитов, И.И. Зайнуллин, Ф.И. Ковальский и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Никитина Н.К. Условия образования, закономерности размещения и прогноз месторождений кирпичного глинистого сырья в Забайкалье // Автореф. ...дисс. канд. геол.-мин. наук. – Чита, 2004. – 22 с.

Никитина Н.К. Забайкалье – сырьевая база огнеупорных, тугоплавких глин и каолинов //Ресурсы Забайкалья. – 2001. – № 1. – С. 60–62.

Дополнительная

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) / В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

13.14. Полевошпатовое сырье.

13.14.1. Петрографический состав и свойства.

К полевошпатовому сырью относят магматические, метаморфические и осадочные алюмосиликатные горные породы преимущественно полевошпатового состава.

По химическому составу это, в основном, кислые, частично средние и редко основные горные породы.

По экологическим характеристикам полевошпатовое сырье является общетоксичным.

13.14.2. Распространенность и запасы.

Мировые запасы полевошпатового сырья не оценены. Мировая добыча составляет 5 млн. т/год. Основные производители – Италия, США, Франция, Германия, Таиланд, Корея, Мексика, Россия.

Запасы сырья в странах СНГ – около 225 млн. т, в России – 115.

Добыча в странах СНГ – около 600 тыс. т/год, в России – 300.

13.14.3. Области использования.

Структура потребления (%): производство стекла – 45–50; керамики – 20–25; фарфорофаянсовых изделий – 20; абразивов и других материалов – 10–12.

13.14.4. Минеральный состав и типы сырья.

Основные минералы: микроклин $(K,Na)AlSi_3O_8$), ортоклаз ($KAlSi_3O_8$), альбит ($NaAlSi_3O_8$), олигоклаз ($(Na_{1-x}Ca_x)(Al_{1+x}Si_{3-x}O_8)$), анортит $Ca_2Al_2Si_2O_8$, нефелин $Na_3K(AlSiO_4)_4$, кварц, каолинит $(Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$, серицит $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH, F)_2$.

Промышленные типы месторождений – гранитные пегматиты, гранитоиды, сиениты (нефелиновые и щелочные), вулканиты; каолинизированные гранитоиды, сиениты, песчаники; полевошпатовые пески и песчаники.

По запасам (млн. т) месторождения полевошпатового сырья подразделяют на весьма крупные – более 12, крупные – 12–8, средние – 8–4, мелкие – менее 4.

Промышленное сырье – полевошпатовое, кварц-полевошпатовое, нефелин-полевошпатовое, каолинит-полевошпатовое, каолинит-кварц-полевошпатовое, серицит-кварц-полевошпатовое.

В промышленном сырье массовая доля калиевых полевых шпатов составляет 12–60%, плагиоклазов – 20–65%, нефелина – 30–40%.

13.14.5. Способы добычи и переработки сырья.

Месторождения разрабатывают преимущественно открытым и реже подземным способами.

Промышленная переработка сырья включает ручную рудоразборку богатого сырья и глубокое обогащение бедного (радиометрическая, магнитная и электрическая сепарация, гравитационные процессы, сортировка по цвету и химическая очистка). Нередко полевошпатовое сырье получают попутно при переработке редкометалльного пегматитового сырья.

Качество товарного полевошпатового продукта определяют по содержанию $K_2O + Na_2O$ (5–12%), соотношению оксидов калия и натрия (0,2–3,0), содержанию Al_2O_3 (16–20%) и гранулометрическому составу.

Вредные примеси в полевошпатовых продуктах – Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3, P_2O_5, TiO_2. Остальные вредные примеси регламентируются требованиями потребителей.

13.14.6. Полевошпатовое сырье в Забайкальском крае.

Источниками полевошпатового сырья в Забайкалье являются как отходы переработки редкометалльных руд гранитовых и пегматитовых месторождений, так и специально разрабатываемые для его получения гранитные массивы. Кварц-полевошпатовые концентраты для керамической и стекольной промышленности, как попутно получаемые продукты обогащения основного компонента, производил Забайкальский ГОК. По заявке этого предприятия было разведано Горбуновское месторождение двуслюдяных гранитов. Оно имеет благоприятное географо-экономическое положение в районе с развитой горной промышленностью, вблизи железной дороги. Запасы месторождения по категории C_1 – 46.5 млн. $м^3$, прогнозные ресурсы – 81.2 млн. $м^3$ (до глубины 35 м), в том числе с калиевым модулем более 2 – 8.1 млн. $м^3$. Технико-экономические расчеты показали возможность эффективного и практически безотходного производства 1000–1600 тыс. $м^3$ фракционированного щебня и песка с получением полевошпатового (50%), кварцевого (30%) и слюдяного (10%) концентратов. Полевошпатовый концентрат (при условии доводки по содержанию окиси железа) соответствует маркам ПШМ – 0.2–1 и ПШС – 0.2–0.16, пригоден для керамической и стекольной промышленности, в производстве низкосортного фарфора, фаянса, электровакуумного и высокосортного технического стекла. Кварцевый концентрат соответствует ГОСТу 2251-77 (также после доводки), относится к маркам С-070-1 и С-070-2

и пригоден для производства оконного и технического стекла, стеклопрофилита, стеклоблоков, белой консервной тары и бутылок, стекловолокна.

Кварц-полевошпатовые хвосты обогащения редкометалльных апогранитов эксплуатируемого Орловского месторождения могут быть использованы для получения пеностекла. Подобными по вещественному составу рудами и, следовательно, возможностью утилизации кварц-полевошпатовых продуктов обогащения обладает разведанное Этыкинское редкометалльное месторождение. Оба расположены в южных районах Забайкальского края с хорошо развитой в XX веке горнодобывающей промышленностью и обладают значительными прогнозными ресурсами полевошпатового сырья из отходов производства редкометалльных концентратов.

В связи с завершением строительства трассы БАМ и освоением месторождений Чарского ТПК полевошпатовое сырье севера области также может представлять значительный интерес. Это, в первую очередь, Олондинское, Ханинское, Сюльбанское и другие пегматитовые поля, Катугинское месторождение редкометалльных метасоматитов, Сакунское (Голевское) месторождение калий-алюминиевых руд – сыныритов и Нирунгинское проявление альбититов и калишпатовых метасоматитов.

Ресурсы полевошпатового сырья практически неисчерпаемы.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства полевошпатового сырья?
2. Каковы главные минералы полевошпатового сырья?
3. Где используется полевошпатовое сырье?
4. Каковы способы добычи, обогащения и переработки полевошпатового сырья?
5. Главные типы месторождений полевошпатового сырья.
6. Назовите основные месторождения полевошпатового сырья в Забайкалье.

Литература

Основная

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Тохтасьев В.С. Минеральное сырье. Сырье полевошпатовое / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Дополнительная

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) / В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

13.15. Цеолиты.

13.15. 1. Свойства.

Цеолиты – обширная группа минералов, относящихся к каркасным водным алюмосиликатам щелочных и щелочноземельных металлов.

Пористая микроструктура, характеризующаяся каналами диаметром до 0.2 нм (рис.13.29), определяет основные свойства цеолитов – адсорбционные, ионообменные (чаще – катионообменные), каталитические. Цеолиты обладают, кроме того, термостойкостью и кислотоупорностью.

В зависимости от минерального вида цеолитовых горных пород, состава микропримесей и других факторов меняются медико-биологические и токсические свойства цеолитового сырья. Нормы содержания пыли цеолитов (мг/м^3): ПДК$_{р.з}$ – не более 1–2, ПДК$_{м.р}$ – 0.02–0.05. Нормируют их также по степени канцерогенности: ПДК токсичных микропримесей в цеолитовом сырье (%, не более): фтора – 0.04, мышьяка – 0.003–0.01, свинца – 0.02–0.008, ртути – 0.0002–0.0007, кадмия – 0.0005.

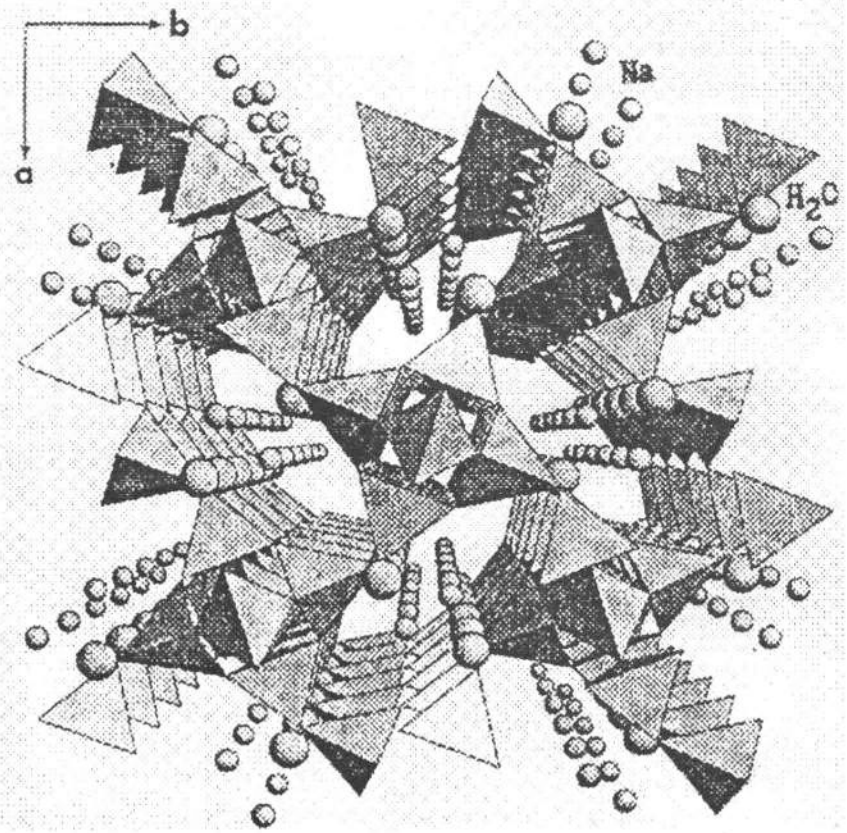


Рис.13.29. Принципиальная структура цеолитов: перспективная проекция структуры натролита (взгляд вдоль оси с). Многогранниками с гранями в виде треугольников показаны кремнекислородные тетраэдры SiO_4, являющиеся каркасом структуры цеолитов. Атомы натрия и молекулы воды располагаются колоннами вдоль каналов в структуре минерала. По: [Булах, 1999, по Posse e.a.,1992].

13.15.2. Распространенность и запасы.

Мировые запасы цеолитового сырья – несколько десятков миллиардов тонн, основная часть которых приходится на США, Японию и страны СНГ (примерно по 10–20 млрд. т). Мировое производство сырья – 1–3 млн. т в год.

В России запасы цеолитового сырья по состоянию на 01.01.2005 года составляют около 1460.7 млн. т, в том числе по категориям (млн. т): $АВС_1$ –662.1, $С_2$ – 798.6. Забалансовые запасы – 84.3 млн. т. Добыча – 3.1тыс. т в год. Из них в 2004 году добыто на Холинском месторождении 0.7 тыс.т. Добывающие предприятия в Забайкалье – ООО «Холинские цеолиты» и ОАО «ППГХО».

13.15.3. Области применения.

Цеолиты широко применяют в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, быту, для охраны окружающей среды. Их используют для сушки газов и жидкостей, очистки углеводородного сырья от сероводорода и углекислого газа, получения кислорода и азота из воздуха, разделения различных газов, для изготовления наполнителей бумаги и пластмасс, добавок при производстве цемента, керамики, клинкера, удобрений, в животноводстве, для обезвреживания отходящих газов промышленных предприятий и тепловых электростанций, обезвреживания жидких стоков в качестве фильтрующих материалов, задерживания удобрений в почвах и многих других областях.

13.15.4. Минералы и типы месторождений.

Известно более 40 минеральных видов и разновидностей цеолитов, относящихся к классу силикатов, подклассу каркасных силикатов. Формы кристаллов цеолитов – таблитчатые (рис.13.30), столбчатые, игольчатые. Наиболее крупные и почти мономинеральные концентрации образует гейландит.

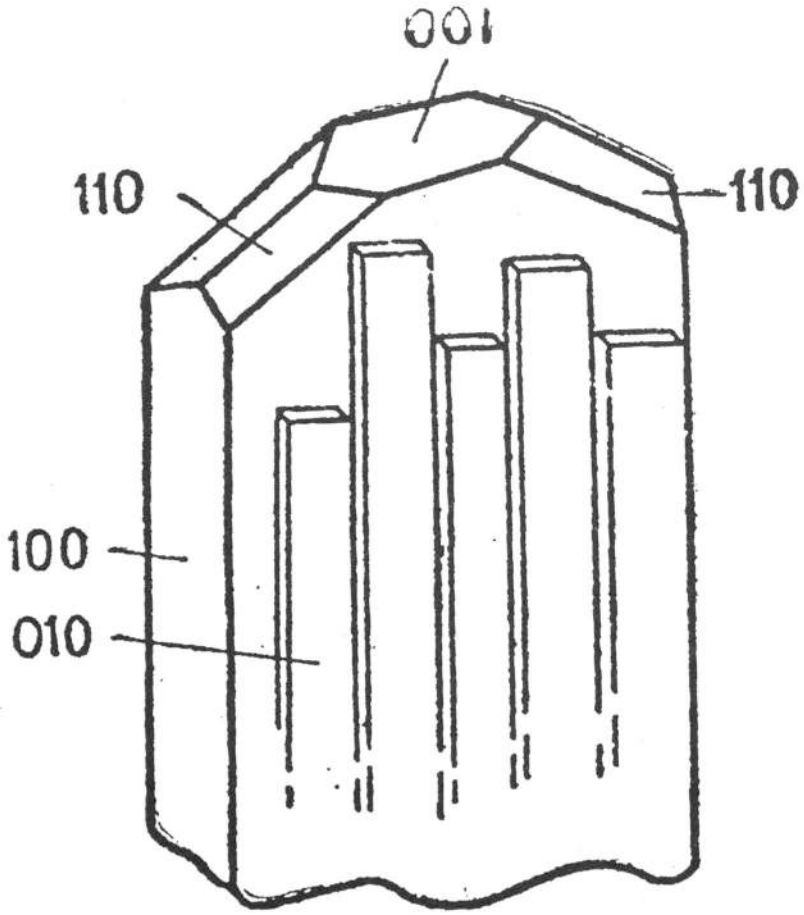


Рис. 13.30. Кристалл стильбита. Увеличено в 20 раз.

Гейландит это (Ca, Na_2K_2) $[AlSi_3O_8]_2 \cdot 5H_2O$. В некоторых гейландитах часть Ca замещена Sr и Ba. Содержит цеолитную воду, которая бурно выделяется при нагревании в пламени. Относится к подсемейству высококремниевых цеолитов. Сингония моноклинная. При нагревании выше 620 К становится аморфным. Как и все цеолиты, является катионообменной системой. К гейландиту относят цеолиты, в которых Ca > K + Na. Встречается в виде трапециевидных толстотаблитчатых кристаллов и их агрегатов, нередко микроскопических размеров. Плотность 2,2. Твердость на большинстве поверхностей 4, на поверхности спайности – 3. Цвет белый, но за счет тонких включений гидроксидов железа красноватый или коричневый. Нередко находится в пустотах в базальтах совместно с другими цеолитами, но чаще со стильбитом. В продуктах изменения вулканических горных пород и туфопесчаников Забайкалья образуется в больших количествах, нередко имеющих промышленное значение. Гейландит – прекрасный сорбент и используется для очистки воды и поглощения различных вредных веществ. Кроме того, гейландитсодержащие горные породы могут быть широко использованы в строительной индустрии. Гейландит распространен в вулканогенно-осадочных отложениях Забайкалья и входит в состав цеолитовых горных пород Холинского, Бадинского, Харюлгатинского и других месторождений.

Другой важный в промышленном отношении цеолит – клиноптилолит (Ca, Na_2K_2) $[AlSi_5O_{12}]_2 \cdot 8H_2O$. В некоторых клиноптилолитах часть Ca замещена Sr и Ba. Содержит цеолитную воду. Принадлежит подсемейству высококремниевых цеолитов. К клиноптилолитам относят цеолиты, в которых K + Na > Ca. Сингония моноклинная. Встречается в виде тонкокристаллических агрегатов с размерами индивидов до долей микрон (рис. 13.31). Плотность 2,2. Твердость 3. Цвет белый, за счет тонких включений гидрооксидов Fe — желтоватый. В продуктах изменения вулканических горных пород и туфопесчаников Забайкалья образуется в больших количествах, нередко имеющих промышленное значение. В Шивыртуйском месторождении ассоциирует с монтмориллонитом, Холинском

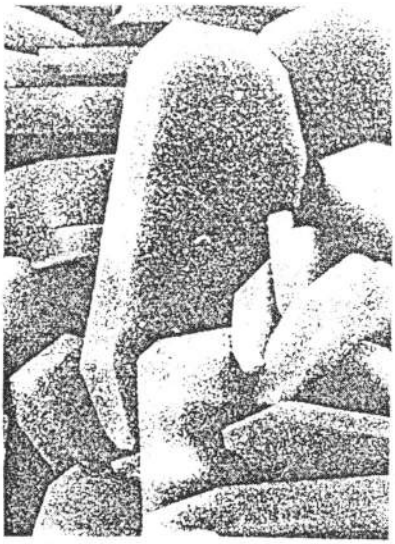


Рис.13.31. Кристаллы клиноптилолита в шивыртуине. Фото И.А. Белицкого.СЭМ фирмы «Jeol», ув.10 500 ˣ
По: [Павленко, 2000].

и Бадинском — с монтмориллонитом и морденитом, а также с гейландитом. Прекрасный сорбент, используется для очистки воды и поглощения различных вредных веществ, в частности радионуклидов. В ассоциации с монтмориллонитом в виде горной породы, называемой шивыртуином, рекомендован в качестве кормовых добавок для животных. Может быть широко использован в строительной индустрии и многих других отраслях народного хозяйства. Является основным полезным компонентом крупнейшего в стране Шивыртуйского месторождения цеолитсодержащих горных пород.

Третьим важнейшим промышленным цеолитом является морденит, являющийся ромбической модификацией клиноптилолита (Ca, Na_2K_2) $[AlSi_5O_{12}]_2 \cdot 7H_2O$. Содержит цеолитную воду. Относится к подсемейству высококремниевых цеолитов. Сингония ромбическая. Встречается в виде тонкоигольчатых или спутанно-волокнистых масс, иногда в тонкостолбчатых кристаллах. Цвет белый, зеленоватый. Плотность 2.2. Твердость по Моосу 3.5–4. Прекрасный сорбент, применяется для очистки воды и поглощения различных вредных веществ. Кроме того, морденитсодержащие горные породы могут быть широко использованы в строительной индустрии. В связи с тем, что он образует тонкостолбчатые и тонкоигольчатые острые кристаллы, не рекомендован для использования в подкормках, так как может вызвать рак слизистой оболочки желудка. Морденит широко распространен в вулканогенно-осадочных отложениях Забайкалья и образует крупные промыш-

ленно важные скопления в пределах Холинского, Бадинского и некоторых других месторождений. Важными сорбентами являются также шабазит ($Ca(AlSi_2O_6)_2 \cdot 5H_2O$) и филлипсит ($CaNa_4(Al_6Si_{10}O_{32}) \cdot 12H_2O$).

Промышленные типы месторождений – осадочный, вулканогенно-осадочный и гидротермально-метасоматический (вулканогенный).

По запасам цеолитов (млн. т) месторождения подразделяют на крупные – сотни, средние – десятки, мелкие – единицы.

Промышленное сырье: клиноптилолитовое, клиноптилолит-монтмориллонитовое, морденитовое, шабазитовое, филлипситовое.

По содержанию цеолитов (%) сырье подразделяют на богатое – более 80, рядовое – 80–60, бедное – 60–40.

13.15.5. Способы добычи и переработки.

Месторождения разрабатывают преимущественно открытым способом. Промышленная переработка сырья включает дробление, сортировку, активацию кислотным, кислотно-солевым и опок-щелочным способами.

Качество цеолитов определяют по содержанию основного компонента (не менее 50%), емкости, прочности и виброизносу. Вредные примеси в цеолитах – глинистые вещества. Исключение составляет клиноптилолит-монтмориллонитовое сырье, полезные свойства которого усиливаются за счет синергетического действия двух сторон сорбентов.

13.15.6 . Месторождения цеолитового сырья в Забайкалье.

Забайкалье относится к одной из крупнейших цеолитоносных провинций России. Только в Забайкальском крае сосредоточено 82.3% общероссийских запасов цеолитов. При этом лишь два месторождения – ***Шивыртуйское и Холинское*** – содержат 81.3% запасов. Эти месторождения, как, впрочем,

и все остальные, локализованы в вулканитах и вулканогенно-осадочных толщах в краевых частях впадин Забайкальского типа (рис. 13.32, 13.33).

Самым крупным не только в Забайкалье, но и в России является ***Шивыртуйское*** месторождение клиноптилолитт-монтмориллонитовых туфов или монтмориллонит-цеолитсодержащих пород (МЦП). Оно расположено в 57 км к северо-западу от железнодорожной станции Забайкальск. Открыто в 1985 году Ю.В. Павленко. Поисковые работы проведены в 1986–1988 годах. При этом участок первой очереди площадью 5 км^2 был разведан ПГО «Читагеология» в 1988–1991 годах под руководством Ю.В. Павленко. В исследовании минерального состава цеолитсодержащих горных пород активное участие принимала лаборатория минералогии ЗабКНИИ (О.К. Перминова, Л.Г.Чемакина, А.А. Козаченко под руководством Г.А. Юргенсона). Описание месторождения дано по Ю.В. Павленко [Энциклопедия Забайкалья, 2006]. Оно приурочено к одноименной раннемеловой мульде (57 км^2) на юго-западном замыкании Западно-Урулюнгуйской верхнемезозойской впадины. Полезными ископаемыми являются туфы, туффиты (основное) и вмещающие их туфогенные алевролиты, аргиллиты, песчаники, различающиеся по количеству клиноптилолита и попутного монтмориллонита. В процессе ГРР откартировано 40 пологозалегающих пластов туфов, туффитов мощностью 1–86 м, протяженностью по простиранию до нескольких километров, по падению – до 2 км (рис. 13.34). Большая часть пластов выходит на поверхность. До 15 % туфов, туффитов сложены кварцем, кальцитом, кристобалитом, слюдой, полевым шпатом, хлоритом, гипсом, органическим веществом. Алевритовые пепловые туфы содержат до 95% цеолита, песчанистые туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты – 35–40 %, а туфоаргиллиты и мергели – до 15–20 %. На разведанном участке среднее содержание цеолита составляет (в %) – 39, монтмориллонита – 35. Средний химический состав основного (и попутного) полезного ископаемого (в %): SiO_2 – 62.26 (67.12), TiO_2 – 0.34 (0.32), Al_2O_3 – 13.65 (12.23), Fe_2O_3 – 0.73 (0.56), FeO – 1.96 (2.18), MnO – 0.164 (0.114), CaO – 2.91 (2.35),

MgO – 1.2 (0.98), Na_2O – 1.37 (1.26), K_2O – 2.83 (2.80), P_2O_5 – 0.104 (0.349), SO_3 – 0.413 (0.82), S – 0.189 (0.054), ППП – 9.52 (7.91). Ресурсный потенциал месторождения до глубины 100 м составляет по основному полезному ископаемому 2, по попутному – 12 млрд. т. Среди более 30 направлений возможного использования минерального сырья в настоящее время с учетом объемов потребления выделяется три главных: животноводство, где используется основное полезное ископаемое, отвечающее требованиям ТУ–10 РСФСР 359–91, активные минеральные добавки и алюмосиликатный компонент для получения клинкера, где используется основное полезное ископаемое, не отвечающее требованиям ТУ – 10 РСФСР 359–91, а также попутное сырье, отвечающее требованиям ТУ 21–0284634–3–91. Отрабатывается открытым способом с перерывами с 1988 года Приаргунским ПГХО. Комплекс по дроблению и фракционированию полезного ископаемого располагается в Краснокаменске. Преимущественно сельскохозяйственным потребителям поставлено около 300 тыс. т полезного ископаемого, в качестве активной минеральной добавки добыто 440 тыс. т сырья. Согласно Госбаланса, разведанные запасы цеолитового сырья Шивыртуйского месторождения составляют по категориям (тыс. т): $АВС_1$ –348186, $С_2$ – 455109, $АВС_1 + С_2$ – 803 295, доля в запасах страны – 55%.

Второе крупнейшее в России комплексное месторождение цеолитов, содержащее также и промышленные запасы перлитового сырья, ***Холинское,*** располагается в 45 км к северу от железнодорожной станции Могзон на юго-восточном склоне одноименного хребта.

Месторождение располагается в пределах Хилокской депрессионной зоны Западного Забайкалья. Оно приурочено к среднеюрской палеовулканической постройке, располагающейся на юго-восточном склоне Холинского хребта, в 45 км северо-западнее железнодорожной станции Могзон Забайкальского края. Оно открыто в 1963 году как перлитовое в результате среднемасштабных геолого-съемочных работ, проведенных Бурятским геологическим управлением (З.М. Мареев и др., 1964 г.). Одновременно было отмечено широкое распространение

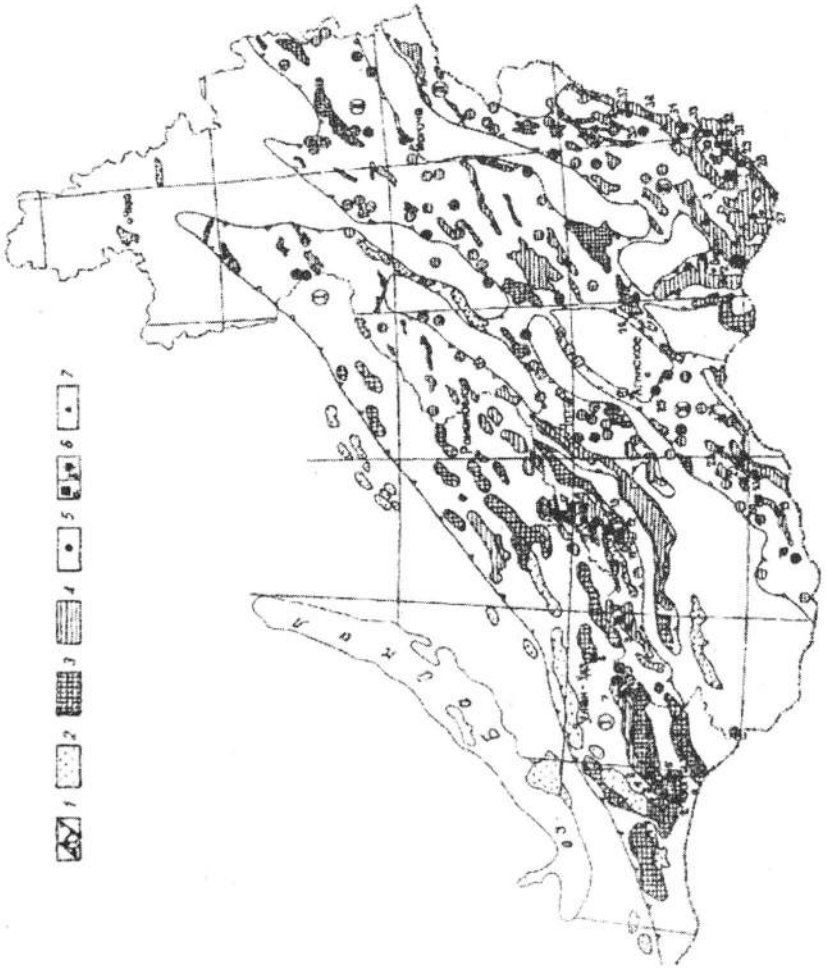


Рис.13.32.Цеолитоносные зоны Забайкалья. По: [Павленко, 1995]:

I – цеолитоносные зоны: I – Селенгино-Витимская; II – Онон-Шилкинская; III – Приаргунская, 2–4 – главные физико-химические типы верхнемезозойских тектонических впадин Забайкалья (по Вотаху О.А, Чабану Н.Н, Коломыцеву И.С. и др., 1990, с дополнениями автора): 2 – седиментационные, 3 – седиментационно-базальтоидные (тафрогенные), 4 – седиментационно-базальтоидно-гранитоидные (протовпадины), 5–6 – месторождения (крупные знаки) и проявления цеолитсодержащих пород: 5 – вулканогенно-осадочного типа, 6 – вулканогенно-гидротермального гидротермально-метасоматического подтипа (а), миндалекаменного подтипа (б); месторождения: I – Холинское, 2 – Шивыртуйское, 3 – Талан-Гозагорское; проявления: 1 – Усть-Джидинское, 2 – Субуктуйскос, 3 – Бурханское и и Калиновое, 4 – Маргинтуйского участка (Душэ, Дуланское, Ренганга, Армайское), 5 – Байцевское, 6 – Подутесное и Верхне-Маргинтуйское, 7 – Новоспасское, 8 – Мухорталинское, 9 – Закультинское, 10 – Бадинское, II – Ямное, 12 – Харюлгатинское. 13 – Ортинское, 14 – Улеткинское, 15 – Зун-Неметейское, 16 – Могзонское, 17 – Верхнехилинское, 18 – Букукунское, 19 – Кыринское, 20 – Быркинское, 21 – Загдачинское, 22 – Нарасунское, 23 – Онгосонское, 24 – Цаган-Хотогорское, 25 – Урдо-Агинское, 26 – Шара-Кундурское, 27 – Даикинское, 28 – Маркошихинское, 19 – Гординское, 30 – Ардинское, 31 – Южно-Ардинское, 32 – Праводорасатуйское, 33 – Леводорасатуйское, 34 – Коруйское, 35 – Чашино-Ильдиканское, 36 – Булдуруйское, 37 – Чалбучинское, 7 – знаки проявления цеолитсодержащих горных пород.

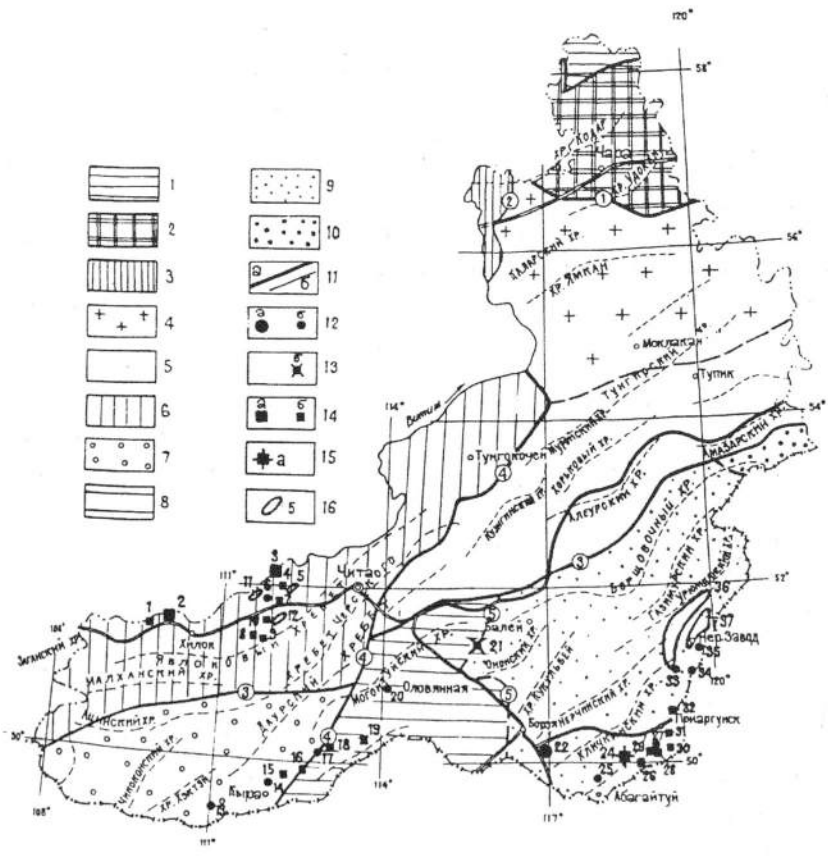

Чита
Хилок
Оловянная
Балей
Моклакан
Тупик
Тунгокочен
Кыра
Нер.Завод
Приаргунск
Абагайтуй
Хр. Кодар
Хр. Удокан
Каларский хр.
Хр. Ямкан
Тунгирский
Амазарский хр.
Алеурский хр.
Борщовочный хр.
Газимурский хр.
Урюмканский хр.
Малханский хр.
Яблоновый хр.
Могойтуйский хр.
Хр. Кукульбей
Хр. Эрмана
Хр. Хэнтэй
Витим

Рис.13.33. Схема расположения цеолитоносных объектов в главных геологических структурах Забайкальского края. По: [Павленко. 2000]:

1–2 – Сибирская платформа: 1–Березовская зона плитного чехла, 2 – Кодаро-Удоканская зона Алданского щита; 3 – Байкало-Витимская система, Муйская зона (синклинорий); 4–5 – Становая складчатая область: 4 – Каларская зона, 5 – Западно-Становая зона; 6 – Селенгино-Яблоневая складчатая область, Хилок-Витимская зона; 7–10 – Монголо-Охотская геосинклинальная область и ее зоны: 7 – Хэнтэй-Даурская, 8 – Агинская, 9 – Аргунская, 10 – Верхне-Амурская; 11 – границы: а – главные разломы, ограничивающие складчатые области, б – разломы второго порядка, ограничивающие структурно-формационные зоны (пунктир – предполагаемые). Цифры в кружках: 1 – Становой, 2 – Витимо-Нечерский, 3 – Монголо-Охотский, 4 – Онон-Туринский, 5 – Восточно-Агинский; 12–13 – Геолого-промышленные типы месторождений (а) и проявлений (б): 12–13 – вулканогенно-осадочные: 12 – гидротермально-диагенетические, 13 – позднедиагенетические; 14–15 – вулканогенные: 14 – гидротермально-метасоматические; 15 – миндалекаменные; 16 – перспективные площади (месторождения и проявления).

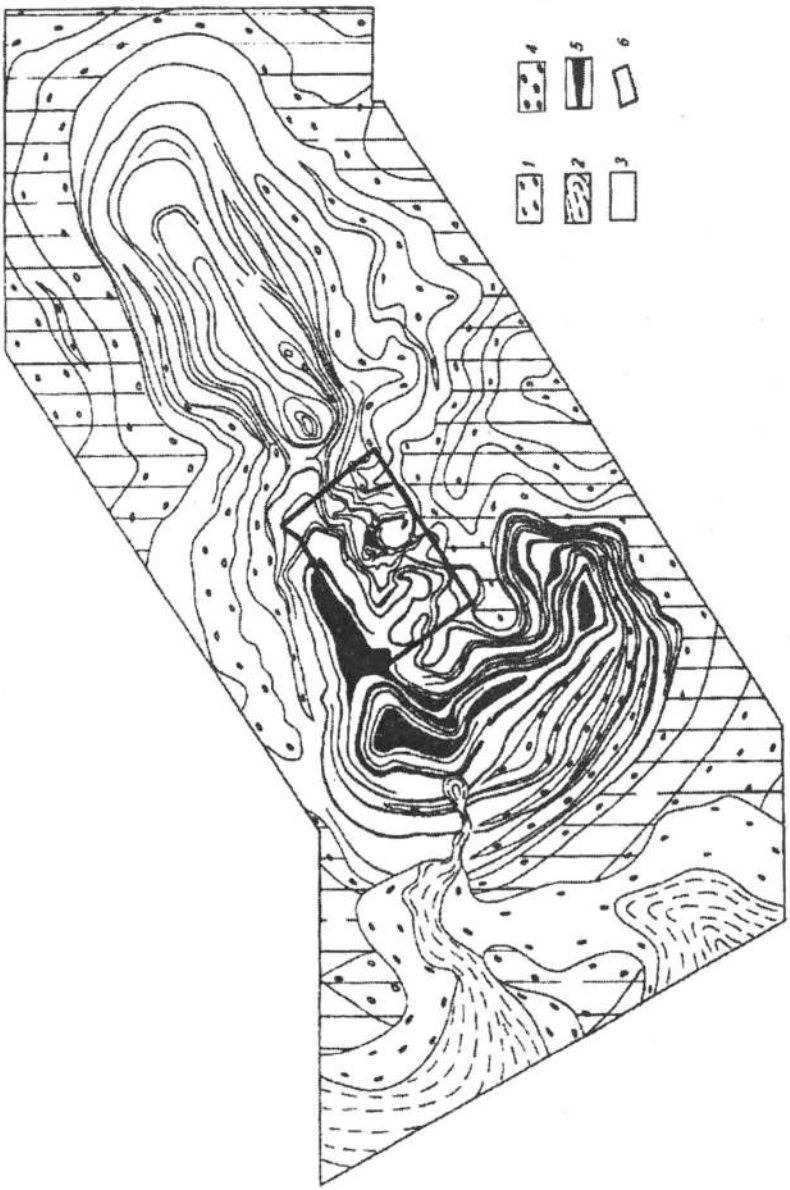


Рис.13.34. Схематическая карта Шивыртуйского месторождения. По:[Павленко, 1995]:

1–2 – верхняя и нижняя (заштрихованная) подсерии тургинской серии: 1 – алевролиты, аргиллиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, цеолитизированные, монтмориллонитизированные туфогенные разности названных пород, изредка туфов, туффитов, известняки, арагонит, гипс; 2 – конгломераты, гравелиты, песчаники, редко аргиллиты, алевролиты, цеолитизированные, монтмориллонитизированные туфогенные разности названных пород и реже туффитов; 3 – туфы, туффиты, туфогенно-мергелистые и мергелисто-туфогенные породы цеолитизированные и монтмориллонитизированные, 4 – детально разведанный участок I очереди месторождения (5 км²).

цеолитизации вулканических туфов. В последующие годы месторождение неоднократно разведывалось геологами и геофизиками ПГО «Бурятгеология» на перлитовое сырье (Ю.И. Воронов и др., 1969 г.; В.В. Митрофанов и др., 1974 г.; Ф.Н. Людофун и др., 1975 г.; Е.И.Ткаченко и др., 1976 г., и др.) и цеолиты (Е.Г. Савельева и др., 1983–1986 годы).

В этот же период на месторождении проведены научно-исследовательские работы по изучению петрографии, минералогии, геохимии вулканогенных пород и гидротермально-метасоматических процессов цеолитизации (В.В. Наседкин, 1980, 1983; Н.Г. Ключанский, 1979; А.Д. Коробов, Н.М. Ульзутуев, 1985; Р.В. Боярская с соавторами, 1988; А.В. Магер, 1989; И.В. Гордиенко с соавторами, 1990; Л.Г. Жамойцина с соавторами, 1992 год; и др.). В результате этих работ месторождение довольно хорошо изучено, разведано, подсчитаны запасы перлитового и цеолитового сырья. Холинское месторождение является одним из наиболее крупных объектов и поставщиков цеолитового сырья в России.

Месторождение связано с Холинской вулкано-тектонической структурой, в которой преимущественным развитием пользуются мезозойские вулканогенные отложения удинской свиты средней-верхней юры (рис.13.35–13.37). В фундаменте и обрамлении Холинской вулканотектонической структуры вскрываются палеозойские гранитоиды, представленные средне-крупнозернистыми порфировидными биотитовыми и биотит-роговообманковыми разновидностями, а также микросланцы нижнего палеозоя, слагающие небольшие ксенолиты среди гранитоидов. Кроме того, здесь развиты пермо-триасовые вулканогенные образования, распространенные в северной и юго-западной части структуры. Они представлены ортофирами, кератофирами, риолитами и кварцевыми порфирами. Местами среди них отмечаются прослои туфопесчаников, туфоконгломератов и туфов кислого состава. Однако основную роль в формировани Холинской вулканотектонической структуры и одноименного перлит-цеолитового месторождения играли юрские вулканогенные отложения (средней-верхней юры). Они характеризуются в пределах месторождения резкой фа-

циальной изменчивостью и подразделяются на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю (Савельева Е.Г. и др., 1986 г.). В нижней подсвите ($J_{2-3}ud_1$) преобладают крупнообломочные туфы и конгломераты, отлагающиеся в западной части месторождения, а также в центральной и восточной, где они перекрываются более молодыми отложениями. Мощность подсвиты варьирует от 130 до 300 метров.

В средней подсвите ($J_{2-3}ud_2$), представленной кислыми туфами, выделено три горизонта (снизу вверх): первый горизонт ($J_{2-3}ud_2^1$), кристаллолиток-ластические туфы смешанного и умеренно кислого состава, слабоцеолитизированные. Они выходят в юго-восточной и восточной частях месторождения. Их мощность около 30–100 метров. Второй горизонт ($J_{2-3}ud_2^2$) сложен витролитокластическими туфами смешанного и умеренно кислого состава, тоже слабоцеолитизированными. Имеет ограниченное распространение. Третий горизонт ($J_{2-3}ud_2^3$) представлен в различной степени цеолитизированными пелитовыми, алевролитовыми, псаммитовыми и псефитовыми витролитокластическими туфами трахириодацитового состава. Этот горизонт широко распространен на месторождении (см. рис.13.35) и представляет собою продуктивную толщу. В нем заложен карьер по добыче цеолитов. Особый интерес здесь представляют цеолитизированные крупнопсефитовые витролитокластические туфы розоватого или зеленоватого цвета мощностью от 15 до 20 метров. Общая мощность средней подсвиты 200–250 метров.

Верхняя подсвита ($J_{2-3}ud_3$) сложена кислыми эффузивами (фельзиты, риолиты, перлиты и лавобрекчии). Они наиболее распространены в пределах Холинского месторождения и условно также разделены на ряд горизонтов (см. рис. 13.37).

Цеолитизация отмечается лишь в пределах перлитов и лавобрекчий. Распределение цеолитовой минерализации (см. рис.13.35) неравномерно и увеличивается с глубиной (от 30 в верхах горизонта до 80% в нижних его частях). Мощность цеолитизированных пород достигает 40 метров. Четвертый горизонт ($J_{2-3}ud_3^4$) образован перлитами зеленого цвета, слагающими три крупные залежи в юго-восточной части Холинского месторождения

	Геологическая колонка	Возраст	Глубина, м	Содержание цеолитов, %
1		Q	1,7	
2		$J_2ud_2^6$	5,2	67,5
3		$J_2ud_2^{2-5}$	9,8	52,5
4			24,6	63,0
5			33,1	65,5
6			47,8	83,0
7			66,0	64,0
8		$J_2ud_2^1$	72,0	33,0

Рис.13.35. Разрез продуктивной цеолитоносности толщи Холинского месторождения (Боярская и др., 1988 г.):

1 – щебень туфа, супесь; 2 – витрокластический мелкопсефитовый туф; 3 – разнообломочный витро- и литовитрокластический туф (от пелитового до мелкопсефитового); 4 – витрокластический алевролитовый туф; 5 – витрокластический псефит-псаммитовый туф; 6 – витро- и литовитрокластический псаммит-псефитовый туф; 7 – литовитрокластический псефитовый туф; 8 – дресва и щебень туфа, глина.

(см. рис.13.36), а также отмечаются в виде маломощных жил в его западной части. Пятый горизонт ($J_{2-3}ud_2^5$) составляют риолиты, их туфы и брекчии, фельзиты и перлиты черного и коричневого цвета общей мощностью 40–115 метров.

Цеолитизированные породы образуют четыре пологие пластовые залежи, наиболее крупная из которых (3,6х2,1 км) при мощности 120 м располагается в пределах Мохейского участка. Для добычи цеолитов наиболее благоприятна центральная часть Мохейского участка в связи с близповерхностным залеганием продуктивной толщи. Именно в этом месте в настоящее время заложен карьер и периодически идет добыча цеолитов (рис.13.38). Цеолитизация связана с гидротермальным воздействием на кислые эффузивы их туфы.

Средний химический состав цеолитизированого туфа (в %): SiO_2 – 63.47, TiO_2 – 0.16, Al_2O_3 – 12.69, Fe_2O_3 – 1.27, FeO – 0.29, MnO – 0.34, CaO – 0.92, MgO – 0.53, Na_2O – 2.58, K_2O – 2.85, H_2O^- – 9.29, H_2O^+ – 5.55, сумма – 99.94 [Боярская и др., 1988].

По гранулометрическому составу на месторождении выделено четыре типа туфов: пелитовые, алевритовые, псаммитовые и псефитовые. Наиболее интенсивно цеолитизирован и монтмориллотизирован стекловатый материал первых (до 80%) и четвертых (до 20–70%).

В туфах развиты цеолиты, монтмориллонит и селадонит (тонкочешуйчатая зеленоватая железисто-магнезиальная слюда, развивающаяся при гидротермальном изменении эффузивов). Цеолиты представлены клиноптилолитом, гейландитом и морденитом. Первый преобладает. Выявлено его три генерации: в цементирующей массе, в пустотах выщелачивания и в микротрещинах. Размеры его индивидов в основной массе 1–10 мкм, в порах – 0.01–0.03 мм, в трещинах до 1.0 мм [Месторождения Забайкалья, 1995]. Гейландит развит менее и образует, как полагают В.В. Наседкин и А.В. Магер [1987], примесь в клиноптилолите связи с привносом Са. Морденит, представляющий собою полиморфную модификацию клиноптилолита, развит меньше, чем последний. Тем не менее, на месторождении присутствуют кристобалит-адуляр-мордени-

товые туфы с содержанием мордента до 50%. Эти туфы образуются в условиях относительно высоких температур и при избытке калия в системе.

По минеральному составу выделены при содержании цеолитов более 50% пять типов цеолититов (цеолитсодержащих туфов): 1) клиноптилолитовый с содержанием его 80–90%; 2) монтмориллонит-клиноптилолитовый с содержанием клиноптилолита 30–70% и монтмориллонита – 30–40%; 3) селадонит-клиноптилолитовый с содержанием клиноптилолита 50 – 65% и селадонита 10–30%; 4) кристобалит-адуляр-клиноптилолитовый с содержанием цеолитов до 50%, адуляра и кристобалита в сумме около 50%; 5) кристобалит-адуляр-морденитовый с содержанием морденита около 50%.

Разведанный участок месторождения, где развиты продуктивные лито-витрокластические туфы, занимает площадь 8 км^2, общая мощность толщи около 200 метров. Она непосредственно выходит на дневную поверхность, что исключает необходимость вскрышных работ.

Содержания цеолитов по горизонтам варьируют (см. рис.13.37, 13.38). В третьем горизонте мощностью до 154 м содержание цеолитов находится в пределах 3.5–97.5 %, в среднем 48.8–58.9%. По псаммитовым туфам развит монтмориллонит. В четвертом горизонте, сложенном в основном псаммитовыми туффитами, мощностью 1.9–25.5 м содержание цеолитов 15–74 % , в среднем – 32 %.

В результате разведки в пределах Мохейского участка Холинского месторождения выделена пологозалегающая залежь со средней мощностью около 50 м, сложенная цеолитсодержащими туфами со средним содержанием клиноптилолита 50–70% при общем среднем 61.4%. В месторождении присутствуют два вида полезных ископаемых: клиноптилолитсодержащие туфы (99%) и перлитовые лавобрекчии с содержанием цеолитов до 40% и более.

Цеолитсодержащие туфы Холинского месторождения, как показали всесторонние его исследования, могут применяться в широком спектре областей. Они могут применяться в качестве пищевых добавок в животноводстве, как мелиоранты в выращивании картофеля, пшеницы, овса, волоснеца сибирского,

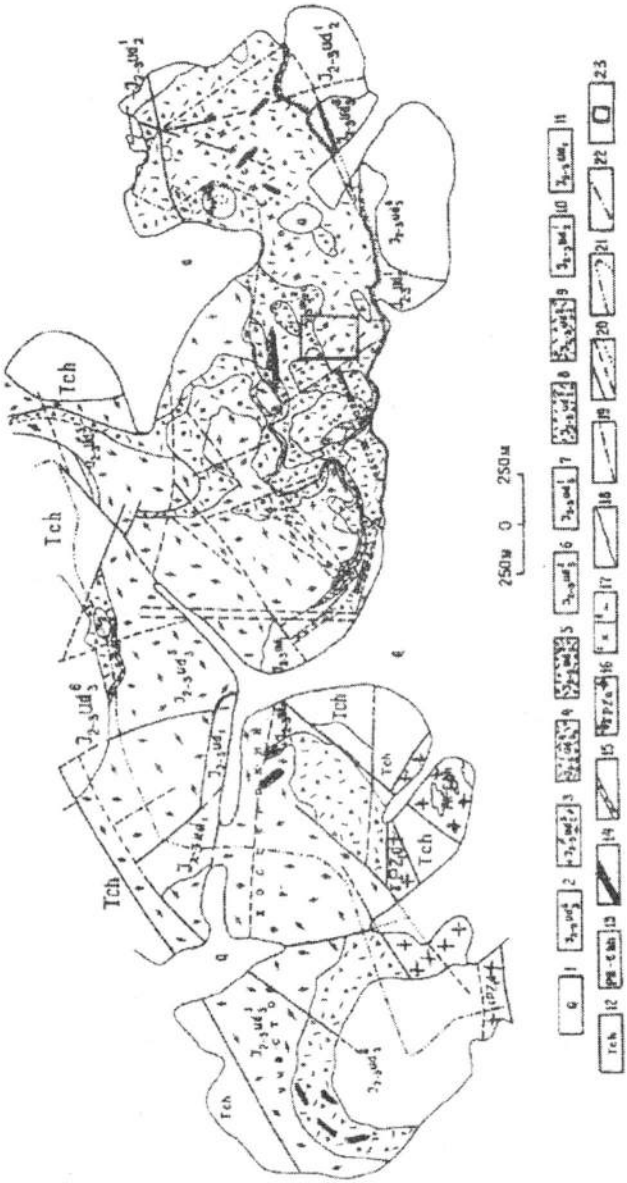

Tch
250м 0 250м

Рис.13.36. Рис. 1. Схематизированная геологическая карта Холинского перлит-цеолитового месторождения. Составлена по материалам геологоразведочных работ ПГО "Бурятгеология" (Савельева Е.Г. и др., 1986), по [Месторождения Забайкалья, 1995]:

1 — нерасчлененные четвертичные отложения; 2–22 – вулканогенная толща, удинская свита 02–3ud): 2 — базальты и андезитобазальты, 3 — риолиты, их туфы, туфобрекчии, перлиты черного и коричневого цветов, 4 — перлиты зеленого цвета, 5 — перлиты коричневого цвета и их лавобрекчии, 6 – риолиты, 7 – фельзиты, 8 – цеолитизированные крупнопсефитовые витрокластические туфы, 9 – цеолитсодержащие пелито-мелкопсефитовые витрокластические туфы, 10 — туфы игнимбритоподобные, кристаллолитокластические, 11 — крупнообломочные туфы и конгломераты, 12 — триасовая система, цаган-хунтейская свита (Teh): кварцевые порфиры, фельзиты, ортофиры, 13 – протерозой, кембрийская система, хохюртовская свита (PR – C hh): микросланцы, 14,15 – мезозойские интрузии, удинский субвулканический комплекс: 14 – долериты, 15 – кластолавы, 16 – палеозойские интрузии, джидинский интрузивный комплекс: граниты среднезернистые биотитовые и биотит-роговообманковые, 17 — породы: 1 — окремненные, 2 — аргиллизированные, 18–19 — контакты: 18 — установленные, 19 – предполагаемые, 20 – разрывные нарушения: установленные (сплошная линия), предполагаемые (пунктирная линия), под четвертичными отложениями (точки), 21 – граница Читинской области и Республики Бурятия; 22 – границы участков; 23 – положение открытого карьера, где ведется добыча цеолитовых туфов.

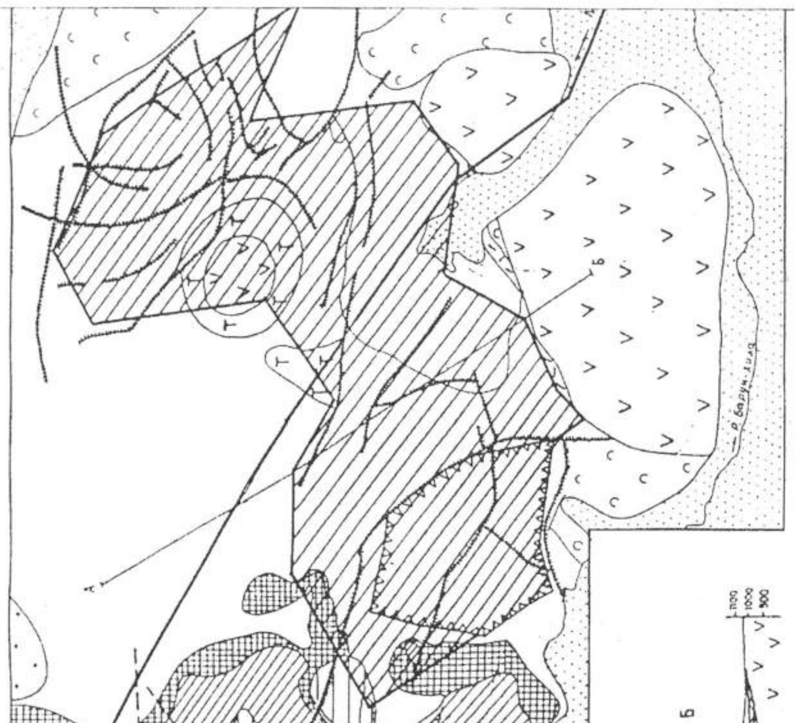

РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ А-Б
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

Рис.13.37. Схема геологического строения Холинского перлит-цеолитового месторождения. По:[Павленко, 2000] :

1– нерасчлененные четвертичные отложения, 2–3 – бадинский позднемезозойский субвулканический комплекс: 2 – штоки, силлы долеритов, 3 – дайки долеритов и кластолав, 4–13 – бадинская свита поздней юры: 4–8 – верхнебадинская подсвита: 4 – пятый горизонт – трахилипариты (афировые риолиты), перлиты, 5 – четвертый горизонт – перлиты, 6 – третий горизонт – лавобрекчии перлитов, 7 – второй горизонт – липариты, их туфы, 8 – первый горизонт – фельзиты, 9–12 – средне-бадинская подсвита: 9 – четвертый горизонт – туффиты, 10 – третий горизонт – туфы трахидацитовые, туфоаргиллиты, туфопесчаники, 11 – второй горизонт – туфы риолитов, 12 – первый горизонт – туфы трахидацитов (игнимбриты), 13 – нижнебадинская подсвита конгломераты, туфоконгломераты, 14 – герцинский стратовулкан – фельзиты, ортофиры, 15 – разрывные нарушения, 16 – границы Мохейского участка, 17 – опытно-промышленный карьер.

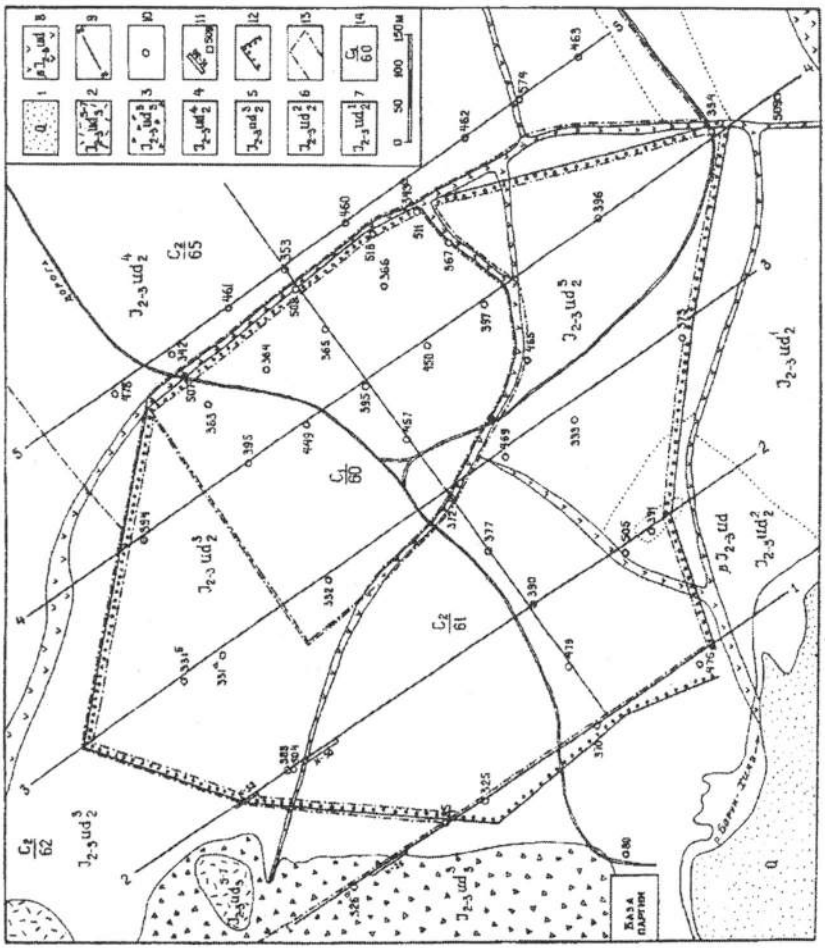


Рис.13.38. Схема геологического строения Мохейского эксплуатационного участка (карьера) Холинского месторождения. По: [Месторождения Забайкалья, 1995]

1 – четвертичные отложения; удинская вулканогенная свита (J2-3ud), верхняя подсвита (2–3): 2 – риолиты, их туфы, брекчии, перлиты (объединенные пятый-седьмой горизонты), 3 — лавобрекчии перлитов (третий горизонт); средняя лодсвита (4–7): 4 — туффиты (четвертый горизонт), 5 – цеолитизированные витрокристаллолитокластичсскис туфы трахириолитдацитового состава от перлитовых до псефитовых (третий горизонт). 6 — слабо цеолитизированные витролитокластические туфы смешанного или умеренно кислого состава (второй горизонт), 7 – слабо цеолитизированиые кристаллокластические туфы смешанного и умеренно кислого состава (первый горизонт); удинский субвулканический комплекс (J2–3ud): 8 – долериты и андезитовые порфириты; 9 – разведочные профили и их номера; 10 – разведочные скважины и их номера; 11 – разведочные канавы и шурфы, их номера; 12 – контуры отведенного карьера для добычи цеолитов; 13 — граница блоков с подсчитанными запасами цеолитового сырья; 14 – запасы цеолитового сырья по блокам: в числителе – категория запасов, в знаменателе – количество, млн. т.

для очистки воздушной среды от паров воды, водорода, азота, ртути, летучих соединений серы, радиоактивных изотопов. Туфы с низким содержанием цеолитов могут быть использованы для производства цемента.

Запасы цеолитсодержащих пород Мохейского участка Холинского месторождения по состоянию на 19.11.1991 года по категориям $B+C_1+C_2$ на площади 4.3 км^2 составляли 383 557 тыс. т. По состоянию на 01.01.2007 года запасы месторождения по категориям (тыс. т): ABC_1 – 129636.1, C_2 – 253 892, $ABC_1 + C_2$ 383 528.1, доля в запасах страны – 26.3%. Доля добычи в масштабах страны составляет 4.2%. Основная добыча производится на Ягоднинском (41.7%) месторождении и Хунгуруу (20.8%) в Якутии.

Бадинское месторождение преимущественно морденит-клиноптилолитовых горных пород расположено в 7 км к северу от железнодорожной станции Бада Хилокского района Забайкальского края. По данным Ю.В. Павленко [Энциклопедия Забайкалья, 2003], площадь цеолитизированных горных пород составляет 9 км^2. Детально изучен лишь небольшой участок. Месторождение находится в северо-восточном замыкании позднемезозойской Бадинской вулканотектонической структуры. Фундамент впадины сложен гнейсами, сланцами архейской малханской серии, гранитоидами, диоритами раннепалеозойского джидинского комплекса. На нем залегают мелкообломочные спекшиеся субщелочные туфы верхнебадинской подсвиты и осадочные породы с покровами базальтов доронинской свиты. На участке, где проведена разведка, развиты белые, светло-розовые (клиноптилолитсодержащие) и бледно-зеленые (морденитсодержащие) пепловые литовитрокластические туфы, прослеженные на 1 км в полосе шириной 20–250 м. Мощность ее не менее 220 м. Содержание (%) клиноптилолита 29–100 (среднее 76), морденита — 46–87 (среднее 70), монтмориллонита — до 62, кварца — до 39. Продуктивные горные породы образуют плитообразную залежь. Запасы и прогнозные ресурсы оценены только на площади 0,93 км^2 [Павленко, 2000].

Балансовые запасы цеолитсодержащих горных пород по состоянию на 01.01.2005 года составляли (тыс. т) по категории C_2 – 9840 тыс. т [Богатства недр..., 2008].

На территории Забайкальского края открыто и оценено ***Талан-Гозагорское*** месторождение шабазитсодержащих горных пород. Оно расположено в 10 км к югу от г. Краснокаменск. Начало открытия месторождения относится к 1984 году, когда В.И. Покровская обнаружила шабазит в обломках пузырчатых интенсивно обохренных миндалекаменных базальтов. Часть образцов шабазитсодержащего базальта она зимой 1985 года передала автору для исследований, который подтвердил принадлежность белого минерала к шабазиту. Геологоразведочные работы с целью поисков месторождения шабазита геологами АООТ НПХК (теперь ОАО «ПГХО») начаты в 1987 году. К 1989 году они были завершены открытием Талан-Гозагорского месторождения. Оно приурочено к Тулукуевскому прогибу аргунского локально-купольного поднятия, фундамент которого сложен палеозойскими гранитоидами с ксенолитами метаморфических пород протерозоя. Цеолитоносные верхнеюрские вулканические образования приаргунской свиты имеют пологое (5–20°) залегание и представлены миндалекаменными андезибазальтами, базальтами, перемежающимися с аналогичными, но массивными породами, лавобрекчиями, туфами. Цеолитсодержащие миндалекаменные породы выявлены в полосе шириной 250–350 м и прослежены на протяжении более 1300 м (рис. 13.39). Наряду с шабазитом в базальтах присутствуют морденит, анальцим, гейландит. Они либо нацело выполняют миндалины, имеющие размеры 0,1–2.0 см, и сложены либо только цеолитами, либо ассоциируют с кварцем, кальцитом, халцедоном, монтмориллонитом, гематитом, иллитом. Максимальное содержание цеолитов – до 36 % от объема породы при доле объема миндалин до 40 %. Шабазитоносные миндалекаменные базальты выходят на дневную поверхность. Это позволяет их отрабатывать открытым способом [Павленко, 2000].

На территории Республики Бурятия выявлены и разведаны комплексные цеолит-перлитовые месторождения Мухорталинское (рис. 13.40) и Закультинское, запасы по которым числятся по группе перлитового сырья.

Кроме того, здесь же известно Маргинтуйское месторождение цеолитов, на котором проведены поисково-оценочные

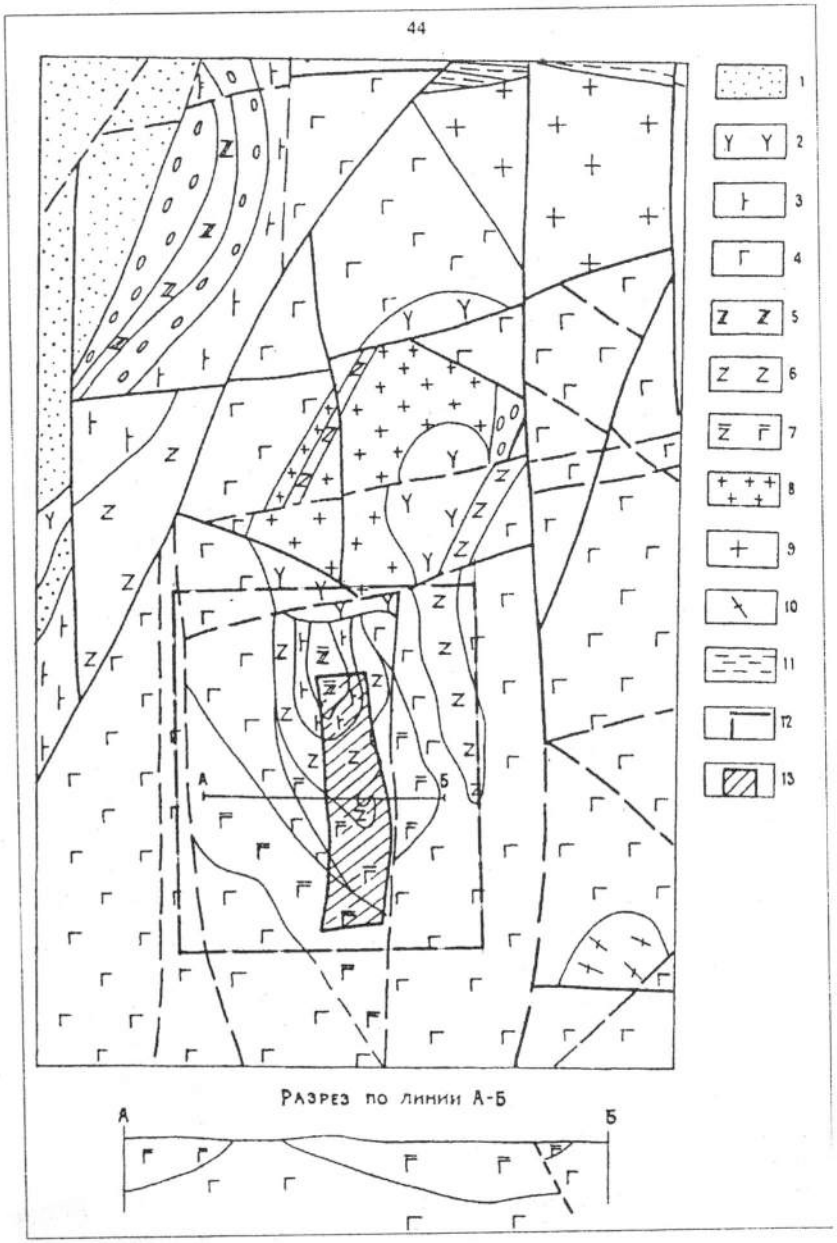

44
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
А
Б
Разрез по линии А-Б
А
Б

Рис.13.39. Геологический план Талан-Гозагорского месторождения:

1 – осадочные отложения кутинской свиты (К1), 2 – тургинская свита (К1) – липариты жерловой фации, 3–8 – приаргунская свита (J3): 3–4 – покровы базальтов, андезибазальтов: 3 – средний, 4 – нижний, 5–6 – покровы трахидацитов: 5 – верхний, 6 – нижний, 7 – миндалекаменные разновидности пород, 8 – субвулканические липариты, 9–10 – гранитоиды: 9 – верхнепалеозойские, 10 – нижнепалеозойские, 11 – протерозойские известняки, доломиты, 12 – площадь месторождения, 13 – контур залежи с цеолитовой минерализацией.

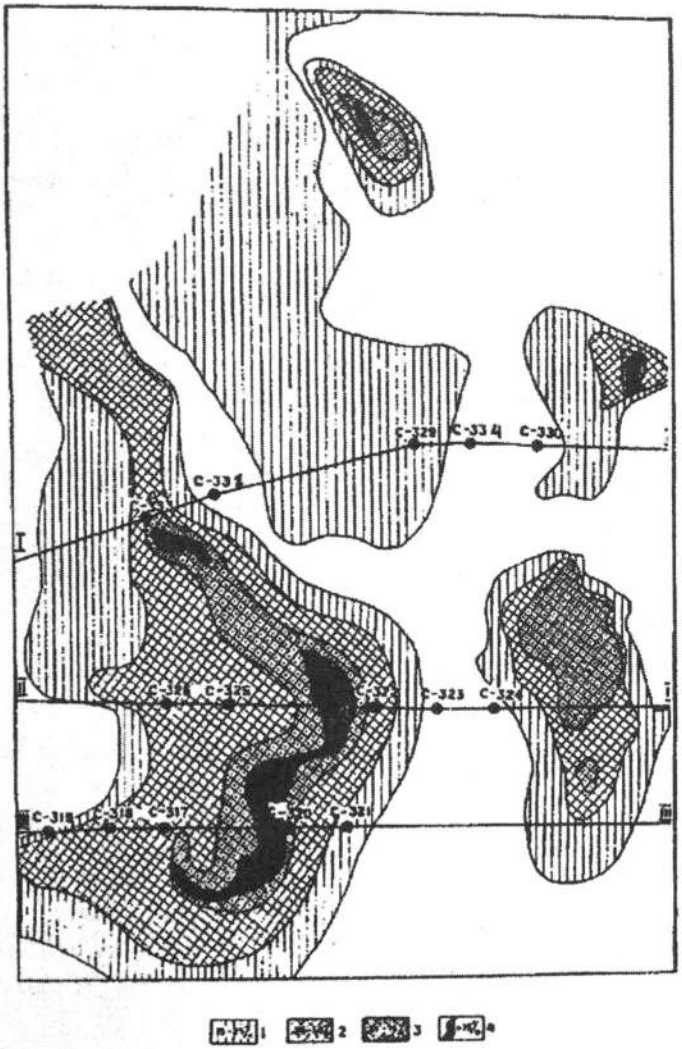


Рис.13.40.Распределение цеолитовой минерализации по площади Мухорталинского перлит-цеолитового месторождения. По: [Месторождения Забайкалья, 1995]. Содержания цеолитов по горной породе, %: 1 – 5–25, 2 – 26–50, 3 – 51–75, 4 – свыше 75.

работы и выявлены поля развития цеолитов, представленных анальцимом, шабазитом, стильбитом, гейландитом и натролитом. Содержания их находятся в пределах 25%, что не позволяет использовать их без обогащения как собственно цеолитовое сырье. Использование их возможно в качестве добавок к цементному сырью для получения портланд-цемента марок 420 и 550 с улучшением его прочности на 10%. Ресурсы шабазитсодержащих горных пород категории P_1 могут составить 420 тыс. т [Месторождения Забайкалья, 1995].

Анализ приведенных выше материалов по цеолитоносности Забайкалья свидетельствует о неисчерпаемых запасах и ресурсах этого во многих отношениях уникального минерального сырья. О возможности прогнозирования его свидетельствует чрезвычайно широкое развитие в Забайкалье рифтогенных впадин с юрско-меловым вулканизмом, в результате функционирования которого сформировались уже известные месторождения цеолитового сырья.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства цеолитов?
2. Каковы главные промышленные минералы группы цеолитов?
3. Где используются цеолиты?
4. Каковы способы добычи, обогащения и переработки цеолитов?
5. Главные типы месторождений цеолитов.
6. Назовите и дайте краткую характеристику основных месторождений цеолитов в Забайкалье.

Литература

Основная

Боярская Р.В., Магер А.В., Наседкин В.В., Соболева С.В. Минералогия и генезис клиноптилолитов Забайкалья // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1988. – № 12.– С. 82–92.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Чечеткин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Гордиенко И.В., Жамойцина Л.Г., Зонхоева Э.Л. Цеолитоносность базальтов Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1989. – 94 с.

Месторождения Забайкалья / Под ред. акад. Н.П. Лаверова. Т. 1. Кн. 2 – М.: ЗАО «Информмарк», 1995.

Павленко Ю.В. Цеолитовые месторождения Восточного Забайкалья. – Чита, 2000.

Дополнительная

Годовиков А.А. Минералогия. — М., 1983.

Семушин В.Н., Жамойцина Л.Г., Зонхоева Э.Л. Природный шабазит (свойства, генезис, добыча и применение). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1992.

13.16. Барит ($BaSO_4$).

13.16.1. Общие замечания.

Барит представляет собою довольно широко распространенный минерал, но промышленные его скопления образуются не часто. Будучи, наряду с важнейшим минералом бария, его карбонатом, витеритом ($BaCO_3$), источником бария, вследствие особых свойств, он используется преимущественно также и для других целей. Поэтому барит и его месторождения обычно рассматриваются в главе о неметаллическом горно-техническом сырье.

13.16.2. Химический состав и свойства.

Барит является природным сульфатом бария ($BaSO_4$). Состав, в основном, соответствует формуле. Он содержит

Ba – 58.9%, (BaO – 65.7, SO_3 – 34.3%). В качестве изоморфных примесей могут присутствовать Sr, Ca, Pb, Ra. Максимальное содержание PbO в барите 22%, SrO – 15%. Как механические примеси известны гидроксиды марганца и железа, слоистые силикаты, целестин ($SrSO_4$), гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), кальцит.

Барит образует кристаллы, кристаллические и зернистые агрегаты – натечные формы, конкреции. Формы баритоносных минеральных тел широко варьируют и бывают представлены жилами, линзами, пластами, гнездами, системами конкреций, корками и другими.

Сингония ромбическая, цвет белый, серый, бурый, черный, красный, желтый, зеленоватый. Хорошо образованные кристаллы бывают бесцветными, прозрачными. Блеск минерала стеклянный, излом неровный, спайность совершенная и несовершенная, хрупкость высокая. Относительно хорошо растворяется в H_2SO_4, HCl, в содовом растворе, плохо – в воде. Растворимость $BaSO_4$ в воде 2.3 г/л.

Плотность 4500 кг/м^3; твердость по шкале Мооса 3.0–3.5; температура плавления 1580°C; удельная магнитная восприимчивость – $0.28–10^{-9}$ м^3/кг; диэлектрическая проницаемость 5–12. Свечение в лучах: УФ – голубое, желтое, фиолетовое, зеленое; катодных – фиолетовое.

Экологическую опасность определяют высокотоксичные барий и его соединения (II класс опасности). $ПДК_{м.р}$ $BaSiO_3$ – 2.0 мг/м^3, $BaSO_4$ – 6.0, BaF_2 – 0.1, $BaCl_2$ – 0.5 мг/м^3; $ПДК_в$ Ba^{2+} – 4.0 мг/л. Избыточное содержание в почвах – 600 – 1000 г/т.

13.16.3. Распространенность и запасы.

Кларк бария $3.2 \cdot 10^{-3}$%, что свидетельствует о довольно широком его распространении. Легко сорбируется соединениями марганца. Г. Ловестамом по В.В. Иванову [Иванов, 1991] барит установлен в харовых водорослях и корненожках. Естественное содержание бария в почвах 430–660 г/т.

Мировые подтвержденные запасы барита – 400 млн. т, ежегодная добыча составляет 5 млн. т. Половина всех мировых запасов сосредоточена в Китае и Казахстане. Россия занимает

6-е место в мире по запасам барита (3.2%). Наиболее крупные производители – Китай, Казахстан, Индия, Марокко.

В странах СНГ запасы барита составляют 180 млн. т, в том числе в России – 24 млн. т (по состоянию на 01.01.2005 г.). Из них по категориям А – $С_1$ – разведанные (13.4 млн. т). По состоянию на 01.01.2007 года общие запасы составляли 22.8 млн. т. Прогнозные ресурсы всего составляют 51.9 млн. т, из них категории $Р_1$ – 16 млн. т. Для России барит является дефицитным сырьем. Для удовлетворения потребности, в основном в высококачественных наполнительных сортах, импорт составляет 20–30 тыс. т ежегодно. По добыче барита первое место занимает Китай, а 40% мировой добычи потребляют США.

Россия по добыче занимает 9-е место, а по потреблению 7-е при добыче в 2006 году 326 тыс. т. Добыча с 2001 года (150.6 тыс. т) возросла более чем в два раза. До 1990-х годов потребление барита составляло 800–900 тыс. т в год. Обеспеченность потребления промышленности страны активными запасами не превышает 9 лет. В настоящее время предпочтительным является импорт барита из Казахстана.

13.16.4. Области использования.

Структура потребления (%): в качестве утяжелителя в буровых растворах – 75; инертного и слабоактивного наполнителя – 16–18; для производства химических соединений – 6–8. Незначительная часть барита используется в медицине (контрастное вещество, поглощающее рентгеновские лучи, для рентгеновских исследований желудочно-кишечного тракта), а также в качестве поглотителя рентгеновских излучений в составе штукатурки стен рентгеновских кабинетов.

13.16.5. Минеральный состав руд и промышленные типы.

В зависимости от условий образования и промышленных типов руд известны вариации их минерального состава. В ас-

социации с баритом обычно находятся кварц, кальцит, другие карбонаты, флюорит, сульфиды, иногда гематит, магнетит, гидроксиды железа и марганца.

Промышленные типы месторождений: собственно баритовых – стратиформный в кремнисто-сланцевых и терригенно-карбонатных толщах, жильный, остаточный; комплексных – барит-свинцово-цинковый стратиформный в карбонатных толщах, барит-колчеданно-полиметаллический в терригенно-карбонатно-кремнистых толщах, барит-колчеданно-полиметаллический в осадочно-вулканогенных толщах. Наибольшее значение имеют баритовые и барит-сульфидные типы месторождений. Последний тип характерен для Забайкалья.

По запасам $BaSO_4$ (млн. т) собственно баритовые месторождения подразделяют на весьма крупные – более 5, крупные – 5.0–0.5, средние – 0.5–0.1, мелкие – менее 0.1. Комплексные месторождения подразделяют (млн. т) на весьма крупные – более 20, крупные – 20–10, средние – 10–1, мелкие – менее 1.

При поисках и разведке эффективно используются методы электропрофилирования и радиоактивного каротажа.

13.16.6. Добыча и переработка руд.

Месторождения барита разрабатывают открытым и подземным способами. Подготовку руд к переделу производят обогащением с применением гравитационных, флотационных и комбинированных технологий. Руды жильных месторождений, обычно некрупных, обогащают сначала ручной рудоразборкой. Извлечение барита из сырья различного типа составляет 55–90% при содержании его в концентрате до 90% . К вредным примесям в концентрате относят SiO_2, $Fe_2Oз$, CaO.

В результате обогащения руд комплексного состава попутно получают золото- и серебросодержащие, свинцовые, цинковые, флюоритовые, железные и марганцевые концентраты. В мировой практике извлечение барита из комплексных руд, содержащих менее 10% барита, считается нерентабельным.

Баритовые концентраты перерабатывают гидрометаллургическим способом. Товарный продукт (барит отбеленный) содержит 80–95% $BaSO_4$. К вредным примесям в барите относят водорастворимые соли.

Металлический барий получают алюмотермией. Содержание в нем бария составляет более 99,5%.

13.16.7. Месторождения барита в Забайкалье.

В пределах Забайкальского края не выявлено промышленных месторождений барита, хотя в зонах окисления сульфидных месторождений и в первичных флюоритовых рудах кварц-флюоритового типа (Усуглинское, Абагайтуйское) барит является постоянной составной частью рудоносных жил. Однако промышленных скоплений он не образует, представляя лишь минералогический и коллекционный интерес. Здесь в процессе отработки этих месторождений добывали прекрасные музейные штуфы цветного флюорита в ассоциации псевдоромбоэдрических (Усуглинское месторождение) и призматических прозрачных золотисто-желтых и пластинчатых белых с перламутровым эффектом, так называемых, пуговиц, кристаллов барита (Абагайтуйское месторождение).

Промышленные месторождения комплекскных баритовых руд известны в Республике Бурятия: ***Гундуйское, Туркул и Звездное***. Первые два входят в состав Гундуй-Туркульского рудного поля и контролируются Туркул-Гундуйской тектонической структурой, в которой все месторождения находятся в узлах её пересечений с зонами поперечных разломов. Все три месторождения находятся в пределах крупного Озернинского рудного узла. Они приурочены к юго-западной части Еравнинского останца нижнекембрийских осадочно-вулканогенных горных пород в наиболее опущенном блоке рудного узла, в пределах Туркульской антиклинальной складки. Медно-баритовое оруденение локализовано в юго-восточной части Туркул-Гундуйского разлома.

История открытия месторождений по М.А. Нефедьеву [2009], в результате проверки рекомендаций которого в 1965

году они были открыты, неординарна. В 1961 году месторождение Туркул открыто как железорудное. Затем в 1965 году за пределами известных магнетитовых рудных тел выявили интенсивные зоны проводимости, а также аномалии силы тяжести, которые не компенсировали известные рудные тела. При проверке их с поверхности горными выработками обнаружили богатые медно-баритовые руды. Месторождение оказалось сложенным анкеритизированными и сидеритизированными известняками, известняковыми туффитами, кислыми эффузивами и их туфами, слюдисто-карбонатными и кварц-серицит-хлоритовыми сланцами. Развиты также процессы скарнирования и микроклинизации. Баритовое оруденение сопровождается баритизацией и сидеритизацией вмещающих горных пород. Руды барит-халькопиритовые, барит-гематит-магнетитовые. Среднее содержание бария в рудах 18.05–34.66%, меди – 0.7–15.9 %.

Железо-медно-баритовое месторождение **Туркул** расположено в юго-западной части Еравнинского останца и приурочено к наиболее опущенному блоку Турукульского блока рудного узла. Оно имеет сложно-блоковое строение. На участке месторождения выявлено 16 гематит-пирит-магнетитовых линзовидных тел мощностью до 20 – 30 м и 8 линзообразных барит-халькопиритовых тел мощностью 15–50 м. Эти барит-халькопиритовые тела имеют северо-восточное (50–60^0) простирание и северо-западное падение под углом 55–80^0. По простиранию барит-халькопиритовые тела прослежены на 150–350 м и 200–800 м по падению. Среднее содержание бария составляет 10.62%, меди – 0.59%.

По оценке Г.И. Дорошкевича [Нефедьев, 2009], суммарные запасы медно-баритовых руд в трех месторождениях по категории C_2 составляют 37 234 тыс. т, бария – 10 545 тыс. т, меди – 307.3 тыс. т.

На Госбалансе числится лишь одно из них – Гундуйское, содержащее 4 147 тыс. т барита по категории C_2 и 384 тыс. т в забалансовых рудах. Это второе по значимости месторождение в стране (17.2 % общероссийских запасов).

Барит входит также в состав барит-кварц-флюоритовых руд Дабхарского месторождения в Республике Бурятия.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства барита?
2. Где используется барит?
3. Распространенность и запасы барита.
4. Каковы способы добычи, обогащения и переработки барита?
5. Главные типы месторождений барита.
6. Назовите и дайте краткую характеристику основных месторождений барита в Забайкалье.

Литература

Основная

Ахманов Г.Г. Барит / Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие. – М.: Недра, 1984.

Ахманов Г.Г., Лобзов А.А. Месторождения барита / Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10, кн. 2. – Л.: Недра, 1989.

Ахманов Г.Г., Васильев Н.Г. Минеральное сырье. Барит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Нефедьев М.А. Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – 184 с.

Дополнительная

Ахманов Г.Г. Барит / Прогнозирование и поиски месторождений горнотехнического сырья. – М.: Недра, 1991.

Барит / Отв. ред. В.П. Петров, И.С. Делицин. – М.: Наука, 1986.

Вассерман В.А., Пацков А.А. Барит и витерит // Геофизические методы поисков и разведки неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984.

Заключение

Забайкалье по запасам и ресурсам топливно-энергетического сырья, в особенности радиоактивного (уран и торий), относится к уникальным регионам России. Даже по запасам и ресурсам каменных и бурых углей оно самодостаточно и обеспечивает ими другие регионы страны. Апсатское и Читкандинское месторождения каменных углей представляют собою достаточно крупные источники газа, если в будущем будет налажено его попутное извлечение из недр. В этом отношении залегание газоносных каменных углей в условиях многолетнемерзлых толщ, играющих роль подземного породо-ледяного экрана, может обеспечить извлечение газа из них как из подземного резервуара.

Несмотря на в общем отрицательные оценки вероятной газо- и нефтеносности Восточного Забайкалья, вопрос о возможности открытия промышленных месторождений нефти и попутного газа остается открытым. Обнадеживающим является возможность открытия месторождений этого сырья, связанного с процессами рифтогенеза. В последние годы на территории Русской платформы открыты месторождения нефти в купольных структурах метаморфических толщ рифея в её фундаменте. В этом отношении глубокое бурение в пределах Агинской плиты может привести к открытию месторождений нефти. Этому должны предшествовать специализированные геофизические исследования. Другим возможным нефтегазоносным регионом может оказаться Яблоново-Становая минерагеническая провинция, глубинные структуры которой изучены совершенно недостаточно. Плохо изучено также глубинное строение Березовского прогиба, где возможно обнаружение нефтегазоносных купольных или надвиговых структур. В прибортовых структурах Чарской и Муйской котловин возможны ловушки газоконденсатных месторождений.

Как показано выше, одним из профилирующих видов горно-технического минерального сырья, имеющим общероссийское значение, является флюорит. Российские запасы

флюорита на 01.01.2007 года составляли 26.4 млн. т. Из них почти 61% приходится на Забайкалье, в том числе 45.1% на Забайкальский край. С этими запасами Россия занимает 3-е место в мире после Китая (15%) и ЮАР (около 14%). Но добыча составляет всего 2% от мировой. Это связано, прежде всего, с нарушенной инфраструктурой потребителей флюорита – химической промышленности и черной металлургии, а также непривлекательностью инвестиций и значительными транспортными расходами на перевозку концентратов из восточных регионов добычи в западные районы потребления.

Как видно из табл.13.1, годовая добыча флюорита в Забайкалье крайне невелика. Она составляла в 2004 году, характеризовавшемся максимальной добычей за последнее десятилетие, в Забайкальском крае всего 34.6 тыс. т и примерно столько же в Республике Бурятия (33.0 тыс. т). Казалось бы, при достаточно высоком уровне лицензированности, особенно в Забайкальском крае, где распределено 75.1% разведанных и 77,9 % оцененных запасов, добыча должна быть, по крайней мере, в два-три раза больше. Но этого не происходит по разным причинам.

Одна из них – низкий уровень организации производства, другая – отсутствие должного объема инвестиций в развитие высокотехнологичного производства, третья – высокая себестоимость продукции, четвертая – высокие транспортные услуги. Но самой главной причиной малой эффективности производства является отсутствие единой концепции кооперации недропользователей в освоении групп близрасположенных месторождений. Концепция группового освоения месторождений флюорита в Юго-Восточном Забайкалье разработана еще в 1970-е годы, но в связи с перестроечными процессами так и не реализована. К настоящему времени в соответствии с этой концепцией разработаны единые технологические схемы обогащения для таких групп месторождений, как 1) Ново-Бугутурское, Шахтерское, Семилетнее, Волдинское, Горинское; 2) все месторождения Гарсонуйского рудного узла и другие [Фатьянов и др., 2006]. Березовское месторождение может стать одним из крупных цехов рудника Тасеево в случае его возрождения с запасами золота более 100 т. Здесь же, в Балейском рудном

районе находятся перспективные проявления нового золото-серебряно-сульфидно-флюорит-кварцевого типа [Юргенсон, 2006]. Поэтому в перспективе кооперация производств по добыче золото-серебряных и золото-флюоритовых руд может стать вполне плодотворной.

Использование этой идеи не только для освоения месторождений флюорита, но и других видов относительно недорогого, но остродефицитного минерального сырья, может быть вполне плодотворным. Для этого необходима организующая воля Правительства Забайкальского края и добрая воля владельцев лицензий.

Другим важным подходом к оживлению флюоритдобывающей промышленности может быть концепция переработки флотоконцентратов в дефицитный криолит, основной продукт для алюминиевой промышленности. Решение этой проблемы также лежит в плоскости кооперации недропользователей.

Следствием недостаточной эффективности флюоритдобывающей промышленности является дефицит флюорита (в 2006 году добыто 332 тыс. т при потребности 380–390 тыс. т) [Богатство недр..., 2008]. Дефицит компенсировался импортом из Китая и Монголии на многие сотни тыс. долларов США. С одной стороны это хорошо, так как сохраняются собственные запасы, а с другой – очень плохо, так как горняцкие поселения с их инфраструктурой находятся на краю бедности в связи с отсутствием рабочих мест.

Поэтому наряду с корпоративной идеологией недропользователей необходим государственный протекционизм по отношению к флюоритдобывающей промышленности.

Существенным вкладом в добычу флюорита может стать возобновление разработки Ермаковского флюорит-бериллиевого месторождения Забайкальским ГОКом.

Дополнительным источником флюорита могут стать комплексные месторождения малоглубинной золото-серебряно-сульфидно-флюорит-кварцевой формации. Для успешного прогнозирования этого нового для Забайкалья типа месторождений необходимо выяснить, с каким из юрско-меловых магматических комплексов связано это оруденение: с кукульбейским

18***

или шахтаминским. Скорее всего, с последним, но это требует специальных исследований.

Забайкалье представляет собою одну из крупнейших цеолитоносных провинций мира, особенностью которой является широкое развитие наиболее востребованных клиноптилолитовых и морденитовых горных пород, обладающих широчайшим спектром полезных свойств. Уникальными свойствами обладают клиноптилолит-монтмориллонитовые туфы, так называемые шивыртуины, вследствие синергетических взаимодействий двух ионообменных систем.

Интенсивное и широкомасштабное развитие субаквальных вулканогенно-осадочных образований в рифтогенных впадинах Забайкалья предполагает неограниченные масштабы развития промышленных типов цеолитсодержащих горных пород и слагаемых ими месторождений. Однако вероятность их широкого использования ограничена неразвитостью отечественных отраслей промышленности и других видов деятельности вследствие ущербной инвестиционной политики владельцев капитала.

Литература

Основная

Ахманов Г.Г. Барит / Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие. – М.: Недра, 1984.

Ахманов Г.Г. Барит / Прогнозирование и поиски месторождений горно-технического сырья. – М.: Недра, 1991.

Ахманов Г.Г., Васильев Н.Г. Минеральное сырье. Барит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Ахманов Г.Г., Лобзов А.А. Месторождения барита / Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10, кн. 2. – Л.: Недра, 1989.

Банековский В.З. Вещественный состав и обогатимость фосфоритовыех руд. – М.: Недра, 1983.

Барит / Отв. ред. В.П. Петров, И.С. Делицин. – М.: Наука, 1986.

Биогеохимические исследования в районе Шерловогорского рудного района / О.В. Гудкова, Г.А. Юргенсон, М.А. Солодухина и др. //Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Труды I Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и VII Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана «Современное минералообразование». 7 – 10 ноября 2006 г., г. Чита, Россия. – Чита: «Экспресс-издательство», 2006. – С. 114–118.

Богатство недр России. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 301с.

Бойцов В.Е., Пилепенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. Учебное пособие. – М.: НИА – Природа, 1999. – 216 с.

Боярская Р.В., Магер А.В., Наседкин В.В., Соболева С.В. Минералогия и генезис клиноптилолитов Забайкалья // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1988. – № 12. – С. 82–92.

Булах А.Г. Общая минералогия. – СПб.: Изд-во СПБ университета, 1999.

Вассерман В.А., Пацков А.А. Барит и витерит / Геофизические методы поисков и разведки неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984.

Виноградов В.Н. Промышленная оценка рассеянных элементов в комплексных рудах. – М.: Недра, 1972.

Высокомагнезиальное минеральное сырье. – М.: Недра, 1991.

Вольфсон Ф.И., Королев К.Г. Условия формирования урановых месторождений. – М.: Недра, 1990.

Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых. – С.-Петербург, 1993. – 151 с.

Гавур В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. – М.: ГП «Роснефть», 1995.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

Геологическое строение и полезные ископаемые Читинского участка зоны БАМ (Аналитический обзор) / Научные редакторы В.С. Чечеткин, Ю.Ф. Харитонов. – Чита, 2002.

Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков / Под ред. А.С. Зверева, А.С. Михайлова. – М.: Недра, 1980.

Геология месторождений фосфоритов. – М.: Мир, 1983.

Геолого-промышленная оценка месторождений апатита / Под ред. А.С. Филько, Р.М. Файзуллина, М.А. Свирского. – М.: Недра, 1985.

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.

Горбачев Б.Ф., Чуприна Н.С. Минеральное сырье. Каолин / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Гордиенко И.В., Жамойцина Л.Г., Зонхоева Э.Л. Цеолитоносность базальтов Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1989. – 94 с.

Горная энциклопедия / Под ред. Е.А. Козловского. – М.: Недра, 1984–1991. – Т. 1–5.

Гроховский Л.М., Хроховский М.А. Поиски и разведка месторождений минеральных солей. – М.: Недра, 1980.

Добыча и переработка урановых руд в СССР / Б.Н. Ласкорин, В.А. Мамилов, Ю.А. Коретко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – Т. 4,5.

Иванов В.В., Мейтов Е.С. Минеральное сырье. Германий / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Иванова А.А. Флюоритовые месторождения Восточного Забайкалья. — М.: Недра, 1974.

Инвестиционные предложения Читинской области в горнорудной отрасли. – Чита: ИЦ «Деловое Забайкалье», 2006.

Инвестиционные проекты Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа. – Иркутск: «Агенство РИП», 2002.

Карамышев В.Ф. Химическая переработка фосфоритов. – М.: Химия, 1983.

Карпова М.И., Ангелов А.Н. Минеральное сырье. Фосфатные руды / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Киперман Ю.А. Геолого-промышленные основы поисков и оценки месторождений фосфоритов. – М.: Недра, 1981.

Коленкова М.А., Крейн О.Е. Металлургия рассеянных и легких редких металлов. – М.: Металлургия, 1977.

Колпус А.В., Коротаев В.В. Минеральное сырье. Флюорит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Копылов Н.И., Каминский Ю.Д. Мышьяк. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2004.

Котов П.А. Месторождения северо-восточного фланга Забайкальского флюоритового пояса / Геология и генезис флюоритовых месторождений. – Владивосток, 1968.

Кудрин В.С., Архангельская В.В. Минеральное сырье. Криолит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Лисицын А.Е., Моисеева Р.Н. Минеральное сырье. Бор // Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Месторождения Забайкалья / Под ред. акад. Н.П. Лавёрова. Т. 1. Кн. 1–2. – Чита – Москва: ЗАО «Геоинформмарк», 1995.

Месторождения каолинов СССР. – М.: Недра, 1974.

Минералы бора / С.В. Малинко, И.И. Халтурина, А.А. Озол, В.М. Бочаров. – М.: Недра, 1991.

Минеральное сырье. Глины /А.А. Сабитов, И.И. Зайнуллин, Ф.И. Ковальский и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

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

Минеральное сырье. Магнезит и брусит / И.Ф. Романович, П.П. Смолин, А.И. Шевелев и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Минеральное сырье. Соли минеральные / Ю.В. Баталин, Р.Р. Туманов, И.Н. Тихорецкий и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

Минеральное сырье. Уголь / В.А. Коссинский, Ю.Н. Корнилов, Е.И. Поляковская и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Минеральное сырье. Уран / Я.М. Кисляков, Г.А. Машковцев, А.К. Мигута и др. / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) / В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области // В.С. Чечеткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита: Изд. Читагеолкома, 1997. – 121 с.

Минеральные ресурсы Читинской области. Инвестиционные предложения / Ю.Ф. Харитонов, В.С. Чечеткин, Г.А. Шевчук и др. – Чита: ЗабНИИ, 2003. – 134 с.

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.

Нефедьев М.А. Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – 184 с.

Никитина Н.К. Условия образования, закономерности размещения и прогноз месторождений кирпичного глинистого сырья в Забайкалье. // Автореф. ...дисс. канд. геол.-мин. наук. – Чита, 2004.– 22 с.

Никитина Н.К. Забайкалье – сырьевая база огнеупорных, тугоплавких глин и каолинов //Ресурсы Забайкалья. – 2001. – № 1. – С. 60–62.

Осокин П.В., Хрусталев В.К. Минерально-промышленные типы фосфатных и марганцевых руд Саяно-Байкальской горной области // Материалы конференции «Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого и горнодобывающего комплекса Республики Бурятия». – Улан-Удэ, 1999. – С. 4–41.

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.

Павленко Ю.В. Цеолитовые месторождения Восточного Забайкалья. –Чита, 2000.

Переработка природных солей и рассолов / Под ред. И.Д. Соколова / Справочник. – Л.: Химия, 1985.

Покрышкин А.И. Закономерности размещения промышленных месторождений фосфоритов докембрия и фанерозоя мира. – М.: Недра, 1981.

Промышленные типы природных концентраций германия / В.В. Иванов, А.Я.Кац, Ю.П. Костин и др. – М.: Недра, 1984.

Разработка месторождений горно-химического сырья подземным способом / Добыча и переработка горно-химического сырья. – М.: ГИГХС, 1983. – Вып. 60.

Ратобыльская Л.Д., Бойко Н.Н., Кожевников А.О. Обогащение фосфатных руд. – М.: Недра, 1979.

Романович И.Ф., Саетгалеев Я.Х., Рахматуллин Э.Х. Минеральное сырье. Тальк и пирофиллит / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.

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

Скурский М.Д. Недра Забайкалья. – Чита: Изд-во ЧитГТУ, 1996.

Справочник по обогащению руд в 4-х книгах / Под ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненаркомова и В.И. Ревнивцева. – М.: Недра, 1982–1984.

Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики / Под ред. О.С. Богданова, Ю.Ю. Ненарокомова. – М.: Недра, 1984.

Справочник по обогащению углей. – М.: Недра, 1986.

Справочник по разработке соляных месторождений / Под ред. Р.С. Пермякова. – М.: Недра, 1986.

Строганова Л.И. Минеральное сырье. Кремнеземное сырье/ Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997.

Технологическая оценка минерального сырья // Справочник в 8-ми книгах / Под ред. П.Е. Остапенко. – М.: Недра, ВИМС, 1990–1997.

Ткачев К.В., Плышевский Ю.С. Технология неорганических соединений бора. – Л.: Химия, 1983.

Тохтасьев В.С. Минеральное сырье. Сырье полевошпатовое / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

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.

Трубачев А.И. Полезные ископаемые Забайкальского края. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2007.

Угольная база России. Часть IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. – М.: ЗАО «Геоинформмарк» , 2001.

Удоканское медное, Катугинское редкометалльное месторождения Читинской области России / В.В. Архангельская, Ю.В. Быков, Р.Н. Володин и др. – Чита, 2004.

Федорчук В.П. Минеральное сырье. Мышьяк / Справочник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.

Федорчук В.П. Экспертная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. – М.: Недра, 1991.

Хрусталев В.К. К истории открытия Чулбонского месторождения // Научно-практическая конференция «Проблемы геологии, минеральных ресурсов и геоэкологии Западного Забайкалья». – Улан-Удэ, 2007. – С. 19–20.

Хрусталев В.К., Хрусталева А.В. К проблеме комплексной переработки кварцитов Черемшанского месторождения (Западное Забайкалье) // Современные проблемы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья. Материалы международного совещания (Плаксинские чтения – 2005) . – СПб., 2005. – С. 389–391.

Шатнов Ю.А., Тигетова И.С. Особенности состояния и перспективы развития ресурсов базы кварцевого сырья // Кварц, кремнезем. Материалы междунар. семинара. – Сыктывкар, 21–24 июня 2004 г. – Сыктывкар: Геопринт, 2004. – С. 177–178.

Энциклопедия Забайкалья / Гл.ред. Р.Ф. Гениатулин. Отв. ред. А.Б. Птицын, Г.А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2003–2006. – Т. 2 – 418 с.; Т. 3 – 542 с.; Т. 4 – 528 с.

Эпов В.Я. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Читинской области масштаба 1: 1 000 000. – М.: Геолфонд РСФСР, 1986.

Юргенсон Г.А. Геохимия ландшафта. – Чита: ЗабГПУ, 2005.

Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: учебное пособие. Ч. I. Книга 2. Редкие элементы. – Чита: Поиск, 2008.

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. Солнечный камень Забайкалья. – Чита: Изд-во Заб. отд. Геогр. общ-ва СССР, 1971.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: Учебное пособие / Черные и цветные металлы. – Ч. I. Кн. 1. – Чита: Поиск, 2006.

Якжин А.А. Закономерности размещения и формирования флюоритовых месторождений Забайкалья. – М.: Недра, 1962.

Дополнительная

Агрикола Георгий. О горном деле и металлургии в двенадцати книгах. – М.: Недра, 1986.

Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, В.С. Чечеткин и др. – Новосибирск: Наука, 1999.

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.

Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков/ Под ред. А.С. Зверева, А.С. Михайлова. – М.: Недра, 1980.

Геолого-промышленная оценка месторождений апатита / Под ред. А.С. Филько, Р.М. Файзуллина, М.А. Свирского. – М.: Недра, 1985.

Горбов А. Ф. Геохимия бора. – Л.: Недра, 1976.

Замана Л.В. Фторидные воды Забайкалья / Докл. АН СССР. – 1990. – Т. 315. – № 5.

Каждан А.Б. Прогнозирование, поиски и разведка месторождений урана. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

Киперман Ю.А. Геолого-промышленные основы поисков и оценки месторождений фосфоритов. – М.: Недра, 1981.

Коленкова М.А., Крейн О.Е. Металлургия рассеянных и легких редких металлов. – М.: Металлургия, 1977.

Коричевский С.М. Комплекс полезных ископаемых галогенных формаций. – М.: Недра, 1973.

Кошелев Ю.Я. Флюоритовые месторождения Монголо-Забайкальского вулканического пояса: образование, размещение, перспективы поисков // Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. — Чита, 2002.

Лаверов Н.П., Смилкстын А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

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.

Месторождения талька в СССР / И.Ф. Романович, Г.Н. Безруков, Б.А. Ботовский и др. – М.: Недра, 1973.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области (современное состояние и перспективы освоения) / В.С. Чечёткин, В.М. Асосков, Л.И. Воронова и др. – Чита, 1996.

Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. – М.: Недра, 1986.

Миронов Ю.Б. Металлогенния урана Восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса // Автореф. ... дисс. д-ра геол.-мин. наук.– СПб., 2009.

Оптимальная схема геотехнологических исследований / Методич. рекомендации. – М.: ВИМС, 1992.

Остапенко П.Е., Мясников Н.Ф. Безотходная технология. Переработка руд черных металлов. – М.: Недра, 1988.

Поиски, разведка и оценка месторождений бора / Под ред. А.Е. Лисицына, И.И. Пастушенко. – М.: Недра, 1983.

Покрышкин А.И. Закономерности размещения промышленных месторождений фосфоритов докембрия и фанерозоя мира. – М.: Недра, 1981.

Редкометалльно-урановое рудообразование в осадочных породах / Сб. научных трудов. – М.: Наука, 1995.

Самович Д.А., Бахтин В.И. Состояние и программа развития минерально-сырьевой базы урана Республики Бурятия до 2020 года // Приоритеты и особенности развития Байкальского региона. Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной году планеты Земля и 85-летию Республики Бурятия, 31 июля – 3 августа 2008 г., г. Улан-Удэ. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – С. 17–18.

Семушин В.Н., Жамойцина Л.Г., Зонхоева Э.Л. Природный шабазит (свойства, генезис, добыча и применение). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1992.

Сизиков А.И. Забайкальская флюоритоносная провинция // Энциклопедия Забайкалья / Гл. ред Р.Ф. Гениатулин. Т.2. – Новосибирск: Наука, 2003. – С.369.

Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана. — М.: Недра,1989.

Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики / Под ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненаркомова. – М.: Недра, 1984.

Тарханов А.В., Наумов С.С. Новости мировой урановой промышленности //Минеральное сырье. Сер. геол.-экон. – М.: ВИМС, 1998. – № 1.

Флюорит (ресурсы, закономерности образования и размещения). – М.: Недра, 1976.

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: Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1980.

Юргенсон Г.А. Радуга в колеснице. – Иркутск: Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1991. – 303 с.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. – Новосибирск: Наука, 2003.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. – М.: Недра, 1984.

Юргенсон Г.А., Серебренникова Н.В. К вопросу эколого-экономического освоения Доронинского содового озера // Вестник Забайкальского центра РАЕН. – 2008. – № 1. – С.95–97.

Agricola G. Bermannus, sive de re metallica – Basel, 1530.

Содержание

Предисловие.....3
Глава 11. Топливно-энергетическое сырье.....4
11.1. Общие замечания.....4
11.2.1. Свойства и состав углей.....4
11.2.2. Экологические требования к разработке углей.....5
11.2.3. Распространенность и мировые запасы.....5
11.2.4. Области использования.....6
11.2.5. Минеральный состав и требования к качеству.....6
11.2.6. Добыча и переработка углей.....7
11.2.7. Месторождения углей в Забайкалье.....7
Контрольные вопросы.....41
Литература.....42
11.3. Горючие сланцы.....43
11.3.1. Свойства.....43
11.3.2. Распространенность и запасы.....43
11.3.3. Области использования.....44
11.3.4. Минеральный и химический состав минеральные типы.....44
11.3.5. Способы добычи и переработки.....44
11.3.6. Месторождения горючих сланцев в Забайкалье.....45
Контрольные вопросы.....46
Литература.....46
11.4. Уран.....47
11.4.1. Общие замечания.....47
11.4.2. Свойства.....47
11.4.3. Распространенность и запасы.....48
11.4.4. Области использования урана.....49
11.4.5. Минеральный состав и промышленные типы руд.....49
11.4.6. Способы добычи и переработки руд.....53
11.4.7. Месторождения урана в Забайкалье.....55
Контрольные вопросы.....76
Литература.....77
Глава 12. Горно-химическое сырье.....78
12.1. Общие замечания.....78
12.2. Бор.....78
12.2.1. Свойства.....78
12.2.2. Распространенность и запасы.....79
12.2.3. Области использования.....79
12.2.4. Минеральный состав и типы руд.....80
12.2.5. Добыча и переработка руд.....81

12.2.6. Месторождения бора в Забайкалье....81
Контрольные вопросы....85
Литература....85
12.3. Соли минеральные....86
12.3.1. Свойства....86
12.3.2. Распространенность и запасы....86
12.3.3. Области использования....86
12.3.4. Минеральный состав и промышленные типы....87
12.3.5. Добыча и переработка солей....88
12.3.6. Месторождения солей в Забайкалье....89
Контрольные вопросы....90
Литература....90
12.4. Фосфор....91
12.4.1. Свойства....91
12.4.2. Распространенность и запасы....92
12.4.3. Области использования....92
12.4.4. Минеральный состав и типы руд....92
12.4.5. Добыча и переработка руд....93
12.4.6. Месторождения фосфора в Забайкалье....94
Контрольные вопросы....99
Литература....100
Глава 13. Горно-техническое сырье....101
13.1. Общие замечания....101
13.2. Асбест....101
13.2.1. Свойства....101
13.2.2. Распространенность и запасы....105
13.2.3. Области использования....105
13.2.4. Минералы и типы руд....106
13.2.5. Способы добычи и переработки сырья....107
13.2.6. Месторождения асбеста в Забайкалье....108
Контрольные вопросы....110
Литература....110
13.3. Германий....110
13.3.1. Свойства....110
13.3.2. Распространенность и запасы....111
13.3.3. Области использования....111
13.3.4. Минеральный состав и типы руд....112
13.3.5. Способы добычи и переработки руд....112
13.3.6. Месторождения германия в Забайкалье....113
Контрольные вопросы....114
Литература....115
13.4. Графит....115
13.4.1. Свойства....115
13.4.2. Распространенность и запасы....116
13.4.3. Добыча и области использования....116

13.4.4. Типы руд.....117
13.4.5. Способы добычи и переработка.....117
13.4.6. Графитоносность Забайкалья.....118
Контрольные вопросы.....121
Литература.....121
13.5. Кремнеземное сырье и жильный кварц.....122
13.5.1. Свойства.....122
13.5.2. Распространенность и запасы.....122
13.5.3. Области применения.....123
13.5.4. Минеральный состав и типы руд.....124
13.5.5. Добыча и переработка сырья.....126
13.5.6. Месторождения кремнистых пород в Забайкалье.....127
Контрольные вопросы.....132
Литература.....132
13.6. Криолит.....133
13.6.1. Свойства.....133
13.6.2. Распространенность и запасы.....134
13.6.3. Области применения.....134
13.6.4. Промышленные типы руд.....134
13.6.5. Добыча и переработка руд.....134
13.6.6. Сырьевая база криолита в Забайкалье.....135
Контрольные вопросы.....135
Литература.....136
13.7. Мышьяк.....136
13.7.1. Свойства.....136
13.7.2. Распространенность и запасы.....137
13.7.3. Области использования.....138
13.7.4. Минеральный состав и типы руд.....138
13.7.5. Способы добычи и переработки руд.....139
13.7.6. Месторождения мышьяка.....139
Контрольные вопросы.....143
Литература.....143
13.8. Магнезит.....144
13.8.1. Свойства.....144
13.8.2. Распространенность и запасы.....145
13.8.3. Области потребления.....146
13.8.4. Промышленные типы месторождений.....146
13.8.5. Добыча и переработка руд.....147
13.8.6. Месторождения магнезита в Забайкалье.....147
Контрольные вопросы.....148
Литература.....149
13.9. Тальк.....150
13.9.1. Свойства.....150
13.9.2. Распространенность и запасы.....151

13.9.3. Области использования.....151
13.9.4. Типы месторождений.....152
13.9.5. Способы добычи и переработки сырья.....152
13.9.6. Месторождения талька в Забайкалье.....153
Контрольные вопросы.....153
Литература.....153
13.10. Флюорит.....154
13.10.1. Общие замечания.....154
13.10.2. Свойства.....156
13.10.3. Распространенность и запасы.....157
13.10.4. Области использования.....158
13.10.5. Типы руд и промышленных месторождений.....159
13.10.6. Способы добычи и переработки руд.....159
13.10.7. Месторождения флюорита в Забайкалье.....160
Контрольные вопросы.....210
Литература.....210
13.11. Легкоплавкие глины.....211
13.11.1. Свойства.....211
13.11.2. Области использования.....212
13.11.3. Минеральный состав и типы месторождений. 212
13.11.4. Требования к сырью.....212
13.11.5. Добыча и переработка.....213
13.11.6. Месторождения легкоплавких глин в Забайкалье.....213
Контрольные вопросы.....216
Литература.....216
13.12. Каолин.....217
13.12.1. Минералого-петрографический химический состав и свойства.....217
13.12.2. Распространенность и запасы.....217
13.12.3. Области использования.....218
13.12.4. Минеральный состав и типы руд.....218
13.12.5. Способы добычи и переработки.....218
13.12.6. Каолиновое сырье в Забайкальском крае.....218
Контрольные вопросы.....222
Литература.....222
13.13. Огнеупорные и тугоплавкие глины.....223
13.13.1. Свойства.....223
13.13.2. Распространенность и запасы.....223
13.13.3. Области использования.....224
13.13.4. Минеральный состав и промышленные типы.....224

13.13.5. Способы добычи и переработки сырья....224
13.13.6. Месторождения огнеупорных и тугоплавких глин в Забайкалье....225
Контрольные вопросы....232
Литература....232
13.14. Полевошпатовое сырье....233
13.14.1. Петрографический состав и свойства....233
13.14.2. Распространенность и запасы....233
13.14.3. Области использования....234
13.14.4. Минеральный состав и типы сырья....234
13.14.5. Способы добычи и переработки сырья....234
13.14.6. Полевошпатовое сырье в Забайкальском крае....235
Контрольные вопросы....236
Литература....237
13.15. Цеолиты....237
13.15.1. Свойства....237
13.15.2. Распространенность и запасы....239
13.15.3. Области применения....239
13.15.4. Минералы и типы месторождений....239
13.15.5. Способы добычи и переработки....243
13.15.6. Месторождения цеолитового сырья в Забайкалье....243
Контрольные вопросы....269
Литература....269
13.16. Барит ($BaSO_4$)....270
13.16.1. Общие замечания....270
13.16.2. Химический состав и свойства....270
13.16.3. Распространенность и запасы....271
13.16.4. Области использования....272
13.16.5. Минеральный состав руд и промышленные типы....272
13.16.6. Добыча и переработка руд....273
13.16.7. Месторождения барита в Забайкалье....274
Контрольные вопросы....276
Литература....276

Заключение....277
Литература....281

Учебное издание

Юргенсон Георгий Александрович

Минеральное сырье Забайкалья

Учебное пособие

Часть II

Неметаллическое сырьё

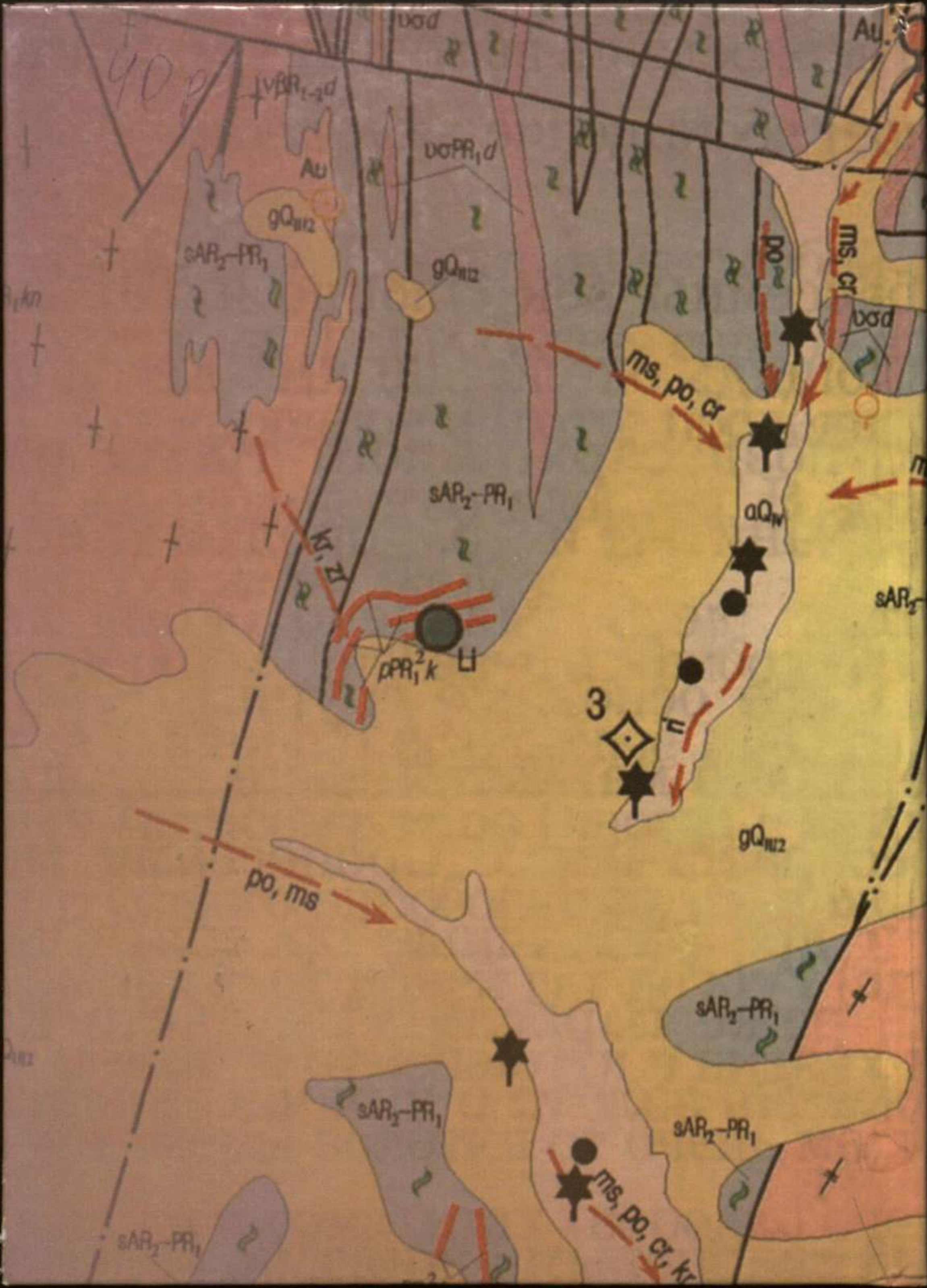
Книга 1

Редактор Т.П. Прокопенко
Компьютерная верстка И.С. Сорокина
Оформление обложки М.Г. Юргенсон

Подготовлено и отпечатано в ООО «Книжное издательство «Поиск»
Подписано в печать 15.12.2009
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная.
Усл. печ. л. 17,20. Тираж 300. Заказ 44.
672000, г. Чита, ул. Ленина, 90.

Замеченные опечатки к Кн.1 Ч.2.

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	
15	19 снизу	(3 – 7°)	(3 – 7°)	
19	Подпись к рис.11.5		1- тугнуйская свита; 2 - ичетуйская свита; 3 - граниты фундамента; 4 -угольные пласты; 5 - стратиграфические границы; 6 – дизъюнктивные нарушения: установленные (а), предполагаемые (б)	
217	4 сверху	Коалин	Каолин	
221	10 снизу	(13.28%)	Рис.13.28	
227	10 сверху	Рис.13.28	Рис.13.27	
257	20 строка сверху	Рис.13.37	Рис.13.35	
259	Рис.13.36	T*eh*	T *ch*	
259	Рис.13.36	02 – 3ud	J_{2-3}ud	
263	Рис.13.38, 5 стр.ниже	J2 – 3ud.	J_{2-3}ud	
263	Рис.13.38, 15 строка ниже	J2 – 3ud.	J_{2-3}ud	
293	12стр.снизу	Магнетизм	Магнезит	
291	Не обозначены страницы содержания	Нет цифр	291, 292,293,294,295	
Цветная вклейка	Рис.11.4	Геологическая карта и разрез ..	Геологическая карта…	
Цветная вклейка	Рис.13.8	черно		


Au
υσd
υσPR1d
Au
gQIII2
sAR2–PR1
gQIII2
po
ms, cr
υσd
ms, po, cr
aQIV
sAR2–PR1
kr, zr
ρPR1²k
Li
3
gQIII2
po, ms
sAR2–PR1
sAR2–PR1
sAR2–PR1
sAR2–PR1
ms, po, cr, kr