

Н.Ф. Солодкий, В.В. ВИКТОРОВ
Е.Н. Солодкий, В.М. ПОГРЕБЕНКОВ,
М.Н. Солодка

**МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА УРАЛА
ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ, ОГНЕУПОРНОЙ
И СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

**Челябинск
2018**

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический университет»

Н.Ф. Солодкий, В.В. ВИКТОРОВ
Е.Н. Солодкий, В.М. ПОГРЕБЕНКОВ
М.Н. Солодка

**МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА УРАЛА
ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ, ОГНЕУПОРНОЙ
И СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

**Челябинск
2018**

УДК 622.2 (03)
ББК 33.343 я 2
М 61

Солодкий, Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности [Текст]: справочное пособие / Н.Ф. Солодкий, В.В. Викторов, Е.Н. Солодкий, М.Н. Солодкая, В.М. Погребенков; под ред. проф. Г.Н. Масленниковой. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2018. – 332 с.

ISBN 978-5-6042129-0-5

Основной целью справочного пособия является отражение реального состояния сырьевой базы Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности. Ввод в производственный оборот этих богатств позволит создать высококачественную сырьевую базу и занять достойную нишу на внутреннем и мировом рынках минерального сырья.

В справочном пособии содержатся сведения о месторождениях сырьевых материалов Урала для керамической, стекольной и огнеупорной промышленности.

При составлении справочного пособия использованы материалы геологических фондов, отчеты и опубликованные в печати материалы НИИФ (ГИКИ), ВНИИЭК (ГИЭКИ), НИИ стройкерамики, ВОСтО, УГТУ (УПИ) и работы авторов по исследованию сырьевых материалов Урала.

Справочные материалы могут оказаться полезными для специалистов керамической, стекольной и огнеупорной промышленности, промышленности строительных материалов и других отраслей, использующих глины, каолины и другие нерудные полезные ископаемые, а также для студентов, аспирантов и преподавателей вузов специальностей «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и «Производство строительных материалов и конструкций».

Рецензенты: Клещев Д.Г., д-р хим. н., проф.
Белевитин В.А., д-р тех. н., проф.

ISBN 978-5-6042129-0-5

© Н.Ф. Солодкий, В.В. Викторов, Е.Н.Солодкий,
В.М. Погребенков, М.Н. Солодкая, 2018
© Издательство Южно-Уральского государственного
гуманитарно-педагогического университета,
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ЧАСТЬ 1. ГЛИНЫ И КАОЛИНЫ УРАЛА	10
1. ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	10
2. Глины УРАЛА	16
2.1. Глины Среднего Урала	17
2.2. Глины Южного Урала	26
2.3. Глины Республики Башкортостан.	38
2.4. Другие месторождения Урала.....	40
2.5. Легкоплавкие глины.....	41
2.6. Bentonиты	65
3. Каолины Урала	69
3.1. Нормальные каолины	69
3.2. Щелочные каолины Урала.....	111
3.3. Галлуазит.....	113
4. Область применения и требования к качеству глин и каолинов	121
ЧАСТЬ 2. СИЛИКАТНЫЕ И ТУГОПЛАВКИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ	146
1. Полевые шпаты Урала и их заменители	146
1.1. Состояние полевошпатовой сырьевой базы РФ	146
1.2. Классификация и технические требования промышленности к качеству полевошпатового сырья.....	150
1.3. Месторождения полевых шпатов Урала и их заменителей	156

2. КВАРЦЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ УРАЛА	184
2.1. Жильный кварц и кварциты	188
2.2. Кварцевые пески и пылевидный кварц (маршаллит) . .	191
2.3. Опал-кристобалитовые породы	196
2.4. Требования, предъявляемые к кварцевым материалам	197
3. КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ УРАЛА	200
3.1. Известняки	200
3.2. Мел	205
3.3. Доломит	206
3.4. Магнезит	209
3.5. Мрамор	214
4. ХРОМИТ	215
5. ГРАФИТ	217
6. Магнезиальносиликатное сырье Урала	222
6.1. Форстеритовое сырье Урала.	224
6.2. Тальк и тальковые камни Урала.....	231
6.2.1. Месторождения Миасской провинции	232
6.2.2. Месторождения Сысертской провинции.....	253
6.2.3. Режевский тальковый район	255
6.2.4. Оренбургский Урал	257
6.2.5. Месторождения вне выделенных тальконосных районов Урала	259
7. Высокоглиноземистое сырье УРАЛА	262
7.1. Бокситы	262
7.2. Природный корунд	265
7.3. Кианиты Урала.....	267
8. Пирофиллит и пирофиллитовое сырье УРАЛА	276
8.1. Пирофиллитсодержащие метасоматиты Домбаровского рудного района (Южный Урал)	286
8.2. Месторождения Кабанского и Красноуральского колчаданосных районов	287
8.3. Фарфоровые камни Урала	289

9. МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАРИТОВЫХ РУД УРАЛА	294
10. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИТАНОВЫХ И ЦИРКОНОВЫХ РУД УРАЛА	296
10.1. Месторождения титановых руд	296
10.2. Цирконовые руды	301
11. ГЛАУКОНИТЫ	304
12. ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЕ УРАЛА	309
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	321
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	323

ВВЕДЕНИЕ

Основными сырьевыми материалами для производства тонкой керамики, огнеупоров и стекла являются беложгущиеся, огнеупорные и тугоплавкие глины, каолины, полевошпатовый шпат и его заменители, жильный кварц и кварцевые пески, кварциты, тальк, глинозем, доломиты и целый ряд других видов минерального сырья.

В настоящее время Российская Федерация является единственной в мире страной, которая имеет полноценную экономику, т.е. на 100% обеспечена всеми видами ресурсов. В то время как США, являющиеся самыми богатыми в мире, только на 72% обеспечены природными ресурсами. Остальные страны имеют однобокую экономику, которая функционирует за счет международной кооперации.

Благоприятная конъюнктура мировых рынков сырья и топлива останется основным стабилизирующим фактором, обеспечивающим экономический рост в Российской Федерации в ближайшие 10–20 лет. Основная часть потенциального спроса на сырьевые материалы будет формироваться за счет экспортно-ориентированного сектора экономики.

К 2010 г. прогнозируется дальнейшее продолжение оживления на торговых рынках, увеличение объемов продаж и, собственно, увеличение производства промышленной продукции. Наиболее значительными темпами будет расти спрос на продукцию машиностроения, химической и нефтехимической отраслей промышленности, а также на продукцию сырьевых отраслей промышленности.

Отсюда следует, что для будущего России должна быть предложена система освоения имеющихся минеральных ресурсов и развитых технологий во всех видах деятельности. В дальнейшем развитие и экономическое благополучие Российской Федерации будет, в первую очередь, определяться эффективностью поиска, добычи и переработки полезных ископаемых.

Богатство и разнообразие минеральных запасов в недрах России обуславливают актуальность исследований по вовлечению в производственный оборот новых нетрадиционных видов минерального сырья и внедрению нетрадиционных технологий по их переработке и использованию во многих отраслях промышленности.

На территории Российской Федерации разведаны и в разной степени эксплуатируются 52 месторождения огнеупорных глин. Из них в Уральском регионе разведаны 13 месторождений, шесть из них разрабатываются, в том числе Нижне-Увельское и Берлинское, Челябинская область), Белкинское, Курьинское, Богдановичское (Свердловская область) и Кумакское (Оренбургская область).

Сравнительное изучение огнеупорных и тугоплавких глин России показало, что они уступают по качеству традиционным украинским глинам (высокое содержание свободного кварца и красящих оксидов).

Перспективы выявления глин, пригодных для получения тонкой керамики, имеются в Челябинской и Оренбургской областях, Пермском крае и Республике Башкортостан.

Особый интерес для дальнейших исследований представляет глинистое сырьё Ново-Ивановского (Башкортостан), Городищенского, Астафьевского и Кременкульского (Челябинская область) месторождений. Учитывая, что в настоящее время расширяется сеть малых производств и сокращаются объёмы крупных предприятий, есть реальная предпосылка для получения качественных огнеупорных глин из давно списанных с баланса и забытых месторождений Челябинской области (Синеглазовское, Упруг, Полетаево, район 1-го Озера и ряд других).

В качестве возможных источников полевошпатового сырья в Уральском регионе могут рассматриваться щелочные пегматиты (Южноуральское месторождение), гранитные пегматиты (месторождения Северная Мыльница, Тысячница) и Алабашское (Свердловская область), аляскиты месторождения Режик, миаскиты Вишневогорского месторождения, а также каолинизированная дресва Кременкульского участка и розовые граниты Шершневогорского месторождения.

Определённый интерес представляют выявленные в Пластовском районе залежи аплитов.

Но пока основными источниками снабжения предприятий силикатного комплекса полевошпатовым сырьём являются Вишневогорское и Малышевское месторождения.

Урал богат жильным и гранулированным кварцем, кварцевыми песками и пылевидным кварцем (маршаллитом). Но как керамическое сырьё, эти материалы до сих пор детально не разведывались и не изучались. Наиболее чистые кварцевые материалы находятся в Билимбаевском, Невьянском и Златоустовском районах. Содержание кремнезема в горной породе этих месторождений составляет 99%, сумма полуторных оксидов – 0,26%.

В качестве заменителей кварцевых песков Ульяновской области целесообразно использовать пески Малышевского, Кыштымского, Светлинского, Ириклинского, Куликовского и других месторождений Урала.

В качестве глиноземсодержащих материалов заслуживает внимания Чистогоровское месторождение кварц-пирофиллитовых сланцев (Челябинская область).

Не менее интересным является Уйское месторождение, сложенное минералом, сходным с пирофиллитом (содержание Al_2O_3 на прокаленное вещество – 42,13%).

Особый интерес могут представлять для керамической промышленности отвалы породы Куль-Юрт-Тауских серицитов (Башкирия) и кварц-пирофиллитовое сырье Гайского месторождения (Оренбургская область).

До самого последнего времени Урал не числился в составе провинций, перспективных на обнаружение месторождений фарфорового камня.

Однако исследования, проведенные учеными Коми научного центра УрО РАН, позволили выявить аналоги фарфоровых камней на территории Большого Урала. К этой группе можно отнести древние липариты в Верхнесергинском (билимбаевский комплекс) и в Нязепетровском районах.

Имеются сведения о локальных проявлениях фарфоровых камней в верховьях реки Урала (березовская и кизильская формация), в Еманжельинском, Кунашакском районах. Исходя из вышеизложенного, можно считать, что Урал является новой геологической провинцией фарфорового камня.

По меньшей мере около 20 рудопроявлений минералов группы силлиманита (кианит) сосредоточены на Урале в протяженной полосе от Мугоджар (Актюбинская область, Казахстан) до Екатеринбурга, из них 5 в Челябинской области (Карабашское, Малокаслинское, Борисовское, Михайловское и Андреево-Юльевское месторождения).

По имеющейся на сегодня ориентировочной оценке их запасов можно сделать заключение о целесообразности использования этих руд в огнеупорной и керамической промышленности.

Дефицит в качественном тальке во многих отраслях промышленности России, а также в ближнем и дальнем зарубежье, может быть преодолен освоением этого вида сырья в Пластовском геологическом районе. Прогнозные запасы высококачественного талька Чемпаловского месторождения составляют 12–15 млн тонн.

Как комплексное сырье для керамической промышленности заслуживают внимания месторождения щелочных каолинов, расположенные в Челябинской области – это Журавлиноложская площадка, Полетаевское, Еленинское, Кременкульское, Михайловское и ряд других.

Около 50 предприятий керамической и бумажной промышленности используют в производстве каолин вновь введенного в эксплуатацию месторождения «Журавлиный Лог». Недостаточно используется промышленниками каолин Еленинского месторождения (Челябинская область). Каолин обладает высокой белизной и может быть успешно, наряду с другими каолинами, использован в составах керамических масс.

К числу перспективных месторождений каолинов относится и Южно-Ушкотинское месторождение (Оренбургская область). В настоящее время ведутся работы по оценке запасов и определению технологических свойств этих каолинов.

Значительные запасы магнезиальносиликатного и форстеритового сырья, металлургических доломитов и других видов огнеупорного сырья сосредоточены в Уральском экономическом районе.

Таким образом, еще раз подтверждается, что Урал следует рассматривать как крупную сырьевую базу для керамической, огнеупорной и стекольной отраслей промышленности. За Уралом – будущее. Тот, кто возьмет на себя смелость по введению в производственный оборот этих богатств, тот и будет на вершине технического прогресса и займет достойную нишу на внутреннем и мировом рынках минерального сырья.

ЧАСТЬ 1. ГЛИНЫ И КАОЛИНЫ УРАЛА

1. ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Глинистыми породами называется группа осадочных и слабо метаморфизованных горных пород, состоящих в основном из тонких (менее 0,01 мм) фракций преимущественно глинистых минералов.

Урал располагает большим разнообразием глинистых материалов. Они отличаются друг от друга по внешнему виду и окраске, химическому и минеральному составу, огнеупорности, связующей способности, содержанию загрязняющих примесей и т.п. Все эти разновидности глинистых материалов находят применение в различных отраслях промышленности.

Глинистые материалы подразделяют на четыре основных класса: каолины и глины, сухари, сланцевые глины и глинистые сланцы. Глинистые материалы представляют собой горные породы полиминерального состава, землистого вида, образующие с водой пластичное тесто, способное сохранять придаваемую ему форму и принимать после обжига твердость камня.

Глинистые материалы являются продуктами разрушения (выветривания) алюмосиликатных горных пород (полевых шпатов, пегматитов, гранитов и др.) под воздействием сложного комплекса процессов: механических (воды, ветра, ледников), физических (нагревание, охлаждение), химических (воздействие влаги, кислорода и углекислоты воздуха), бактериологических (гниение органических примесей), в результате чего образуются глинистые минералы – водные алюмосиликаты.

К важнейшим глинистым минералам относятся: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда (иллит), галлуазит – гидроалюмосиликат, структура которого аналогична структуре каолинита и другие.

Глины, состоящие преимущественно из каолинита, а также минералов каолинитовой группы – галлуазита, накрита, диккита и незначительных количеств примесей других минералов, называют каолинами. Каолины имеют ясно выраженное кристаллическое строение и включают

крупные зерна кварца. От традиционных глин они отличаются высоким содержанием глинозема (Al_2O_3), меньшей пластичностью и обладают свойством повышать белизну обожженных керамических изделий.

Глины отличаются от каолинов большим разнообразием минерального, химического составов и свойств. В них в виде примесей присутствуют зерна кварца, полевых шпатов, слюды, оксиды и гидроксиды железа и марганца, известковые и гипсовые включения и другие минералы, а также органические примеси (растительные остатки – древесина, торф, уголь и др.).

По условиям образования различают первичные и вторичные месторождения глинистых материалов. Если продукты выветривания остаются на месте своего образования и из них вымываются только водорастворимые составляющие, то это первичные (элювиальные) месторождения. К ним относят месторождения каолина. В результате переноса продуктов разрушения горных пород дождевыми или снеговыми водами, ледниками, ветрами образовались вторичные месторождения глинистых материалов (глины). Глины с высоким содержанием кварцевого песка называют суглинками. Глины с высоким содержанием известняка, доломита или гипса относятся к мергелям. Тонкодисперсную смесь глинистых минералов, кварца, полевого шпата и известняка называют лессом.

Все разнообразие глинистых минералов может быть сведено к четырем широко распространенным минеральным группам (каолинитовой, монтмориллонитовой, гидрослюдистой, нонтронитовой) и к двум более редким (аллофановой, палыгорскитовой).

Глинистые минералы имеют пластинчатую структуру, особенно характерную для слюд. Основные свойства их зависят от строения кремнеглиноземистых пакетов из различного количества кремнезема или глинозема, от характера межпакетного заполнения, от взаимного расположения пакетов и межпакетных расстояний.

Высокая пластичность бентонитовых глин, происходящих из продуктов вулканических извержений, в основном обусловлена слабой межпакетной связью составляющего их минерала монтмориллонита. Активно адсорбируя воду, этот минерал распадается на мельчайшие кристаллические фрагменты почти коллоидного размера. Следует заметить, что адсорбирующие свойства каолинитовых глин выражены значительно слабее, что обеспечивает проникновение воды по межкристаллическим промежуткам каолинита в значительно большее время. Вероятно, в этом заключается физический смысл «гниения глины» при вылеживании. Вода, проникая между фрагментами глинистых минералов, разлагает их,

образуя вокруг них сольватную оболочку. При этом образуется система «глина – вода», которая в зависимости от соотношения компонентов приобретает различную консистенцию. В тех случаях, когда содержание воды в системе соответствует количеству рабочего водозатворения данной глинистой массы, последняя приобретает пластичность. При превышении же этого количества воды фрагменты глинистых частиц интенсивно диспергируются, и система приобретает текучесть и другие свойства суспензии.

Химический состав глинистых материалов определяется их минеральным составом, то есть природой основного глинистого минерала и природой примесей. По химическому составу глинистые материалы представлены сложными смесями алюмосиликатов – соединений кремнезема (SiO_2) и глинозема (Al_2O_3). Таким образом, основные химические соединения в глинах и каолинах представлены кремнеземом и глиноземом. Содержание глинозема в каолинах (необогатенных) составляет 22–26%, в глинах – 31–35%. Кроме этих основных соединений, в состав глинистых материалов входят в небольшом количестве оксиды некоторых металлов: титана TiO_2 , железа Fe_2O_3 , а также оксиды кальция CaO , магния MgO и щелочных металлов K_2O и Na_2O . Содержание этих оксидов в глинах и каолинах составляет десятые доли процента. Наличие оксидов металлов ухудшает основные свойства глинистых материалов. Они искажают естественную (белую) окраску глинистых материалов после их обжига. Оксиды магния и кальция понижают температуру спекания глин и каолинов, что при большом содержании этих оксидов может вызвать деформацию керамических изделий в процессе обжига. Оксиды щелочных металлов K_2O и Na_2O тоже понижают температуру спекания глин, но при большом содержании глинозема глины сохраняют огнеупорность и не подвержены деформации.

Кроме минерального и химического составов, на свойства глинистых материалов оказывает влияние их гранулометрический состав, то есть содержание частиц различной величины.

Основу всех глинистых материалов составляют частицы размером от 1 мкм и менее. Таких частиц в глинах содержится 67–80%, в каолинах – 32–59%. Однако в глины и особенно в каолины входят и более крупные частицы размером до 250 мкм включительно. Однако частицы размером 50–250 мкм в каолинах содержится 0,3–1,5%, в глинах – 0,1–0,7%.

Дисперсность глинистых пород, характеризующаяся зерновым составом, наряду с их минеральным составом оказывает существенное

влияние на такие свойства, как пластичность, связность, объемная усадка, скорость сушки и механическая прочность в сухом состоянии. Так, повышенное содержание тонкодисперсных частиц обуславливает высокую пластичность и одновременно большую объемную усадку, то есть большое сокращение объема материала после сушки. Повышенное содержание крупных частиц вызывает уменьшение пластичности глинистого материала, но обуславливает более быструю отдачу воды при сушке. При этом наблюдается меньшая объемная усадка материала.

По содержанию тонкодисперсных фракций глины подразделяются на группы (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Содержание тонкодисперсных фракций в глинах

Группы глинистого сырья	Содержание частиц, %, размером менее	
	10 мкм	1 мкм
Высокодисперсные	Свыше 85	Свыше 60
Среднедисперсные	60...85	40...60
Низкодисперсные	30...60	15...40
Грубодисперсные	Менее 30	Менее 15

К важнейшим физико-керамическим свойствам глинистых материалов относятся: пластичность и связность, воздушная и огневая усадка, спекаемость и огнеупорность.

Под пластичностью понимают способность глины во влажном состоянии под влиянием внешних воздействий изменять свою форму без разрывов и трещин и сохранять ее после прекращения внешних воздействий. Пластические свойства глин проявляются лишь в смеси с водой и с некоторыми другими жидкостями (например, глицерином, молочной кислотой и др.). Эти свойства зависят от ряда факторов: минерального состава, дисперсности, формы частиц глины, присутствия в ней электролитов и гумусовых веществ, дисперсной фазы (глинистых частиц) и дисперсионной среды (воды или другой жидкости). Пластичность является обратимым свойством глин при нагревании их до 110–150°C; повышение температуры нагревания постепенно ухудшает это свойство, после завершения процесса дегидратации глины (450–600°C) пластичность может совсем исчезнуть.

Пластические свойства глины легко снизить введением отощителей (кварца, шамота и др.), повышается же пластичность глин только после длительного их вылеживания или тонкого измельчения, или при добавлении электролитов. По степени пластичности глинистые породы можно

разделить на пластичные, полностью распускающиеся в воде, полупластичные, частично размокающие в воде, и непластичные (камнеподобные), совершенно не размокающие в воде. В тесной связи с пластичностью находятся другие свойства глин – связность и связующая способность. Под первым понимается способность глин после высушивания на воздухе сохранить приданную ей форму, под вторым – способность связывать частицы другого вещества – отощителя – в общую достаточно прочную, образующуюся при высыхании, массу.

С увеличением пластичности глин почти всегда увеличивается их связность и связующая способность. Полупластичные глины характеризуются низкими показателями этих свойств, непластичные полностью лишены их в естественном состоянии (до измельчения). Рассматривая такие свойства глины, как пластичность, связность и связующая способность, которые проявляются при воздействии воды, необходимо указать на различный характер воды, находящейся в глинах. Вода в глинах содержится в виде: гигроскопической и конституционной или химически связанной.

Гигроскопическая вода поглощается глиной из атмосферного воздуха. Поглощение происходит до состояния так называемого гигроскопического равновесия, когда тело, будучи предоставленным самому себе, не отдает своей влаги в окружающую среду и не поглощает ее из этой среды.

Содержание гигроскопической воды в глинах зависит от их гранулометрического состава, относительной влажности и температуры воздуха и может меняться в пределах от 1–2 до 15–20%. Содержание гигроскопической влаги в огнеупорных глинах обычно колеблется в сравнительно узких пределах (1–3%).

Конституционная или химически связанная вода входит в молекулу глинистого вещества – минерала, слагающего данную глину, например, для каолина в количестве 14%. При нагревании эта вода удаляется, сопровождаясь эндотермической реакцией в интервале температур 450–650°С в зависимости от минерального состава глин. Нагревание вызывает глубокие изменения в структуре глинистого вещества, которые первоначально обуславливаются выделением воды, а затем его перекристаллизацией, совершающейся в твердой фазе. После удаления гидратной воды при высушивании глины глинистые частицы сближаются между собой, при этом уменьшается объем глины, происходит воздушная усадка. Величина усадки зависит от пластичности глины и способности ее к водопоглощению. Для пластичных разновидностей огнеупорных глин воздушная усадка

составляет 6–8%, для малопластичных – 4–6%, и для тощих – 3–4%. При обжиге глин до различных температур одновременно с физико-химическими превращениями происходит так называемая огневая усадка. В сумме с воздушной огневая усадка характеризует величину полной усадки глины при данной температуре. Максимум полной усадки соответствует спеканию, то есть такому состоянию глины, при котором происходит наибольшее уплотнение материала в результате совершившихся реакций в твердом состоянии. Спекание – важнейшее свойство глин, зависящее главным образом от их минерального состава и в определенной мере от степени дисперсности. Огнеупорные глины чисто каолинового состава, не содержащие примесей – плавней, отличаются высокой температурой спекания, составляющей 1350–1400°C; глины монокристового или гидрослюдистого типа спекаются при сравнительно низкой температуре (1150–1250°C), глины смешанных типов занимают промежуточное положение. Примеси в виде железистых, щелочных и щелочноземельных минералов оказывают большое влияние на спекаемость глин; при их значительном количестве заметно снижается температура спекания, что не всегда служит благоприятным показателем, так как одновременно снижается и огнеупорность глин.

Огнеупорные свойства глин зависят, прежде всего, от их минерального состава. Наивысшей огнеупорностью характеризуются чистые каолиновые глины (1750–1770°C), примеси кварца, слюды, гидроксидов железа и других минералов (кроме гидратов глинозема) в той или иной степени снижают огнеупорность глин; большие количества примесей влекут за собой перевод таких глин из класса огнеупорных в класс тугоплавких, температура плавления которых ниже 1580°C.

Содержание плавней в легкоплавких глинах может достигать 30%. Эти глины отличаются большим непостоянством химико-минерального состава. После обжига они окрашиваются в темные цвета.

2. Глины УРАЛА

По богатству и разнообразию огнеупорных глин Урал занимает ведущее место в Российской Федерации. На территории Урала сосредоточено около половины запасов огнеупорных глин из разведанных месторождений в России. К настоящему времени на Урале выявлено свыше 200 месторождений и проявлений огнеупорных и тугоплавких глин.

По качеству и запасам большое промышленное значение имеют Белкинское, Курьинское и Троицко-Байновское (Богдановичское) месторождения огнеупорных глин, расположенных на восточном склоне Среднего Урала, относящихся к меловому периоду.

Исключительно ценные месторождения огнеупорных глин сосредоточены на восточном склоне Южного Урала – Бускульское, Южноуральское (Берлинское), Нижне-Увельское и Кумакское. Как по запасам, так и по качеству огнеупорные глины занимают одно из первых мест среди других месторождений Российской Федерации и стран СНГ. Балансом только по Челябинской области на двух разрабатываемых месторождениях огнеупорных глин сосредоточено 29,6% всех запасов России, объем добычи составляет 44,1% от всей добычи по стране.

Залежи тугоплавких глин малочисленны и невелики по объему запасов. Наиболее крупное месторождение тугоплавких глин – Талалаевское (Башкирия), запасы которого составляют около 3 млн тонн.

Наряду с указанными выше месторождениями огнеупорных и тугоплавких глин Урала разведан ряд значительных по запасам месторождений глин, возможность использования которых в производстве керамики и огнеупоров не установлена. В числе таких месторождений в первую очередь следует отметить Ново-Ивановское (Башкирия), Астафьевское, Городищенское (Челябинская область) и другие.

Ниже приведена краткая характеристика глин основных месторождений Урала, которые, с нашей точки зрения, представляют интерес для промышленности.

2.1. Глины Среднего Урала

Троицко-Байновское (Богдановичское) месторождение огнеупорных глин. Месторождение расположено в Богдановичском районе Свердловской области. Оно вытянуто полосой на 20 км к югу от ст. Богданович и занимает площадь около 75 км². Месторождение состоит из ряда отдельных залежей (участков): Межниковской, расположенной по левому берегу р. Калиновки, в 6–7 км от ст. Богданович, 1–4 залежи на правом берегу реки в 0,2–3 км к югу от села Байны и в 10–12 км от ст. Богданович, и, наконец, Полдневской залежи (2 и 4 участки), расположенной в 3,5–4 км к юго-западу от деревни Полдневой и в 16–17 км от ст. Богданович. Месторождение со всеми его участками (залежами) по величине запасов является наиболее крупным на Среднем Урале. Огнеупорные глины Троицко-Байновского месторождения приурочены к нижнемеловой песчано-глинистой толще, залегают местами непосредственно на известняках нижнего карбона. В кровле залегают верхнемеловые глауконитовые пески, третичные песчаники, глинистые отложения и четвертичные суглинки. Максимальная суммарная мощность пород кровли достигает 45 м.

Условия залегания полезной толщи очень сложные, залежи огнеупорных глин обычно имеют форму гребней, различно ориентированных и непостоянных по величине, длина их от нескольких метров до 1,5 км при ширине от 2 до 30 метров. Местами глины образуют неровные пласты мощностью до 10–15 м, в пережимах – 1–3 м, в раздувах – до 40–50 м. В пластах глин содержатся различные по мощности прослои некондиционных глин и кварцевого песка. По литологическим признакам огнеупорные глины весьма разнообразны. Они имеют окраску от белых и светло-серых до черно-углистых с пятнами и примазками оксидов железа и гумусового вещества.

Глины характеризуются присутствием в большей или меньшей степени кварцевого песка, пирита (в различной величины конкрециях и в тонкораспыленном состоянии), сферосидерита, слюды и растительных остатков. Установить какую-либо определенную закономерность в литологической изменчивости глин по всей толще чрезвычайно трудно, так как наблюдается быстрая смена в вертикальном и горизонтальном направлениях глин одного внешнего вида и качества другим. В качественном отношении Троицко-Байновские глины изучались многими исследовательскими институтами и лабораториями в течение многих лет.

Имеющиеся многочисленные испытания свидетельствуют о большом качественном разнообразии встречаемых в месторождении глин, от высокоглиноземистых маложелезистых разновидностей до сильно-песчанистых и загрязненных в большей мере пиритом, оксидами железа и органическим веществом.

Светлые разновидности глин, белые и светло-серые (редко темно-серые), обладают высоким содержанием глинозема и незначительным количеством загрязняющих примесей (пирита, сферосидерита, песка), тонкодисперсные с жирным изломом, с огнеупорностью 1750°C и выше. Обычно эти глины приурочены к верхним и средним горизонтам продуктивной толщи и вклиниваются спорадическими гнездами в нижние. Глины более темных оттенков (от темно-серых до черных) значительно более песчанисты, железисты и содержат большое количество включений пирита, залегают преимущественно в нижних горизонтах толщи. Химический, гранулометрический составы и керамические свойства глин по участкам приведены в табл. 2.1 – 2.3.

Приведенные данные указывают на большие колебания в составе и свойствах Троицко-Байновских глин, однако не дают полного представления о количественных соотношениях оксидов и характеристике свойств для отдельных разновидностей. В зависимости от размера зерен, а также от содержания примесей и Al_2O_3 глины относятся к основным, полукислым и углистым. Глины характеризуются средней пластичностью и значительной дисперсностью (содержание частиц размером менее 0,001 мм составляет 60–90%).

Глины весьма разнообразны по химическому составу: содержание $Al_2O_3 + TiO_2$ колеблется от 15 до 42%, Fe_2O_3 – от 0,5 до 7,0%, потери массы при прокаливании – от 4 до 18%. Глины спекаются при высоких температурах (1300–1400°C), а огнеупорность колеблется от 1610 до 1760°C.

В минеральном отношении Троицко-Байновские глины являются каолинито-кварцевыми породами; в основной массе они состоят из каолинита с большей или меньшей примесью кварца, слюды, растительных остатков и гумусового вещества, а также включениями лимонита, сферосидерита и пирита. Из аксессуарных минералов присутствуют: турмалин, рутил, циркон, дистен, полевые шпаты.

На месторождении обособляются два литологических типа глин – полдневский (преобладающий) и межниковский. Огнеупорные глины состоят из каолинита (полдневский тип), каолинита с примесью монтмориллонита (межниковский тип). Местами в глинах полдневского типа присутствует гиббсит. Глины межниковского типа средне-пластичны, а

полдневского – умеренно-пластичны. Следует отметить, что глины межниковского типа спекаются, а полдневского – не спекаются, хотя происхождение всех участков одинаково. Глины вторичные, переотложенные в кислой среде со сложной морфологией и частым переслаиванием сортовых и некондиционных глин.

Полдневские глины одного из крупнейших на Урале Троицко-Байновского месторождения характеризуются грубодисперсностью, малой пластичностью, малой связностью и высокой температурой спекания. Среди полдневских глин обнаружены разности, мало отличающиеся по внешнему виду, химическому и минеральному составам, но резко отличные по технологическим свойствам.

Курьинское месторождение огнеупорных глин расположено в 15 км от ст. Богданович Свердловской железной дороги по правую сторону реки Пышма на юг от с. Курьи. Месторождение вытянуто в меридиональном направлении на 5–6 км и разбито на участки: северный (Пышминский), центральный и южный (Кашинский).

На разных участках месторождения наблюдаются колебания мощности глин продуктивной толщи. На северном участке покрывающие породы имеют среднюю мощность 12,9 м при мощности продуктивной толщи 8,6 м, на центральном участке соответственно 23,4 м при 5,9 м, на южном участке – 19,5 м при 3,5 м.

Огнеупорные глины продуктивной толщи характеризуются большим непостоянством условий залегания и изменчивостью по качеству. Жирные пластичные глины незаметно переходят в тощие песчанистые глины и глинистые пески. Глины характеризуются разными соотношениями глинистого вещества, кварцевого песка, слюды, марказита, пирита, сферосидерита, бурого железняка, гипса и обуглившихся растительных остатков. Для курьинских огнеупорных глин весьма характерно присутствие марказита как в виде лучисто-шаровых агрегатов почковидных стяжений размерами до 20 мм в диаметре, так и в виде тонкораспыленных вкрапленностей.

С качественной стороны курьинские глины отличаются значительными колебаниями: от высокоглиноземных, свободных от примесей разновидностей, до сильно песчанистых и загрязненных в значительной степени серым колчеданом глин с оолитами сферосидерита и бурыми оксидами железа. Химический состав основных разновидностей глин приведен в табл. 2.1.

Гранулометрический состав глин представлен в табл. 2.2.

Таблица 2.1. Химический состав огнеупорных глин Среднего Урала

Месторождения, залежи, участки	Содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП
Троицко-байновское: Межниковая залежь	44,59–54,14	27,13–35,85	1,48–2,47	1,14–1,97	0,38–0,81	0,23–0,42	0,21–0,60	0,25–0,45	1,34–3,62	11,48–13,86
Залежь 1–3	51,07–65,78	22,01–31,69	1,59–1,36	1,48	0,41–0,43	0,10–0,24	0,41–0,73	0,14–0,32	0,48–1,02	7,36–12,44
Залежь 4	46,32–56,37	26,18–35,20	1,29–2,98	1,08–1,84	0,40–0,91	0,26–0,57	0,07–0,61	0,02–0,66	0,23–1,01	7,83–14,46
Полдневская залежь (участок 2)	43,75–70,19	19,64–33,88	0,96–1,82	0,97–1,78	0,34–1,06	0,36–0,48	0,22–0,40	0,09–0,34	0,38–0,41	6,88–17,20
Курьинское	43,24–62,24	20,63–38,03	1,04–8,63	0,93–2,41	0,09–0,87	Сл.–0,42	0,05–0,73	0,08–0,28	0,07–6,77	8,29–13,88
Белкинское	40,70–68,36	21,43–39,43	0,50–7,62	0,44–1,14	0,13–1,36	0,0–1,98	0,06–1,55	0,16–0,27	–	6,63–24,25
«Экстра»	46,80	36,80	1,58	–	0,20	0,76	0,34	0,18	–	13,6
Б2	44,12	36,12	2,26	0,92	0,32	0,90	0,61	0,21	–	14,7
Сединское	62,82–76,66	12,70–21,59	0,03–1,23	1,62–2,40	0,49–0,58	0,36–0,82	0,52–1,00	0,52–1,00	0,10–0,93	5,07–9,57

Таблица 2.2. Гранулометрический состав огнеупорных глин Среднего Урала

Месторождения, залежи, участки	Содержание фракций, %, размером в мм				
	Больше 0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Меньше 0,001
1	2	3	4	5	6
Троицко-Байновское: Межниковская залежь	2,76–10,25	0,36–5,85	7,60–14,50	3,10–15,40	65,30–72,40
Залежь 1–3	2,18–26,57	5,20–8,17	22,83–32,07	10,35–17,08	29,88–44,42
Залежь 4	1,35–3,56	0,57–7,95	88,49–98,08		
Полдневская залежь (участок 2)	1,1–17,9	1,6–15,5	13,80–31,10	5,50–11,90	22,90–75,80

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
Курынское	0,15–27,25	0,17–6,54	12,7–23,4	9,2–12,1	28,6–47,62
Белкинское	0,06–19,15	7,44–8,95	18,5–26,83	16,8–27,15	39,6–49,68
Сединское	0,0–6,79	1,56–5,85	0,42–7,39	15,23–39,42	47,90–81,02

Таблица 2.3. Керамические свойства огнеупорных глин Среднего Урала

Свойства	Месторождения, залежи, участки						
	Троицко-Байновское				Курынское	Белкинское	Сединское
	Межниковская	Залежь 1–3	Залежь 4	Полдневская (участок 2)			
Полное водосодержание, %	26,9–28,5	12,45–29,87	25,60–33,60	27,25–37,90	29,9–33,4	20,49–33,67	
Воздушная усадка, %	6,20–8,60	5,85–6,31	5,40–9,90	5,40–9,20	3,4–13,1	4,74–6,78	7,8–9,0
После обжига: усадка при 1350°С	19,30–20,40	10,08–15,98	14,90	7,20–20,0	10,1–23,4	9,52–17,44	9,2–19,2
при 1400°С	...	...	...	...	...	10,44–20,20	...
Водопоглощение, %, после обжига:		...					
при 1350 С	1,20–1,60	0,16–10,85	0,20–6,50	0,80–17,50	0,1–16,3	4,62–20,47	1,1–14,9
при 1400 С	...	...	...	...	...	0,28–18,65	...
Температура спекаемости, С		1320	1100	1100	1300–1400	1280–1400	1280–1400
Огнеупорность, °С		1670	1750	1750	1580–1750	1670–1760	1520–1600

Минеральный состав курьинских глин довольно разнообразен и характеризуется следующим составом минералов: каолинит, кварц, мусковит, рутил, циркон, турмалин, полевой шпат (ортоклаз), биотит, андалузит, пирит и сферосидерит.

По классификации ГИКИ, глины по химико-минеральному составу распределяются на четыре обособленные качественные группы, показатели для которых приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Химико-минеральный состав качественных групп курьинских глин

Минералы	Группа			
	1	2	3	4
Каолинит	84–95	75–81	69–72	44–66
Кварц	0–7	10–16	14–22	36–42
Слюда	2–7	2–4	3–5	4–8
SiO ₂	43–48	49–53	50–57	62–66
Al ₂ O ₃	34–38	31–34	29–31	20–22
ппп	12–13	11–12	10–11	8–9
Частиц менее 0,01 мм	98–99	87–92	80–83	68–78

Наиболее пластичные глины относятся к глинам выше средней и высокой пластичности. Глины группы 1 пригодны для изготовления огнеупорного кирпича с огнеупорностью 1750–1770°C; глины группы 2 позволяют получить кирпич с огнеупорностью 1730–1750°C. Большая часть глин групп 3 и 4 (таких глин сравнительно немного) сильно загрязнены железом и для огнеупорной промышленности непригодны. Курьинские глины могут быть использованы для производства каменного товара, капселей, а при условии отмучивания – и для фаянсовых масс. Из нежелательных примесей глины в наибольшем количестве содержат рутил и пирит, обуславливающие часто повышенное содержание TiO₂ и Fe₂O₃.

Керамические свойства курьинских глин приведены в табл. 2.3.

Курьинские глины менее чувствительны к сушке, чем троицко-байновские, по остальным же свойствам близки к ним.

Курьинское месторождение гидраргиллитовых глин. На участке Березняки глины Курьинского месторождения характеризуются максимально высоким содержанием Al₂O₃ и высокой огнеупорностью. Они представляют интерес для огнеупорной и керамической промышленности. По внешнему виду глины имеют серый цвет, после обжига при температуре 1330–1380°C – желтовато-белый цвет с весьма мелкой и редкой

мушкой, при значительном количестве трещ ин, посечек и высокой пористости.

Гранулометрический состав, а также пластичность и связность гидраргиллитовых глин приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Гранулометрический состав, пластичность и связность курьинских гидраргиллитовых глин

№ пробы	Содержание зерен, %, размером, мм							Число пластичности по Аттербергу	Связность, МПа
	Больше 3	3–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,088	0,088–0,06	Меньше 0,06		
33	–	1,52	0,57	0,46	1,23	0,50	95,72	20	8,12
35	–	0,14	0,06	0,21	0,62	0,28	98,69	–	–

Данные таблицы 2.5 характеризуют глину как высокопластичную и мало-связную. Глины содержат мало грубозернистых примесей и при размывании водой проходят на 95–98 % через сито с отверстиями 0,06 мм.

Глины слагаются агрегатами и отдельными чешуйками каолинита размером в поперечнике до 0,07 мм. Сравнительно в небольших количествах в глинах присутствуют агрегаты, которые по своему строению и двупреломлению подобны каолиниту, отличаясь от последнего несколько повышенным светопреломлением, что объясняется присутствием в них гидроксида алюминия, образующего, по-видимому, тонкую смесь с каолинитом. Минеральный состав примесей в пробе 33 приведен в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Минеральный состав примесей в пробе 33

Размер зерна, мм	Мусковит	Кварц	Каолинит	Пирит	Полевой шпат
3–1	очень много	единичные зерна	мало	единичные зерна	–
1–0,5	то же	мало	единичные зерна	то же	единичные зерна
0,5 – 0,25	то же	то же	то же	то же	–
0,25 – 0,088	то же	единичные зерна	–	то же	–
0,088 – 0,06	то же	мало	мало	то же	–

Химический состав глин и их огнеупорность приведены в табл. 2.7.

Данные таблицы 2.7 позволяют отметить высокое содержание в глинах Al_2O_3 + TiO_2 и весьма высокую их огнеупорность.

Таблица 2.7. Химический состав глин и их огнеупорность

№ пробы	Содержание оксидов, %					Огнеупорность, °С
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ППП	Сумма	
33 сухая	25,29	50,79	1,14	22,19	99,41	1820–1850
33 прокаленная	33,44	62,21	1,46	–	99,11	–
35 сухая	22,93	52,09	1,14	22,41	98,57	1820–1850
35 прокаленная	29,55	67,13	1,47	–	98,15	–

Результаты комплексного термического анализа глин показали, что при температуре 350°С наблюдается значительный эндотермический эффект, который относится к характерным для минерала гидраргиллита – Al₂O₃–3H₂O. Керамические свойства гидраргиллитовых глин приведены в табл. 2.8.

Из таблицы 2.8 видно, что глины относятся к трудноспекающимся, поскольку отличаются высоким водопоглощением после обжига (в образцах пластичного формования), а поэтому для обжига таких глин требуется значительно более высокая температура. По результатам испытания глин можно считать, что гидраргиллитовые глины участка Березняки являются весьма ценным высокоглиноземистым сырьем для высокоглиноземистых огнеупорных и керамических изделий ответственного назначения.

Таблица 2.8. Керамические свойства гидраргиллитовых глин

Свойства	Показатели	
	Проба 33	Проба 35
Полное водосодержание, %	30,1	34,0
Воздушная усадка, %	5,4	7,5
Полная усадка, %, после температуры 1350–1380°С	22,7	26,3
Водопоглощение, %, после температуры 1350–1380°С	16,8	14,3

Белкинское месторождение огнеупорных глин расположено в Краснотурьинском районе Свердловской области. Речка Степановка делит месторождение на два участка: северный и южный. В геологическом отношении месторождение аналогично многим крупным месторождениям огнеупорных глин восточного склона Среднего Урала (Троицко-Байновское, Курьинское и другие); возраст глин верхнемеловый.

По условиям залегания залежь огнеупорных глин имеет вид пластов, чередующихся с прослойками песков; мощность отдельных пластов составляет от 1 до 2 метров и более, суммарная – достигает 7 метров. Покрывающими породами служат послетретичные и третичные отложения, представленные бурыми глинами, песчаниками и песками. Общая их мощность от 6 до 30 метров. Наименьшая вскрыша наносов приурочена к пониженным участкам месторождения, где смыты третичные осадки. В основании промышленных пластов залегают глины с большим содержанием сидерита и марказита.

Огнеупорные глины – белые и серые, часто углистые, находятся в верхних горизонтах глинисто-песчаной продуктивной толщи, достигающей мощности 20 м. Химический состав белкинских глин приведен в табл. 2.1.

Характерной особенностью глин является высокое содержание Fe_2O_3 . В зависимости от химического состава и огнеупорности глины относятся к основным, полукислым и углистым разновидностям. По гранулометрическому составу глины в большинстве случаев тонкоотмученные с содержанием частиц размером менее 0,01 мм от 83 до 98%; обладают средней и высокой пластичностью. Число пластичности по Аттербергу 10–12. Глины хорошо разжижаются под действием традиционных электролитов.

По минеральному составу глины каолиновые и каолинито-кварцевые. Содержание каолинита 44–95%, кварца 0–42% и слюды 2–8%. Керамические свойства белкинских глин приведены в табл. 2.3.

Приведенные данные позволяют отметить высокое качество белкинских глин и их относительную выдержанность по составу и свойствам. Глины белкинского месторождения в значительных количествах относятся к высокосортному огнеупорному сырью, глины песчаные пригодны для производства полукислых огнеупорных изделий. Относительно пригодности белкинских глин для тонкой керамики можно полагать, что разновидности, образующие белый черепок при обжиге до 1300°C, могут быть использованы для производства технического фарфора.

Сединское месторождение огнеупорных глин расположено в 11 км к юго-западу от ст. Кишерть Пермской области. Огнеупорные и тугоплавкие глины приурочены к олигоцено–миоценовым песчано-галечным отложениям озерно-болотного происхождения и залегают в виде крупных линз мощностью от 0,5 до 7,1 м, местами до 9 м, внутри которых

встречаются прослои песка мощностью 0,1–0,4 м, разделяющие толщу глины на 2–3 слоя.

Вскрышные породы представлены четвертичными глинами и верхней пачкой песчано-галечных отложений суммарной мощности от 1,5 до 10 метров, редко до 13–15 м.

По минеральному составу огнеупорные и тугоплавкие глины преимущественно каолинит-гидрослюдистые; отдельные разности с примесью монтмориллонита. Содержание кварца варьирует от 24 до 58%.

Химический состав сединских глин приведен в табл. 2.1.

Гранулометрический состав сединских глин представлен в табл. 2.2.

Керамические свойства сединских глин представлены в табл. 2.3.

Большая часть разностей сединских глин отмечается низким содержанием оксидов железа, высоко-пластична, несмотря на повышенное содержание кварца, в обожженном виде имеет белый цвет. Сединские глины могут быть использованы в составе масс для производства плиток для пола, канализационных труб, санитарно-технического фаянса и облицовочных плиток.

2.2. Глины Южного Урала

Залежи огнеупорных глин Южного Урала приурочены преимущественно к континентальным образованиям верхнего олигоцена и нижнего миоцена. Все крупные месторождения (Нижне-Увельское, Берлинское, Бускульское, Кумакское и др.) характеризуются большими запасами пластообразно залегающих глин. Залежи глин простираются на площади от 5 км² и более при мощности от 0,5 до 7 метров (в среднем 2–4 м). Мощность вскрыши от 0,5 до 6 м (в среднем 2–3 м).

Глины обычно пестроцветные, иногда ожелезненные, местами песочены. Ниже по разрезу их цвет изменяется от темно-серого до светло-серого, и они переходят в пески.

По минеральному составу глины каолинито-гидрослюдистые с монтмориллонитом, тонкодисперсные, высокопластичные. Для них характерно сравнительно высокое содержание оксидов железа (до 3–6%). Присутствуют также магнетит, сидерит, рутил, ильменит, пирит, иногда турмалин. Относительно высокое содержание Fe₂O₃ в глинах указанных месторождений обусловлено поступлением глинообразного матери-

ала в основном с площадей, покрытых корами выветривания гранодиоритов и еще более железистых пород, обрамляющих Челябинский гранитный массив.

Нижне-Увельское месторождение огнеупорных глин находится в непосредственной близости от ст. Нижне-Увельской Южноуральской железной дороги в 5 км от г. Южноуральска, в 40 км к северу от г. Троицка Челябинской области.

Огнеупорные глины приурочены к озерно-болотным отложениям наурзумской свиты верхнего олигоцена, залегают на кварцевых мелкозернистых песках в виде пластообразной залежи, простирающейся в широтном направлении.

Исходным материалом послужили каолиновые коры выветривания широко развитые в Кочкарском каолиноносном районе. Средняя мощность залежи 3,5 м, мощность вскрыши 4–5 м. Продуктивная толща сложена каолиновыми глинами с примесью гидрослюд до 5–10%. Кроме этих минералов присутствуют кварцевый песок, оксиды железа. Добыча ведется открытым способом, послойно и селективно. Выделено 5 сортов, из них 3 сорта используются как огнеупорное сырье (огнеупорность 1650°C и выше), остальные сорта, как формовочное (в литейном производстве) и керамическое сырье (для производства различных керамических изделий).

На месторождении выделены две характерные литологические разновидности глин: пестроцветная и серая. Глины отличаются значительным разнообразием как по химическому составу, так и по окраске в сыром виде и содержанию минеральных примесей. Химический состав глин приведен в табл. 2.9.

По гранулометрическому составу нижеувельские глины относятся к тонкодисперсным. Содержание фракции менее 1 мкм изменяется в значительных пределах. По содержанию оксида алюминия глины относятся к основным и полукислым. Глины пластичные, хорошо разжижаются традиционными электролитами (жидким стеклом и содой).

Испытания нижеувельских глин показали, что по количеству электролита, необходимого для разжижения, глина занимает промежуточное положение между пробами берлинской глины. Кроме того, нижеувельская глина дает суспензии более низкой вязкости, чем берлинские глины.

Таблица 2.9. Химический состав огнеупорных глин Южного Урала

Месторождение, марка	Содержание оксидов, %										Гигроскопическая влага, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нижне-Увельское (участок «Бугор»)	54,27–63,09	22,63– 29,04	2,60– 3,28	1,35– 1,53	0,65–1,05	0,62–0,95	0,65– 1,00	0,24		7,62–10,03	
НУ-1	51,34–57,7	27,27– 33,80	2,40– 3,08	0,79– 1,13	0,28–0,70	0,60–0,85	0,51– 1,22	0,25– 1,22		9,37–10,34	
НУПК	57,3–60,2	24,19– 25,01	2,3–4,7	–	0,45–2,25	0,89–1,16	0,2–0,6	0,2 – 0,5		9,36–10,41	
НУК	57,13–62,17	24,0– 29,0	1,04– 1,30	0,97– 1,26	0,42–0,56	0,50–0,60	1,01– 1,70	1,01– 1,70		9,06–9,30	
Южноуральское (Берлинское)	49,0–55,35	26,44– 33,0	1,5–6,0	0,9–1,0	0,1–0,69	0,24–1,0	0,99– 1,39	0,25– 0,30	сл	9,0–12,0	
Бускульское	53,34–63,60	25,22– 31,25	1,85– 2,32		1,12–1,37	1,23–1,62			сл– 0,57	7,20–10,61	3,09–4,07
Ефремкинское	57,54–59,8	24,13– 27,63	2,0–2,3		0,69	1,18	3,00	3,00	0,53	7,4–8,4	
Талалаевское (ту- гоплавкие глины)	52,10–58,45	27,75– 32,25	2,0–4,0		0,75–0,98	0,97–1,32			сл,– 0,05	8,46–12,70	4,46–6,33
Городищенское	53,58–68,44	21,53– 33,49	0,23– 0,51		0,35–0,61	сл.				8,23–12,66	
Астафьевское	39,92–76,99	15,1– 40,7	0,61– 2,38		1,30–2,05	1,30–2,05	0,35– 3,45	0,35– 3,45		5,35–21,43	
Алабугское	47,7	34,11	1,8		0,84	1,66	0,39		0,39	13,11	
Кумакское	49,0–2,0	22,2– 35,0	0,16– 5,91	сл.– 1,19	0,25–3,31	0,1–1,24	0,31– 0,36	0,02– 0,69		7,1–14,5	

Окончание табл. 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КУ-1											
Ново-Орское	55,75– 67,3	20,12– 28,55	1 1–1,73	0,9– 1,43	0,31–0,92	0,51–0,71	0,51–1,41	0,11– 0,38		7,85– 9,93	
Кумакское (Биш-Обинский участок тугоплавких глин)	51,31– 53,24	29,17– 31,16	2,51–2 85	1,52– 1,67	0,48–0,59	0,58–0,69	0,0–0,38	0,27– 0,49		10,64– 11,06	
Ново-Ивановское	51,75– 58,61	21,68– 32,92	0,47– 1,63	ДО 1,5	ДО 1,00	ДО 1,00	2,0–2,6		сл.– 0,17	3,50– 10,90	1,33– 539
Тавтимановское (Ново-Троицкий участок)	57,28– 76,90	15,86– 27,46	0,78– 2,89		0,20–2,10	0,40–0,95	0,70– 1,04	0,70– 1,04		4,53– 9,46	
(Кудеевский участок)	50,89– 53,50	30,82– 31,85	1,87– 3,70		0,96–1,14	0,79–1,25				9,71– 10,89	

29

Гранулометрический состав глин представлен в табл. 2.10.

Таблица 2.10. Гранулометрический состав огнеупорных глин Южного Урала

Месторождения	Содержание фракций, %			Размером в мм	
	Больше 0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Меньше 0,001
1	2	3	4	5	6
Нижне-Увельское	6,65	5,06	6,45	23,92	47,92
Южноуральское (Берлинское)	2,69	3,65	2,52	2,75	88,39
Бускульское	0,03–0,7	5,50–17,57	6,06–16,75	24,64–33,16	40,34–61,65
Кумакское	0,13–1,38	0,95–25,19	2,33–5,31	11,25–15,50	53,65–80,8
Кумакское (Биш-Обинский участок)	0,3–0,4	0,5–6,8	0,3–11,3	7,15–10,36	80,76–87,54
Ново-Орское	1,68–51,5	14,97–26,92	7,69–9,29	4,72–23,33	5,37–39,31

Окончание табл. 2.10

1	2	3	4	5	6
Ново-Ивановское	0,01–17,64	1,12–29,12	0,08–4,45	10,65–20,19	32,02–83,50
Тавтимановское (Ново-Троицкий участок) (Кудеевский участок)	0,13–5,40 0,13–5,40	4,38–16,74 4,38–16,74	2,47–12,96 2,47–12,96	12,73–36,76 12,73–36,76	39,60–80,47 39,60–80,47
Талалаевское (тугоплавкие глины)	0,09–1,50	0,17–1,77	0,59–5,93	9,75–14,66	76,64–86,18

Таблица 2.11. Керамические свойства глин Южного Урала

Свойства	Месторождения, участки									
	Нижне-Увельское	Южно-уральское	Бускульское	Кумакское	Кумакское (Биш-Обянский)	Ново-Орское	Ново-Ивановское	Тавтимановское		Талалаевское
								Ново-Троицкий	Кудеевский	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Воздушная усадка, %	8,4–9,2	7,1–9,5	9,1–4,9	4,2–8,7		4,0–6,59	5,9–9,6	5,5–9,2	8,0–9,0	8,9–13,7
Общая усадка ^Λ /о	11,3–15,0	13,2–16,5	16,2–17,5	11,4–19,4		8,78–12,7	14,6–18,8	6,2–11,2	4,0–13,4	17,0–38,6
Водопоглощение, % после обжига при ВООТ	0,8–1,0	4,82	0,2–0,4	0,4–1,4	0,5–0,8	0,31	2,1–3,3	4,5–12,7	8,7–15,3	0,1–1,3
Температура спекания, °С	1150	1250	1180–1250	1250	1250–1350	1250	1050–1150			1050–1150
Огнеупорность, °С	1650–1690	1580–1740	1680–1710	1640–1750	1610–1700		1500–1620	1520–1550	1640–1660	

Результаты термического анализа глины показали, что в интервале 80–160°C имеет место первый эндотермический эффект, связанный с присутствием гидрослюда, в интервале 500–620°C – второй эндотермический эффект, в интервале 915–970°C – экзотермический эффект, характерный для каолинита. Температура образования муллита 1100°C.

Нижнеуральские глины спекаются в широком интервале температур 1180–1250°C. Керамические свойства нижнеуральской глины представлены в табл. 2.11.

Требования к нижнеуральским глинам регламентируются техническими условиями:

- глина огнеупорная ТУ 14-8-336-80;
- глина керамическая ТУ 14-8-408-82;
- глина формовочная ТУ 204300224656068-91.

Особый интерес для доразведки представляет Упрунский участок огнеупорных глин. Месторождение представлено несколькими залежами глин. Минеральный состав механических примесей в промышленных глинах следующий: мусковит, кварц, циркон, турмалин, гранат и другие. Лучшими считаются глины, содержащие Al_2O_3 – 38,8%, Fe_2O_3 – 1,65%, SiO_2 – 53,72%. Температура спекания глины – 1000–1200°C, огнеупорность – 1660–1710°C.

Южноуральское (Берлинское) месторождение огнеупорных глин является крупнейшим в Уральском регионе. Его площадь захватывает в северной части территорию Троицкого района Челябинской области, центральная часть расположена в Комсомольском районе Кустанайской области Казахстана, южная – в Чесменском районе Челябинской области. В 22 км восточнее месторождения проходит железная дорога Челябинск – Саратов. Для вывоза сырья от станции Бускуль Южноуральской железной дороги на месторождение проложена ветка длиной 28 км.

В геологическом строении месторождения принимают участие палеозойские и мезокайнозойские породы. Первые слагают складчатый фундамент, вторые залегают в нем горизонтально. К породам палеозойского возраста относятся порфириды и плагиограниты, вскрытые на глубине 48 м. Полезная толща приурочена к озерным песчано-глинистым отложениям Наурзумской свиты верхнего олигоцена и представлена жирной, вязкой глиной белого, светлого и темно-серого цветов, в верхних слоях желтой за счет ожелезнения. Вязкая пластичная глина переслаивается с песчаной, причем с глубиной залегания количество песчаного материала увеличивается.

Основной пласт огнеупорных глин прослеживается по всей площади месторождения, но на отдельных участках, особенно в северо-восточной части, наблюдается частичный или полный его размыв. Мощность пласта глин составляет 0,9–9,8 м, средняя – 4 м. В толще огнеупорных глин встречаются прослои песков мощностью до 2 м. Кроме основного пласта огнеупорные глины встречаются среди пестроцветных глин в виде отдельных незначительных линз.

Пласты огнеупорных глин перекрываются ожелезненными песками верхнеолигоценного возраста, пестроцветными глинами миоцена и четвертичными суглинками и супесями. Средняя мощность вскрышных пород 4,3 м. По минеральному составу – это каолиновые глины с небольшой примесью монтмориллонита, гидрослюда и смешаннослойного минерала гидрослюдистомонтмориллонитового состава, в котором число размокающих (монтмориллонитовых) слоев составляет 30–40%. Глина содержит до 22% кварца и в незначительном количестве полевой шпат и гидроксиды железа.

Минеральный состав глины приведен в табл. 2.12.

Таблица 2.12. Минеральный состав берлинской глины

Содержание минералов, %						Отношение		
Каолинит	Гидрослюда	Монтмориллонит	Смешанно-слойные образования	Кварц	Другие	Кварц: Гидрослюда	Каолинит: Монтмориллонит	Каолинит: Гидрослюда
60–65	3–5	3–5	12–15	11,8	2 полевой шпат и гидроксид железа	3,6	12	12

Химический состав берлинской глины приведен в табл. 2.9.

Гранулометрический состав берлинской глины приведен в табл. 2.10.

Берлинская глина при разжижении образует суспензии более высокой вязкости, по сравнению с нижеуфельской глиной. Керамический шликер из масс, содержащих берлинскую глину, обладает повышенной склонностью к загустеванию, требует увеличенного расхода электролита для разжижения при довольно высокой влажности. Отливки имеют склонность к посечкам при плохом закреплении массы (мягкая поверхность слива), что указывает на отрицательное влияние растворимых солей, содержащихся в глине, на литейные свойства шликера. При использовании в производстве керамических изделий

берлинской глины целесообразно изготавливать массы по фильтр-прессовому способу.

Установлено, что первый эндотермический эффект глин отмечается в интервале температур 80–160°C, второй – в интервале 500–625°C. Экзотермический эффект наблюдается при температуре 915–60°C. Температура образования муллита 1150°C. Берлинские глины спекаются в интервале температур 1250–1350°C.

Керамические свойства берлинской глины приведены в табл. 2.11. Межгосударственные проблемы, сложившиеся на современном этапе взаимоотношений между республикой Казахстан и Россией, затормозили хозяйственное освоение месторождения. Транспортировка, таможенные отношения, налоговая политика и т.п. вызывают затруднения в освоении запасов месторождения и реализации товарной продукции. Кроме того, выход «казахстанских» глин марок **БР-1** и **БР-2** в указанных разработках составляет 38,7%. В связи с этим возникла необходимость в проведении геологоразведочных работ на южном фланге Берлинского месторождения для создания собственной сырьевой базы огнеупорных глин на территории Челябинской области с промышленными запасами не менее 30 млн тонн, в том числе марок **БР-1** и **БР-2** (по СТП – 14–101–188–97) в количестве, обеспечивающем потребности ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» на срок до 20 лет.

В результате проведенных в 1995–2001 гг. работ были разведаны промышленные запасы огнеупорных глин в количестве 29 млн. т. Запасы глин марок **БР-1** и **БР-2**, предназначенных для огнеупорного производства ОАО «ММК», составляют 47% от общих запасов южного фланга Берлинского месторождения. Запасы попутно оцененных глин марки **БР-3** составили 15,4 млн. тонн. Объем кварцевых и кварц-полевошпатовых песков вскрыши в контурах залежи огнеупорных глин составил 15 млн м³. Разведанные глины по минеральному составу являются гидрослюдисто-каолинитовыми. Глины средне- и высокоогнеупорные по содержанию глинозема относятся к основным (часть некондиционных глин – к полукислым), обладают огнеупорностью от 1580 до 1730°C. Глины марок **БР-1** и **БР-2** могут быть использованы в производстве ковшевых и доменных муллитокремнеземистых огнеупоров, шамота, при изготовлении огнеупорных изделий общего назначения и керамических изделий. Глина БР-3 пригодна для производства керамического кирпича.

Требования к огнеупорным глинам Южноуральского (Берлинского) месторождения регламентируются техническими требованиями ТУ 14–8–50–72.

Бускульское месторождение огнеупорных глин

Месторождение расположено в районе ст. Бускуль Южно-Уральской железной дороги, в 30–35 км от г. Троицка на территории республики Казахстан. Месторождение разделяется на два основных участка: Пристанционный, расположенный в 1,5 км к западу от ст. Бускуль; Центральный – в 10–15 км к северо-востоку от ст. Бускуль.

Рельеф и геологические условия залегания глин аналогичны Берлинскому месторождению с той лишь разницей, что бускульские глины имеют более выдержанный пластовый характер и значительно лучше отсортированы по своему гранулометрическому составу (перемыты). Общий разрез месторождения представлен горизонтально залегающими третичными и четвертичными отложениями.

Огнеупорные глины залегают среди песчано-глинистых осадков нижнетретичного возраста, представляя собой продуктивную толщу. Мощность толщи колеблется от 1 до 4 м, в среднем 2 м. Мощность вскрышных пород – от 0,7 до 4,4 м. Общие запасы по категориям А+В+С₁ по участкам месторождения составляют около 9 млн тонн. Месторождение представлено огнеупорными и тугоплавкими глинами со сравнительно высоким содержанием красящих оксидов.

Химический состав бускульской глины приведен в табл. 2.9.

Минеральный состав глины представлен смесью каолинита (не более 0%) с монотермитом (11–33%) и примесью кварца (10–70%), серицита и полевого шпата.

Гранулометрический состав бускульской глины приведен в табл. 2.10.

Бускульские глины характеризуются повышенным содержанием растворимых солей – хлоридов и в меньшей степени сульфатов натрия и магния, легко переходящих в раствор при разведении глины водой.

Бускульские глины пластичны. Температура спекания 1180–1250°C, некоторые разновидности хорошо спекаются при 1000–1200°C. Емкость поглощения 13,2 мг-экв. на 100 г глины. Огнеупорность глин – 1630–1710°C.

Керамические свойства глины разных проб мало отличаются друг от друга, однако отмечено существенное различие в содержании растворимых солей.

Кумакское месторождение огнеупорных глин расположено в Ново-Орском районе Оренбургской области в 1,5 км к северо-западу от разъезда Кумакский и в 2 км к югу от пос. Кумак.

В геологическом строении Кумакского месторождения принимают участие рыхлые породы третичного и четвертичного возрастов. Полезная толща сложена третичными отложениями, представленными серыми, светло-серыми, белыми и пестроокрашенными глинами мощностью от 2 до 18 метров, которые имеют горизонтальное залегание. Четвертичные отложения перекрывают продуктивную толщу глин, они представлены песками, супесями, суглинками. Мощность их колеблется от долей метра до 13 м, средняя – 6,5 м. По своему характеру кумакские глины продуктивной толщи подразделяются на два типа: пестроокрашенные, мощность их колеблется от 1,5 до 12 м, и огнеупорные, средней мощностью от 2 до 2,5 м.

По минеральному составу глины каолиновые с примесью смешанно-слоистых образований гидрослюдисто-монтмориллонитового состава и кварца. Минеральный состав глин приведен в табл. 2.13.

Таблица 2.13. Минеральный состав глин

№ пробы	Содержание минералов, %				
	каолинит	монтмориллонит	кварц	смешанно-слоистые образования	гидроксид железа и полевой шпат
1	65–70	13–17		–	6
2	70–75	10–15	7	–	6
4	50–55	30–35	15	–	–
огнеупорная	50–55	–	32	12–15	3

Химический состав глин приведен в табл. 2.9.

Гранулометрический состав глин представлен в табл. 2.10.

По гранулометрическому составу глины преимущественно тонкоотмученные. В зависимости от содержания глинозема выделяют основные и полукислые глины. Огнеупорность пестроокрашенных глин колеблется от 1580 до 1650°C, огнеупорных – от 1640 до 1750°C.

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.11.

Кроме огнеупорного производства, кумакские глины могут быть использованы также и в других отраслях керамической промышленности. Так, например, лучшие маложелезистые пластичные разновидности глин, обладающие низкой спекаемостью, большой связностью и светло-

окрашенным, почти белым цветом при обжиге на 1350°C, с успехом могут быть использованы в качестве пластичной связки в фарфоро-фаянсовых массах технического или хозяйственного назначения.

При опробовании глины марки КУ-1 в составе тонкокаменных масс был получен удовлетворительный по качеству литейный шликер. Замена веселовской глины кумакской марки КУ-1 в составе фарфоровой массы на основе каолина месторождения «Журавлиный лог» позволила получить фарфор, белизна которого была равной 63%. Использование низкоспекающихся глин возможно также в производстве каменного товара (труб, плиток), кислотоупорных керамических изделий.

Кумакское месторождение (Бит – Обинский участок) тугоплавких глин расположено в Ново-Орском районе Оренбургской области в 23 км к востоку от г. Орска. В геологическом строении месторождения принимают участие третичные отложения, не расчлененные на отделы. Полезная толща представлена олигоцен-миоценовыми глинами, имеющими пластовое залегание, мощность ее колеблется в пределах 30–40 метров.

По макроскопическому описанию всю толщу разделяют по цвету на две группы: темно-серые и светло-серые глины. Распространены и те и другие глины повсеместно. Темно-серые занимают верхнюю часть глинистой толщи, светло-серые – нижнюю. Переход между ними постепенный. Глины местами ожелезнены. Вскрышные породы представлены в основном супесями, песками и в некоторых местах плотными желтыми глинами. Мощность их колеблется от 0,5 до 10,95 м, средняя – 2,3 м.

По минеральному составу глины каолиновые и монтмориллоновые. Содержание каолинита 50–75%, монтмориллонита – 12–35%, кварца – 7–15%, гидроксидов железа – 6%. Глины отличаются повышенным содержанием тонкодисперсных оксидов железа. В верхней части слоя глины до глубины 4 м встречается гипс в виде кристаллов размером до 3 см или в виде «гипсовых роз» диаметром до 5 см. Ниже этой зоны гипс не обнаружен, однако появляется барит, которого нет в верхней части слоя.

Гидрогеологические условия эксплуатации месторождения благоприятные. Генезис месторождения тугоплавких глин озерно-болотный.

Химический состав глины приведен в табл. 2.9.

Гранулометрический состав глины представлен в табл. 2.10.

По гранулометрическому составу глины тонкодисперсные.

Керамические свойства и область применения зависят от содержания монтмориллонита, глины пластичны, пластичность в пределах 19–27,9.

Спекаемость тугоплавких глин приведена в табл. 2.14.

Таблица 2.14. Спекаемость тугоплавких глин

Свойства	Температура обжига, °С					
	1050	1100	1150	1200	1250	1300
Водопоглощение, %	19,5–21,2	17,9–18,8	9,3–9,6	0,7–1,0	0,6–0,7	0,5–0,8
Плотность, г/см ³	1,71–1,76	1,75–1,81	2,10–2,11	2,39–2,4	2,42–2,51	2,43–2,53

Огнеупорность темно-серых глин 1610–1700°С, температура спекания – 1100–1250°С; огнеупорность светло-серых глин – 1660–1700°С, спекаемость – 1250–1300°С и 1300–1350°С; огнеупорность светло-серых песчанистых – 1650–1680°С, спекаемость – 1250°С и частично не спекающиеся.

Глина пригодна для производства канализационных труб, кислотоупорного кирпича, термокислотной плитки, насадочных колец, плитки облицовочной и для полов.

Ново-Орское месторождение огнеупорных глин расположено в районе г. Ново-Орска Оренбургской области. Глины светложгущиеся, пространственно и генетически связаны с рыхлыми отложениями кайнозоя, среди которых наиболее развиты песчано-глинистые отложения неогеновой системы.

По вещественному составу глинистая фракция представляет собой каолинит с примесью гидрослюд. Алевритовая и псаммитовая фракции, содержание которых в глинах составляет до 6–8%, представлены преимущественно кварцем. Размеры зерен алевритовой фракции 0,05–0,07 мм, псаммитовой – 0,2–0,5 мм.

Химический состав новоорской глины представлен в табл. 2.9.

Гранулометрический состав глины представлен в табл. 2.10.

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.11.

Глина пригодна для производства санитарных изделий, канализационных труб, плитки для пола, фасадной плитки, кислотоупорных изделий и бытовой керамики.

Технические требования к глине Ново-Орского месторождения регламентированы техническими требованиями ТУ 21-0284676-29-94.

2.3. Глины Республики Башкортостан

В пределах Башкирии залегают белые и серые глины, пригодные для огнеупорных, кислотоупорных и других керамических изделий. Глины входят в состав юрских и третичных отложений. Всего зарегистрировано и частью разведано свыше 150 месторождений питых глин. На восточном склоне Урала в Баймакском и Хайбулинском районах известно более 12, в горной полосе Белорецкий и Буздякский районы – свыше 10 и в западной зоне – не менее 125 месторождений.

Глины Башкирии пока еще используются недостаточно. Работает Тавтимановский керамический завод (вырабатывает шамотный кирпичи канализационные трубы) и Кизлярский завод на реке Белой (вырабатывает шамотный кирпич), а также небольшие цехи при Красноустьинском стекольном и Белорецком металлургическом заводах.

Ново-Ивановское месторождение огнеупорных глин

Расположено на левом берегу реки Стерли (приток реки Белой) в 2 км на северо-восток от деревни Ново-Ивановка, в 7–11 км к юго-западу от г. Стерлитамак.

Месторождение сложено огнеупорными глинами, залегающими в виде пласта. Глины характеризуются высокой пластичностью, весьма тонкой дисперсностью. Содержание фракций с частицами размером менее 1 мкм в большинстве случаев составляет более 70%. Минеральный состав глины представлен каолинитом с чешуйками гидрослюда и мельчайшими зернами кварца. Содержание каолинита – 50–71%, гидрослюда – 3–18%, кварца – 17%. В некоторых пробах глины присутствует монотермит с каолинитом и монтмориллонитом. В небольшом количестве в глинах обнаружены зерна турмалина, рутила, циркона и скелеты водорослей.

Испытанные пробы, в основном, достаточно близки по своему химическому составу. Содержание Al_2O_3 в большинстве проб – от 28 до 32%, SiO_2 – 51–56%, Fe_2O_3 – 0,5–2 % (среднее 1,5%), TiO_2 – 1,5% (редко 2,5%), $MgO + CaO$ – 1% (в единичных случаях – 1,2–1,3%), K_2O – 2,0–2,6%.

Средний химический состав проб новоивановских глин приведен в табл. 2.9.

Средний гранулометрический состав новоивановской глины приведен в табл. 2.10.

Керамические свойства новоивановских глин представлены в табл. 2.11.

Огнеупорность испытанных проб колеблется от 1500 до 1620°C. Несмотря на сравнительно высокую огнеупорность, глины спекаются при 1050–1150°C и обладают широким интервалом спекшегося состояния.

Новоивановские глины могут быть использованы для производства канализационных труб, кислотоупорных кирпичей, плиток для пола, а также в составе масс для производства санитарно-технического фаянса и фарфора.

Тавтимановское месторождение огнеупорных глин расположено на расстоянии 1 км от ст. Тавтиманово (Иглинский район), в 55 км от г. Уфы. Представлено тремя участками: Ново-Троицким, Карповским и Кудеевским. Выделены белая, светло-серая, серая и темно-серая разновидности.

Химический состав тавтимановских глин представлен в табл. 2.9.

Гранулометрический состав тавтимановских глин представлен в табл. 2.10.

Светло-серые глины Тавтимановского месторождения могут быть использованы для производства канализационных труб. Плитки для полов из этих глин можно изготавливать при условии введения в состав масс плавней. Отдельные разновидности глин (белые) могут также найти применение в составе масс для производства санитарно-технических изделий и облицовочных плиток с применением глухих глазурей.

Талалаевское месторождение тугоплавких глин расположено в Стерлитамакском районе республики Башкортостан в 0,5 км к западу от ст. Куганак. Запасы наиболее крупного месторождения тугоплавких глин составляют около 3 млн тонн. Глины весьма пестрые по химическому составу. Это полиминеральные глины, составленные каолинитом, гидрослюдой, монтмориллонитом, смешанно-слоистыми образованиями. Минеральный состав: каолинит (48–50%), гидрослюда (10–13%), монтмориллонит (0–22%), хлорит (0–19%), кварц (14,52–23,2%).

Химический состав глин приведен в табл. 2.9.

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.10.

Глины отличаются высоким содержанием тонкодисперсных фракций, высокой пластичностью (число пластичности 32–36). Огнеупорность колеблется от 1560 до 1620°C.

Керамические свойства талалаевской глины приведены в табл. 2.11.

Испытаниями установлена пригодность глин для производства плитки для полов, фасадной плитки и плитки для внутренней облицовки стен и производства канализационных труб.

Ефремкинское месторождение огнеупорных глин расположено в 2 км от деревни Ефремкино Кармаскалинского района, в 13 км к юго-востоку от ст. Кармаскалы и в 15 км от реки Белой. Месторождение не обследовано, запасы не установлены. Глина имеет светло-серую окраску, жирна на ощупь с частыми бурыми и желтыми гнездами.

Химический состав колеблется в следующих пределах (в %): SiO_2 – 57,54–59,8; Al_2O_3 – 27,63–24,13; Fe_2O_3 – 2,0–2,3; CaO – 0,69; MgO – 1,18; щелочи – 3,0; SO_3 – 0,53; ППП – 7,4–8,4; частиц размером менее 0,01 мм – 98,9–86,4. Огнеупорность 1580–1650°C, полное водосодержание – 27,8–28,4%, связность при 50% отощения 2,5 МПа, кислотоупорность – 97,7%, временное сопротивление сжатию – 14,6 МПа.

2.4. Другие месторождения Урала

Особый интерес для дальнейших исследований глинистого сырья Урала могут представлять следующие месторождения.

Городищенское месторождение глин расположено в 12 км от пос. Городищенского и в 18 км к востоку от г. Карталы Челябинской области. По своему характеру и условиям залегания глины аналогичны бускульским и берлинским. Главные разновидности глин характеризуются следующими данными: температура спекания 1200–1300°C, огнеупорность 1650–1730°C, водосодержание 23,4–25,9%, воздушная усадка 5,5–7,2%. Химический состав (в %): SiO_2 – 53,58–68,44; Al_2O_3 – 21,53–33,49; Fe_2O_3 – 0,23–0,51; CaO – 0,35–0,61; MgO – следы; ППП – 8,23–12,66. Выявленные разведкой запасы составляют по категории $A_2 + B$ – 208 тыс. тонн, месторождение имеет перспективы на значительное увеличение запасов и требует детальной разведки.

Астафьевское месторождение огнеупорных глин

Месторождение находится в 1,5–2 км к юго-западу от п. Астафьевский и в 3–3,5 км к северу от железнодорожной станции Джаблык Юж-

ноуральской железной дороги (Нагайбакский район Челябинской области), на правом берегу реки Кизил-Чилик. В геологическом отношении глины относятся к третичным отложениям. Глубина залегания 1,0–11,0 метров, мощность – 0,6–34,0 м. Химический состав (в %): SiO_2 – 39,92–76,99; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 15,1–40,07; Fe_2O_3 – 0,61–2,38; RO – 1,30–2,05; R_2O – 0,35–3,45; ППП – 5,35–21,43. Глины основные и полукислые. Минеральный состав – каолинит-гидрослюдистые. Содержание частиц менее 0,001 мм – до 41%. Температура спекания 1200–1350°C, огнеупорность – 1670–1760°C, полное водозатворение – 17,9–31,1%, воздушная усадка – 2,4–5,8%, усадка при 1350°C – 5,0–15,6%, водопоглощение – 1,4–20,4%.

Запасы месторождения по категории В – 13,482 млн тонн, по категории С1 – 13,5 млн тонн.

Кременкульское месторождение огнеупорных глин расположено вблизи одноименного поселка в 12 км к западу от г. Челябинска. Месторождение не разведано, однако заслуживает внимания и дальнейшего изучения.

Алабугское месторождение огнеупорных глин расположено в 60 км от ст. Чумляк, вблизи пос. Алабуга (Челябинская область). Месторождение совершенно не изучено. Площадь, занимаемая белыми глинами, составляет 50 га. Мощность от 2 до 4 м глины жирные сланцеватые. Химический состав (в %): SiO_2 – 47,7; Al_2O_3 – 34,11; Fe_2O_3 1,8; CaO – 0,84; MgO – 1,66; SO_3 – 0,39, K_2O – 0,39, ППП – 13,11.

Судя по анализу, месторождение заслуживает подробного исследования и постановки разведочных работ для выяснения его практического значения.

2.5. Легкоплавкие глины

Легкоплавкие глины весьма широко распространены на Урале. К ним относятся главным образом четвертичные образования, представленные различными суглинками, а также глины более раннего времени, а именно третичные, отдельные разновидности которых вследствие загрязненности оксидами железа относятся к категории легкоплавких.

На Урале легкоплавкие глины наиболее всего распространены в областях развития осадочных пород, т.е. на западном и восточном его склонах. Здесь мощные толщи бурых суглинков и лессовидных глин служат сплошным покровом для разнообразных видов полезных ископаемых. В

силу повсеместного распространения легкоплавких глин на Урале подробное описание месторождений чрезмерно увеличило бы объем справочного пособия. Поэтому ограничимся кратким описанием технологических свойств легкоплавких глин, используемых керамическими заводами Урала.

Пермская область

В Пермской области кирпичное производство обеспечивается глинами четвертичного возраста, преимущественно делювиальными и аллювиальными, развитыми на террасах рек. Мощность этих отложений достигает 3–5 м и больше.

Александровское месторождение

Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.15 и 2.16 соответственно.

Таблица 2.15. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	сумма	
60,96	13,89–	5,25–	1,88–	2,28–	0,01–	3,72–	95,64–	4,82–
66,94	14,96	5,58	6,03	2,53	0,004	8,66	97,39	5,23

Таблица 2.16. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,23–0,94	2,31–4,03	37,12–45,42	9,04–10,18	10,37–16,67	31,60–32,33

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.17.

Таблица 2.17. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предельный	нижний				
38,0–41,0	17,5–19,6	20,5–23,0	29,1–35,1	9,2–10,2	1,36–1,91
31,8–39,8	17,8–19,3	12,9–20,5	28,5–30,7	8,6–9,3	1,35–2,26

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.18.

Таблица 2.18. Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1165–1175	850	10,0–10,5	13,1–18,5	14,6–20,2	1,66–1,86	14,2–28,0	5,0–10,3
	950	9,5–11,2	11,2–17,0	14,6–20,0	1,68–1,87	15,4–32,0	7,9–11,9
	1000	10,1–10,5	10,4–17,3	12,9–20,6	–	–	–
	1050	11,8–13,3	5,5–12,9	8,7–16,5	1,97–2,04	22,5–53,0	12,7–17,0
	1100	14,0–15,5	2,1–4,5	3,4–7,1	–	–	–
	1150	Деформация и вспучивание					

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом пластического формования.

Всеволодо-Вильвепское месторождение

Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.19 и 2.20.

Таблица 2.19. Химический состав глины

SiO ₂	Содержание оксидов, %							Гигроскопическая влага, %
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	сумма	
65,50–69,00	13,97–16,80	4,61–5,80	2,01–4,45	1,93–2,96	сл.–0,34	4,72–6,24	98,27–99,44	4,20–4,96

Таблица 2.20. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,58–1,62	0,54–9,33	31,61–41,60	7,48–9,95	13,15–17,09	30,13–39,71

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.21.

Таблица 2.21. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
33,6–41,1	15,3–19,8	14,7–23,8	28,6–34,3	9,4–11,1	1,67–2,50
15,3–19,8					

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.22.

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования и пластического формования.

Таблица 2.22. Спекаемость и физико-механическая характеристика

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1140–1215	850	8,7–10,1	11,8–14,3	13,5–17,1	1,72–1,92	20,9–35,0	8,0–14,3
	950	9,0–10,8	10,3–13,6	12,5–15,8	1,80–1,95	26,4–42,5	10,0–19,8
	1000	9,5–12,4	7,8–12,1	10,7–15,6	1,95–2,02	–	–
	1050	11,5–14,4	4,5–7,1	6,0–10,3	2,05–2,19	19,3–65,0	16,6–23,0
	1100	14,5–17,1	1,4–6,0	2,2–8,3	2,17–2,30	–	–
	1150	13,2–15,4	1,78–1,90	2,8–3,1	2,06–2,17	–	–

Кишертское месторождение. Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.23 и 2.24 соответственно.

Таблица 2.23. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
63,31–67,60	14,85–16,92	5,15–6,40	1,17–3,57	0,22–2,18	сл.–0,50	4,41–6,76	96,13–98,45	4,21–5,96

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства канализационных труб, кирпича методом пластического формования и полусухого прессования.

На террасе р. Данилихи на разведанной площади под почвенным слоем в 0,5 м залегают коричневые глины мощностью до 5 м. Остаток на сите 008 – от 2,9 до 30 %; в остатке кварцевый песок буро-коричневого цвета.

Таблица 2.24. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,22–1,05	3,00–23,04	19,26–48,68	4,69–12,06	2,10–17,42	28,57–43,84

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.21.

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.26.

Таблица 2.26. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1170–1270	850	93–11,5	11,3–14,3	12,6–16,0	1,80–1,93	29,0–63,6	8,0–16,0
	950	10,0–11,5	9,1–13,5	10,3–15,9	1,80–2,0	30,0–54,0	3,5–12,5
	1000	10,0–1 ГЛ	9,6–12,8	11,1–15,2	1,85–2,16	–	–
	1050	12,8–15,3	5,4–9,1	7,3–13,1	1,91–2,14	31,0–70,0	10,0–2–,0
	1100	13,5–17,1	1,1–7,4	3,0–10,7	1,01–2,16	–	–

Влага в рабочем тесте составляет 23,10%, воздушная усадка – 5,98–10,32%. Глины признаны пригодными для производства кирпича.

На склоне горы Кременецкой залегают темно-бурые глины мощностью до 9 м, в среднем 4,5 м. Второй участок расположен на склоне горы Лодейной, в направлении к р. Косьве; мощность пласта глины от 1,5 до 8 м, средняя – 2,88 м.

Химический состав глины (%): SiO₂ 63,78; Al₂O₃ 18,12; Fe₂O₃ 6,61; CaO 1,98; MgO 1,67; ППП 4,76.

Технологическая характеристика глины приведена в табл. 2.27.

Таблица 2.27. Технологическая характеристика глины

Температура обжига, °С	Усадка, %		Водопоглощение, %
	огневая	общая	
900	0,10–1,7	7,06–8,74	13,10–17,56
1000	1,08–3,80	7,96–9,60	11,30–15,69
1050	2,40–5,29	9,50–12,74	8,19–12,89
1100	2,90–4,70	10,64–14,1	4,43–9,03

Свердловская область

У ст. Ревда разведано месторождение глины коричневого цвета мощностью до 3 м. Глины содержат гальку и щебенку местных кристаллических пород.

В районе Невьянска глины залегают двумя полосами с восточной и западной сторон гряды палеозойских известняков, имеющих простирание примерно с севера на юг и падение северо-восточное 75°. Пласт глины мощностью до 10 м и более представляет собой продукт выветривания с частичным перемывом (переотложением) с поверхности серицитовых и хлоритовых сланцев. В нижних горизонтах глины сохраняют текстуру этих сланцев, приобретая постепенно состав последних. Толщи сланцев имеют те же элементы залегания, что и известняки. Состав глин весьма непостоянен.

Сухоложское месторождение расположено на склоне долины р. Пышмы. Сложено бурыми глинами, лежащими на известняках, пластом мощностью 1–10 м, в среднем 3,5 м. Химический состав названных глин приведен в табл. 2.28.

Химический состав глины приведен в табл. 2.28.

Таблица 2.28. Химический состав глины

Месторожд дения	Содержание оксидов, %						ППП
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
Ст. Ревда	59,72–65,57	18,51–22,17	1,62– 3,48	3,21– 5,42	1,70– 2,15	0,40– 0,67	5,30–6,62
Невьянское	60,18–66,59	14,96–26,38	0,99– 11,44	0,89– 2,05	1,14– 1,08	–	4,95– 12,69
Сухолож- ское	49,00–77,86	11,85–31,71	3,25– 12,11	0,71– 2,77	0,63– 1,44	–	4,10– 11,53
Ст. Астиг	62,44–65,97	16,82–18,29	7,07– 7,10	1,07– 1,13	1,79– 1,90	–	5,19–6,67
Уктус	58,48–62,84	21,82–24,04	0,76– 2,20	4,50– 6,38	2,60– 3,89	–	4,94–5,30

Таблица 2.29. Технологические свойства глины

Влага в рабочем те- сте, %	Воздушная усадка, %	Темпера тура обжига, °С	Линейная усадка, %		Влажность, %
			огневая	общая	
27,2	10,2	920	0,2–0,7	10,6–10,9	10,4–11,1
		960	0,5–1,0	10,9–11,2	7,5–9,7
		1000	0,8–1,3	11,2–11,5	5,8–7,7

Механический состав этих глин (%)			
Сито, отв/см ²	900	4900	10 000
Остаток на сите, %	3,75–13,9	1,85–3,9	0,6–1,5

В районе Уктуса на левом берегу р. Патрушихи месторождения глин представляют собой мощные отложения аллювиальных глин на древних террасах реки. Мощность на площади достигает 6–8 м. Вскрыша – растительный слой.

Месторождение Гора Долгая. Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.30 и 2.31.

Таблица 2.30. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
66,40	15,57	6,10	5,65	2,70	0,52	7,44	97,58	5,49

Таблица 2.31. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
1,02	0,23	32,61	12,47	11,29	42,38

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.32.

Таблица 2.32. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности
Предел пластичности					
верхний	нижний				
33,0	15,4	17,6	22,3	9,5	1,14

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.33.

Таблица 2.33. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1145	850	10,7	11,3	12,1	1,90	24,0	9,0
	950	11,0	10,0	11,3	1,92	27,0	6,5
	1000	–	9,9	–	1,91	–	–
	1050	11,8	7,9	10,0	1,97	29,0	11,0
	1100	13,6	6,0	7,9	2,02	–	–
	1150	оплавление					

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования и пластического формования.

Месторождение Горный Щит. Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.34 и 2.35 соответственно. Керамические свойства глины приведены в табл. 2.36. Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведена в табл. 2.37.

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования.

Таблица 2.34. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
62,30	16,98	7,82	2,31	2,29	0,14	6,32	98,16	5,82

Таблица 2.35. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
7,02	7,48	19,61	8,37	12,28	45,24

Таблица 2.36. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предельная	усадка				
Предельная пластичности					
верхний	нижний				
47,4	17,8	29,6	37,4	11,6	5,99

Таблица 2.37. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение %		Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении	при сжатии	при изгибе
1285	850	12,1	9,5	10,7	40,6	7,6
	950	13,8	6,1	7,9	43,5	4,0
	1000	14,5	4,4	5,5	–	–
	1050	14,8	3,8	4,8	–	11,3
	1100	16,1	3,2	3,9	–	–
	1150	15,1	2,1	2,4	–	–

Таблица 2.38. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
62,88	14,47	8,23	4,21	3,08	0,64	4,96	98,18	4,75

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.39.

Таблица 2.39. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
4,44	14,68	21,42	10,16	1335	35,95

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.40.

Таблица 2.40. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
33,9	16,2	17,7	23,5	10,7	2,18

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.41.

Таблица 2.41. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1200	850	11,2	9,9	11,5	2,03	30	14
	950	11,6	8,9	11,1	2,04	40	15
	1000	11,7	8,0	10,5	2,06	–	–
	1050	13,3	5,2	9,3	2,15	50	21
	1100	13,4	5,4	8,4	2,15	–	–
	1150	15,0	0,8	1,6	2,22	–	–

Месторождение Елизаветинское. Химический состав глины приведен в табл. 2.38.

Преобладающими глинообразующими минералами в глине являются монтмориллонит с гидрослюдой.

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для, производства кирпича методом полусухого прессования.

Месторождение Косулинское. Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.42 и 2.43 соответственно. Керамические свойства глины приведены в табл. 2.44.

Таблица 2.42. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃ I	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
62,23	19,0	7,50	2,12	1,25	0,07	6,17	98,34	6,26

Таблица 2.43. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
11,82	16,36	7,93	5,04	10,40	48,45

Таблица 2.44. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
45,0	18,2	26,8	33,9	10,6	4,6

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.45.

Таблица 2.45. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1330	850	11,4	11,3	14,2	1,95	36	6
	950	9,4	9,4	11,2	2,04	38	6,5
	1000	8,0	8,0	10,7	2,06	–	–
	1050	6,7	6,7	9,6	2,10	39	7
	1100	6,5	6,5	9,5	2,12	–	–
	1150	4,5	4,5	8,3	2,13	–	–

Месторождение Нижнее-Туринское. Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.46 и 2.47 соответственно.

Таблица 2.46. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопиче
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	ская влага, %
62,35	16,75	6,50	2,20	1,95	0,01	4,71	96,47	4,20
64,35	17,00	7,25	2,20	1,90	сл	5,14	96,21	4,86

Таблица 2.47. Гранулометрический состав глины

№ пробы	Фракции		
	Глинистые	Песчаные	Пылеватые
1	18,64	40,0	41,36
2	29,15	40,0	30,75

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.48.

Таблица 2.48. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
31,7–36,6	18,2–18,9	13,5–17,7	28,5–28,7	9,8–10,8	2,11–2,55

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.49.

Таблица 2.49. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка %	Водопоглощение, %		Плотность г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1	2	3	4	5	6	7	8
1230–1270	850	10,2–11,4	11,3–12,0	10,0–13,4	1,94–1,97	22,8–25,8	10,0–13,0
	950	10,6–11,8	9,8–11,6	11,7–13,2	1,96–2,00	33,0–37,0	13,5–14,5

Окончание табл. 2.49

1	2	3	4	5	6	7	8
	1000	12,4–13,4	8,7–11,2	11,1–13,1	–	–	–
	1050	13,4–14,4	5,2–5,5	6,9–7,8	2,11–2,20	39,2–50,8	16,0–20,5
	1100	15,6–17,2	1,5–2,1	2,5–2,6	–	–	–
	1150	оплавление и деформация					

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича и пустотелых блоков методом пластического формования и полусухого прессования.

Месторождение Североуфалейский бокситовый рудник.

Химический состав глины приведен в табл. 2.50.

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.51.

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.52.

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.53.

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом пластического формования.

Таблица 2.50. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопиче
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	ская влага, %
60,66	17,24	7,02	3,61	2,61	0,24	5,05	96,44	3,89

Таблица 2.51. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,77	26,7	19,48	11,65	8,22	32,18

Таблица 2.52. Керамические свойства глины

Влажность, %			Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности						
верхний	нижний					
31,5	16,4		15	27	9,3	1,59

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом пластического формования.

Оренбургская область

В области легкоплавкие глины распространены почти повсеместно. Лессовые суглинки преимущественно аллювиального происхождения, мощностью часто до 10–15 м.

Ново-Пермское месторождение (Орский район) представлено аллювиальными глинами долины р. Урал и сложено бурыми лессовидными суглинками, содержащими иногда примеси гальки, мощностью 1–15 м, в среднем 6,7 м. Вскрыша – чернозем и супеси до 15 м. Суглинки вскипают от соляной кислоты. Известь содержится в равномерно рассянном состоянии.

Таблица 2.53. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
Легкоплавкая	850	9,7	11,6	13,6	1,79	35,6	10,5
	950	10,2	9,7	12,3	2,0	32,6	11,5
	1000	10,1	8,9	12,0	–	–	–
	1050	14,0	4,4	7,0	2,19	46,6	15,3
	1100	14,1	2,3	4,3	–	–	–
	1150	Оплавление J					

Химический состав глины приведен в табл. 2.54.

Таблица 2.54. Химический состав глины

Содержание оксидов, %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП
55,0	до 16,0	до 6,0	8 30	3,0	до 1,5	11,0

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.55.

Таблица 2.55. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размеры в мм >, размером в мм			
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	Менее 0,01
2,0–3,0	6,0–25,0	6,0–15,0	60,0–70,0

По технологическим свойствам глины при добавке песка до 30% пригодны для производства кирпича.

В районе г. Соль-Илецка развиты лессовые породы мощностью 3–4 м, представленные часто смещающимися разновидностями суглинков и супесей с переходом в пески. Для кирпичного производства эти породы дают низкокачественное сырье.

Химический состав глин приведен в табл. 2.56,

В районе г. Оренбурга кирпичным сырьем служат аллювиальные лессовидные отложения мощностью до нескольких метров. Под слоем этих пород расположены глины пермского возраста, по своим технологическим свойствам пригодные для производства кирпича.

Таблица 2.56. Химический состав глины

Содержание оксидов, %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП
67,44	10,53	4,93	7,15	1,02	сл	8,59

Орское (Алимбетовское) месторождение. Химический состав глины приведен в табл. 2.57.

Таблица 2.57. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
56,80– 57,26	14,10– 14,47	5,55	6,95– 7,47	2,72– 3,15	сл	9,26– 9,68	96,21– 96,75	4,52– 4,59

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл.

2.58. Таблица 2.58. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
1,43–1,44	1,86–3,62	23,84–26,23	9,66–11,17	17,81–19,89	41,49–41,56

Керамические свойства глины приведены в табл.2.59.

Таблица 2.59. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластич ности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
33,0–33,4	15,1–15,7	17,7–17,9	25,0–25,9	8,6–9,1	1,39–1,91

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.60.

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования.

Таблица 2.60. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1170–1180	850	9,7–10,0	10,2–10,6	11,2–11,7	1,93	32,5–37,0	15,0–17,5
	950	9,9–10,6	10,2–11,0	12,0–12,6	1,93	40,0–40,5	16,0–21,5
	1000	9,2–10,6	9,4–10,2	11,2–12,0	1,93–1,96	–	–
	1050	10,4–10,8	6,2–7,1	7,8–8,7	2,02	65,0–71,5	24,0
	1100	12,6–12,8	– 2,4–3,1	3,2–3,7	2,08–2,09	–	–
1150	12,8–13,2	2,2–3,1	2,2–3,2	2,11–2,13	–	–	

Бердинское месторождение. Химический состав глины приведен в табл. 2.61.

Таблица 2.61. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
62,15–65,55	11,05–11,38	3,08–4,16	6,8–7,92	2,75–3,12	0,07–0,38	7,5–8,22	96,96–97,89	2,55–2,90

В светлобурой разновидности преобладающий глинообразующий минерал – гидрослюда. Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.62.

Таблица 2.62. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,36–4,59	14,70–26,87	28,89–45,64	5,77–7,53	9,17–9,23	23,0–24,30

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.63.

Таблица 2.63. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
19,8–21,6	14,6–15,9	5,2–5,7	17,1–20,4	5,8–6,2	0,92–0,99

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.64.

Таблица 2.64. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1160–1180	850	5,3–5,9	14,4–15,1	16,8–17,6	1,78–1,81	14,0–18,0	5,0–7,7
	950		14,4–14,7	17,4–18,2	1,80–1,81	14,5–19,0	4,2–5,0
	1000	5,4–6,4	13,9–14,5	17,4–18,3	1,79–1,83	–	–
	1050	5,6–6,0	13,3–13,8	17,3–18,1	1,80–1,83	24,0–25,0	7,0–15,5
	1100	6,2	11,7–12,3	15,5–16,3	1,86–1,88	–	–
	1150	оплавление					

Месторождение Меновый Двор. Химический состав глины приведен в табл. 2.65.

Таблица 2.65. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
61,60	12,05	4,55	7,25	2,48	0,10	8,51	96,54	3,73

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.66.

Таблица 2.66. Гранулометрический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
60,21	12,19	4,83	7,63	2,87	0,17	8,77	96,67	2,86

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.67.

Таблица 2.67. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
24,2	15,1	9,1	21,5	7,7	1,52

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.68.

Таблица 2.68. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1160	850	8,1	13,2	15,3	1,84	25,0	8,0
	950	8,1	12,9	16,1	1,85	29,0	11,0
	1000	8,1	13,2	16,8	1,83	–	–
	1050	8,2	13,1	16,6	1,83	56,0	34,0
	1100	11,2	4,2	8,5	2,10	–	–
	1150	10,8	0,08	1,4	1,77	–	–

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования.

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования.

Месторождение Покровское. Химический состав глины приведен в табл. 2.69.

Таблица 2.69. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
61,60	12,05	4,55	7,25	2,48	0,10	8,51	96,54	3,73

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.70.

Таблица 2.70. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,20	12,50	38,52	8,28	10,35	30,15
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,15	12,22	44,31	8,57	8,07	26,08

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.71.

Таблица 2.71. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
предел	верхний				
23	15,4	7,6	18,3	6,6	1,26

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.72.

Таблица 2.72. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1160	850	6,0	14,3	15,4	1,86	23,0	6,0
	950	6,2	14,1	20,3	1,76	25,0	7,0
	1000	6,8	14,0	18,1	1,80	–	–
	1050	6,8	12,7	16,9	1,83	28,0	8,0
	1100	7,0	12,1	16,2	1,89	–	–
	1150	оплавление					

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования.

Месторождение Чебеньки. Химический состав глины приведен в табл. 2.73.

Таблица 2.73. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага,
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	%
62,75	14,86	4,75	5,87	2,20	0,14	7,97	98,54	4,7

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.74.

Таблица 2.74. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
1,55	6,79	35,48	10,75	11,41	34,08

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.75.

Таблица 2.75. **Керамические свойства глины**

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
25,6	16,2	9,4	20,7	9,0	2,07

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.76.

Таблица 2.76. **Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов**

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1155	850	–	12,6	14,8	1,85	28,0	11,7
	950	9,2	12,5	14,7	1,86	31,0	13,5
	1000	9,4	11,0	14,0	1,88	–	–
	1050	–	12,3	15,9	1,85	44,0	19,0
	1100	оплавление					

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования.

Челябинская область

Отложения третичного времени, представленные богатейшими залежами самых разнообразных глин как по химическому составу, так и по физическим свойствам, определяют возможность нахождения повсеместно глин, пригодных для производства кирпича. В данном случае для каждого конкретного момента лишь требуется доразведка и выяснение качества конкретного месторождения глин. Но в общем следует отметить, что глины отнесены к разряду дающих наиболее высококачественный кирпич.

Першинское месторождение. Глины относятся к аллювиальным, представлены главным образом суглинками различных цветов. Химический состав глины (в %): SiO₂ 69,1; Al₂O₃ 15,6; Fe₂O₃ 4,45; CaO 2,26; MgO 1,26; ППП 4,18. Месторождение не обладает постоянностью ни в

вертикальном, ни в горизонтальном проложении, обыкновенно перемешивается с глинистыми песками, носит линзообразную форму залегания, которая естественно отражается на условиях добычи качественной глины.

Полетаевские месторождение. Мощность пласта кирпичных глин колеблется от 3 до 9 м. Подстилающие породы: красные пески и каолинизированные продукты разрушения гранитов. Месторождение находится на южном склоне водораздела реки Миасс и реки Биргильды. Ближе к реке Биргильды залегают иловатые глины. Глина красная, достаточно отощенная, вполне пригодна для производства кирпича.

Брединское месторождение. Химический состав глины приведен в табл. 2.77.

Таблица 2.77. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	R ₂ O	
56,04	12,10	0,78	6,12	10,82	1,23	0,10	2,84	9,97

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.78.

Таблица 2.78. Гранулометрический состав глины

Фракции		
Глинистые	Песчаные	Пылеватые
17,0–20,0	22,0–23,0	58,0–60,0

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.79.

Таблица 2.79. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластич ности	Формовоч ная влаж ность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствитель- ности к сушке
Предел пластичности верхний	нижний				
36,8–40,5	23,4–25,3	13,4–15,2	14,8–22,0	5,1–7,6	0,53–0,75

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.80.

Таблица 2.80. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Температура об- жига, °С	Общая усадка, %	Водопогло- щение, %	Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа
1000	6,3–8,9	10,5–14,8	1,76–1,94	40,5–50,2

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом пластического формования.

Увельское месторождение. Месторождение приурочено к озерно-аллювиальным отложениям четвертичного возраста, разрез которых сложен почвенным слоем, бурыми суглинками и желтовато-серыми глинами.

Промышленная залежь пластообразной формы с размерами в плане 500х230 м, средней мощностью 2,2 м (0,5–4,4 м) сложена бурыми плотными суглинками и желтовато-серыми вязкими, плотными глинами. Суглинки содержат известковые включения, кварцевую гальку, содержание их колеблется от 0,12 до 9,8 %, размеры — от 2,0 до 37 мм.

Химический состав глины приведен в табл. 2.81.

Таблица 2.81. Химический состав глины

Содержание оксидов, %					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	ППП
65,2–69,1	12,6–19,4	2,3–3,4	1,97–4,26	0,39–0,50	8,15–9,58

Результаты испытаний кирпича:

- водопоглощение, % – 9,36–10,9;
- предел прочности при сжатии, МПа – 9,55–21,2.

Кроме упомянутых месторождений в Челябинской области эксплуатируются: Круглянское, Коркинское, Еманжелинское, Миасское, Златоустовское, Магнитогорское, Троицкое месторождения кирпичных глин.

Республика Башкортостан

В пределах Республики Башкортостан строительные глины представлены аллювиально-делювиальными глинами четвертичного возраста. Их залежи приурочены к террасам рек.

Мощность этих отложений достигает 7–10 м и более. Разведанные запасы в каждом случае исчисляются в несколько миллионов кубометров. По технологическим свойствам глины вполне пригодны для производства кирпича. Местами глины содержат известняковую гальку, но в очень ограниченных количествах, не отражающихся на качестве продукции.

Легкоплавкими (кирпичными, черепичными, цементными и т.д.) глинами Республика Башкортостан значительно более богата, нежели огнеупорными. На базе наиболее крупных месторождений развивается производство строительных материалов.

К наиболее значимым месторождениям относятся: Талалаевское, Тавтимановское, Шакшинское, Стерлитамакское, Баймакское, Белебеевское, Белорецкое, Давлехановское, Красноусольское, Ротмановское.

Стерлитамакское месторождение. Расположено около города Стерлитамак на плейстоценовой террасе р. Белой. Пласт глины мощностью до 10 м залегает под почвой (0,5–1,0 м). Химический состав глины приведен в табл. 2.82.

Таблица 2.82. Химический состав глины

Содержание оксидов, %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП
63,20–66,29	13,02–14,40	5,72–6,11	3,27–6,90	2,04–2,59	Не определены	4,49–5,08

Месторождение Казаяк. В низине у подножия гор развиты светло-бурые глины мощностью от 1 до 8 м. Содержат местами прослои и линзы известняковой гальки. Химический состав глины приведен в табл. 2.83.

Таблица 2.83. Химический состав глины

Содержание оксидов, %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП
59,84–62,52	10,73–16,34	5,46–6,55	1,50–5,59	0,39–2,37	0,61–0,74	10,96–11,46

Талалаевское месторождение. Химический и гранулометрический составы глины приведены в табл. 2.84 и 2.85.

Таблица 2.84. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
52,10–59,64	14,05–32,25	2,00–6,50	0,92–7,25	0,97–2,67	сл–0,17	8,46–12,70	97,24–100,63	4,46–7,38

Таблица 2.85. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,02–1,53	0,15–8,36	0,17–28,87	1,11–9,43	9,7–17,28	38,84–86,18

Керамические свойства глины приведены в табл. 2.86.

Таблица 2.86. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
31,8–68,7	16,1–32,2	15,7–36,5	28,9–56,0	8,8–13,7	1,67–3,28

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.87.

Таблица 2.87. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1150–1165	850	10,7–12,8	11,7–15,3	13,1–13,6	1,87–1,89	29,0–32,2	5,4–11,0
	950	10,7–10,8	10,5–11,1	11,2–13,7	1,88–1,92	32,2–32,7	5,6–11,8
	1000	10,8–10,9	9,6–10,9	11,1–12,7	–	–	–
	1050	11,0	8,8–10,0	10,5–11,7	1,89–1,92	–	18,4
	1100	12,3–12,6	1,3–3,4	2,6–5,7	–	–	–
	1150			Оплавленные			
1560–1620	850	8,8–13,7	15,3–25,3	16,7–29,0	1,80–1,83	37,7	7,4
	950	11,0–17,0	13,1–17,6	14,1–20,6	1,82–1,95	38,9	11,9
	1000	14,2–17,6	8,6–16,8	9,0–17,6	1,82–1,95	–	–
	1050	15,4–19,0	3,4–12,3	5,7–20,6	1,85–2,16	–	–
	1110	16,8–21,8	0,5–3,5	0,6–4,1	–	–	–
	1150	17,0–38,6	0,2–1,3	0,4–2,1	–	–	–

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом полусухого прессования и пластического формования.

Шакшинское месторождение. Химический состав глины приведен в табл. 2.88.

Таблица 2.88. Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
59,91–61,82	13,67–14,57	6,54–7,22	3,39–5,34	3,00–3,11	0,0–0,0	6,99–7,95	96,52–96,99	5,63–6,66

Гранулометрический состав проб глины приведен в табл. 2.89.

Таблица 2.89. Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
0,02–1,53	0,15–8,36	0,17–28,87	1,11–9,43	9,7–17,28	38,84–86,18

Керамические свойства глины приведены в табл.2.90

Таблица 2.90. Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
37,0–42,4	19,9–21,8	17,1–20,6	17,1–20,6	10,3–11,6	2,26–2,80

Спекаемость глины и физико-механическая характеристика образцов приведены в табл. 2.91.

Таблица 2.91. Спекаемость и физико-механическая характеристика образцов

Огнеупорность, °С	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %		Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа	
			на холоде	при кипячении		при сжатии	при изгибе
1170–1180	850	11,2–12,3	11,7–12,7	12,0–13,6	1,85–1,91	–	5,8
	950	11,4–13,5	6,9–10,8	9,7–13,3	1,91–1,95	32,9	11,0
	1000	11,6–14,2	5,9–10,6	9,5–14,8	–	–	–
	1050	13,6–15,8	2,7–5,3	4,1–6,7	1,98–2,10	45,2	17,0
	1100	14,4–15,2	0,2–1,6	2,6–1,6	–	–	–
	1150	оплавление					

Заводскими испытаниями установлена пригодность глины для производства кирпича методом пластического формования и полусухого прессования.

2.6. Бентониты

Бентониты – тонкодисперсные глинистые образования, представленные алюмосиликатами, состоящими на 80–90% из хорошо окристаллизованного диоктаэдрического монтмориллонита с примесью смешанослойных глинистых минералов и селадонит-глауконитовой слюды. В качестве парагенетических минералов характерны агат, халцедон, цеолиты, кристобалит, горный хрусталь, аметист, сульфидные минералы (галенит, халькопирит, сфалерит, пирит).

Бентониты образуются путем гидротермального метасоматоза субинтрузивных, эффузивных и вулканогенно-осадочных пород, в частности андезит-базальтовых порфиров, липарит- и трахит-базальтовых туфов и пеплов. Качественное разнообразие образовавшихся бентонитов зависит как от состава исходных пород, так и от состава термальных вод, их температуры. Наиболее благоприятные условия для преобразования вулканических стекол в монтмориллонит создавались при низких (50–220°C) и средних (200–300°C) температурах гидротерм и их высокой щелочности (pH = 9–10).

Бентониты, приуроченные к гумидной и аридной зоне метазенеза, подразделяются на морские и континентальные – пресноводно-озерные. В структурном отношении они приурочены к платформенным районам. Формировались они в эпохи ослабленной тектонической деятельности.

По качеству эти бентониты уступают бентонитам гидротермально-метасоматического и вулканогенно-осадочных типов. Однако они являются кондиционным формовочным сырьем в литейном производстве, используются для изготовления буровых растворов, высокосортного керамзита, а при активации и модернизации могут с успехом применяться в качестве адсорбентов, катализаторов в нефтехимической и пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и др.

Бентонитовые глины высокодисперсные, пластичные, поглощающие много воды при затворении, склонны к значительному набуханию (коэффициент набухания до 19%).

Бентонитовые глины содержат (мас. %): SiO₂ 56,0–60,0; Al₂O₃ 15,5–20,0; Fe₂O₃ 4,5–9,0, в лучших разностях до 1,0; Na₂O 2,5, для них характерна высокая емкость обменного комплекса (от 63 до 112 моль на 100 г сухой породы). По составу обменных катионов бентониты подразделяются на щелочные, где основным компонентом обменного комплекса являются катионы натрия и щелочно-земельные (кальциевые,

магниевого, кальцие-магниевого, магние-кальциевого), где больше половины обменных катионов принадлежат кальцию и магнию.

Щелочные бентониты характеризуются высокой набухаемостью, коллоидальностью, пластичностью и максимально возможной для глин связующей способностью. Они относятся в основном к категории высококачественного сырья, которое используется во многих отраслях промышленности.

Щелочноземельные бентониты характеризуются меньшей гидрофильностью и связующей способностью. Они, как правило, уступают по качеству щелочным бентонитам, в естественном состоянии к использованию в ряде отраслей промышленности пригодны мало.

Бентониты обладают высокой связующей способностью, адсорбционной и каталитической активностью. Глины с меньшим, но преобладающим, содержанием монтмориллонита называются бентонитоподобными.

Реакционноспособность бентонитов, по-видимому, зависит не только от их структурных особенностей, но и от предельно тонкой величины зерна. Они, например, содержат более 40% материала менее 0,06 мкм, в то время как глины около 5–20%, каолины 0,5–1,5%.

Анализ особенностей продуктивных на бентониты геологических формаций, а также состава и свойств бентонитов отечественных и зарубежных месторождений позволил установить принадлежность Уральских бентонитов к гидротермально-метасоматическому, вулканогенно-осадочному, осадочному и элювиальному типам.

Для прогноза и поисков новых месторождений бентонитов в Уральском регионе могут представлять интерес районы активизации тектогена и миграции ювенильных растворов в областях завершающей складчатости и краевых частей платформ. Примером может служить месторождение Южное Убаганской группы в Северном Казахстане (Тургайский прогиб), тяготеющее к тафросинклиналям пермо-триасового возраста.

К терригенно- и коллоидно-осадочным месторождениям относится Зырянское месторождение щелочноземельных бентонитов (Курганская область). Окраска бентонитов обычно темная, излом зернистый, реже раковистый, в воде распускается без заметного набухания. При высушении плотные разности становятся камнеподобными, слоистые расщеливаются по напластыванию.

Эти бентониты на 60–70% состоят из кальций-магниевого монтмориллонита. В качестве примесей в них присутствуют смешанослойные глинистые минералы, гидрослюды, палыгорскит, каолинит и редко аллофан.

Химический состав бентонита (мас. %) на абсолютно сухое вещество: SiO₂ 54,81; Al₂O₃ 16,12; Fe₂O₃ 6,28; FeO 0,14; TiO₂ 0,93; CaO 2,2; MgO 1,56; K₂O 0,69; Na₂O 0,38; SO₃ 0,07; CO₂ 2,36.

К элювиальному типу относятся в основном щелочноземельные бентониты, образуемые путем глубокого субаэрального выветривания и физико-химического изменения интрузивных, эффузивных и осадочных пород.

Из интрузивных пород наиболее благоприятны ультрамафитовые, ультраосновные, реже основные (серпентиниты, передониты и др.), богатые соединениями железа и магния. По ним образуются нонtronитовые глины, близкие по свойствам к бентонитам. Они используются как связующий материал для окомкования железорудных концентратов и в литейном производстве (Сахаринское и другие проявления на Южном Урале).

Из эффузивных пород наиболее благоприятные для формирования элювиальных бентонитов – кислые, реже основные породы – липариты, андезит-липариты и андезиты. По ним образуются светлые маложелезистые щелочноземельные и смешанные бентониты (Усть-Маньинское проявление на восточном склоне Северного Урала).

В 2000 г. по инициативе ЗАО «НП «Челябинское рудоуправление» были начаты работы по прогнозной оценке восточной части Челябинской области на бентонитовые глины для многоцелевого использования.

По геологическому изучению территории Челябинской области предполагаемая территория залегания бентонитовых глин располагается в пределах развития кайнозойских отложений – чеганской свиты палеогена и аральской свиты неогена. С этими толщами связывают бентонитоносные осадки (монтмориллонитовые глины) морского и континентального генезиса.

Площадь месторождения ограничена территорией развития континентальных отложений миоцена (аральская свита) и морских осадков верхнего эоцена (чеганская свита) от пос. Калачевка на севере до г. Троицка на юге.

По прогнозам установлено наличие бентонитов хорошего качества.

Результаты полуколичественного анализа показали, что в составе глины содержится кристаллический кварц (не более 50 мас. %) и смектиты со смешанным заполнением межслоевых промежутков одно-преобладающая форма) и двухвалентными катионами (до 40 мас. %), а также гидрослюда типа иллита и рентгеноаморфное вещество.

Кристаллический хлорит в пробах не установлен. В состав смектитов может входить незначительная примесь хлоритовых слоев с образованием смешаннослойного неупорядоченного минерала смектитового типа.

Химический анализ бентонита показал следующее содержание основных компонентов (мас. %): CaO – 0,05, MgO – 1,18, K₂O – 1,84, Na₂O – 1,91.

Результаты химического анализа подтверждают данные рентгеноструктурного анализа: изученная проба состоит из кварца и смектитового минерала со смешанным заполнением межслоевого пространства с преобладанием одновалентных катионов.

Работы прекращены ввиду отсутствия финансирования на окончание лабораторных испытаний проб бентонита.

Зная проблемы Челябинской области в охране окружающей среды (удаление радионуклидов с пораженных участков) было бы целесообразным профинансировать и закончить лабораторные испытания, оценить прогнозные ресурсы по категориям и выдать рекомендации по дальнейшему освоению месторождения.

Самыми известными месторождениями бентонитовых глин Урала являются: Зыряновское (Курганская область) – утвержденные запасы по категориям А+В+С1 – 27 960 тыс. тонн, добыча – 40 тыс. тонн в год, Березовское (Свердловская область) – утвержденные запасы – 6 000 тыс. тонн, добыча – 10 тыс. тонн, Ново-Ивановское (Республика Башкортостан) и другие.

3. КАОЛИНЫ УРАЛА

3.1. Нормальные каолины

Все известные месторождения каолинов расположены, главным образом, на восточном склоне Урала, в пределах гранитных массивов и кварцево-серицитовых сланцев. Наиболее качественные каолины Урала генетически связаны с корой выветривания микроклиновых гранитов Восточно-Уральского тектонического поднятия и прослеживаются на всем протяжении восточного склона Урала, начиная с севера, до Мугоджар на юге, образуя огромную каолиноносную провинцию.

Урало-Мугоджарская каолиноносная провинция является одной из крупнейших в бывшем СССР как по запасам сырья, так и по количеству разведанных и эксплуатируемых месторождений. На Урале и в Мугоджарах зарегистрировано более 100 месторождений и проявлений как первичного, так и вторичного каолина. В составе Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции выделено три субпровинции: Среднеуральская (Свердловская область), Южноуральская (Челябинская область), Мугоджарская (Оренбургская и Актюбинская области).

Для Среднеуральской субпровинции характерно преобладание слюдистых элювиальных каолинов, некоторые залежи из которых ныне разрабатываются (Невьянское месторождение). В то же время «гранитные» каолины имеют здесь ограниченное распространение и не получили пока промышленной оценки.

На Южном Урале изверженные породы образуют крупные массивы, на которых находятся наиболее крупные месторождения каолина. В пределах Южноуральской субпровинции выделено несколько каолиноносных районов, представляющих промышленный интерес. В целом для этой субпровинции основным промышленным типом являются «гранитные» каолины. Наиболее благоприятными предпосылками выявления новых залежей высококачественных каолинов характеризуется Кочкарский каолиноносный район. По степени изученности и промышленной значимости эта территория занимает на Урале первое место.

Мугоджарская каолиноносная провинция представлена двумя каолиноносными геоморфологическими зонами: пенеplen Восточных Мугоджар (южная часть Зауральского пенеплена) и Замугоджарский пенеplen, где площади, занятые корами выветривания, составляют 60% всей территории. Лучшая сохранность кор выветривания отмечается в центральной части субпровинции, где располагаются основные месторождения каолинов.

В генетическом отношении все месторождения каолинов Урала связаны с мезозойской корой выветривания палеозойских и допалеозойских кристаллических пород, сформировавшихся в условиях теплого и влажного климата на обширных пенеplенизированных просторах восточного склона Урала и Мугоджар. В отношении высококачественных каолинов, удовлетворяющих требованиям тонкокерамического производства, следует считать участки выветривания лейкократовых разновидностей микроклиновых гранитов Восточно-Уральского поднятия. Подобного типа граниты в виде мелких тел отмечаются на некоторых гранитных массивах Урала и особенно Мугоджар. Довольно высокое содержание калиевого полевого шпата в гранитах (до 4%) можно рассматривать как благоприятную предпосылку для формирования залежей щелочных каолинов, являющихся очень ценным сырьем в керамическом производстве. Однако специальных работ по их оценке не проводилось.

Рассматривая основные характеристики главнейших месторождений каолинов Урала, следует заметить, что самостоятельные субпровинции, в состав которых входят отдельные месторождения и группы месторождений, характеризуются относительно близким качеством сырья и приуроченностью к коре выветривания определенных магматических или метаморфических комплексов.

Среднеуральская каолиноносная субпровинция. В ее состав входят две геоморфологические зоны: на западе – остаточные горы восточного склона Урала, на востоке – приподнятый и отпрепарированный пенеplen Северного и Среднего Урала, в зоне которого площади, занятые корой выветривания, составляют лишь 30%. Верхняя каолинитовая часть профиля коры выветривания этой субпровинции, как правило, размыта. Гранитные массивы, расположенные обычно в ядрах антиклинарных структур, подверглись эрозии и почти полностью лишены кор выветривания; если она сохранилась, то локализована вдоль контактных зон или бортов

древних эрозионно-структурных депрессий. Относительно лучшая сохранность кор выветривания отмечается в синклинальных структурах, каолины в которых возникли преимущественно в результате выветривания слюдяных сланцев.

В пределах Среднеуральской субпровинции можно выделить два каолиноносных района – Невьянский и Сысертский.

Невьянский (Ключевской) каолиноносный район представлен группой мелких залежей элювиальных каолинов, месторождения которых расположены в окрестностях г. Невьянска (Свердловская область). Каолины возникли в результате выветривания кварцево-сланцевых сланцев и приурочены к бортам Ивдельско-Тагильской эрозионно-структурной депрессии. Все эти мелкие залежи составляют Невьянское месторождение. Геологоразведочными работами оконтурены четыре промышленные залежи: Ключевская, Березовое болото, Трошинская и Цемзаводская.

Указанные залежи светлоокрашенных каолинов морфологически представляют собой тела неправильной формы в пестроцветном массиве коры выветривания кварцево-сланцевых сланцев и, как правило, тяготеют к контактам этих сланцев с верхнесилурийскими известняками. Залежи вытянуты вдоль зон контакта, достигая длины 500–600 метров при ширине 50–250 м (Ключевская, Березовое болото). Глубина каолинизации варьирует от нескольких метров по краям залежи до 50–100 м в центре. Максимальная мощность каолинов Ключевской залежи 110 м, мощность светлоокрашенных разностей не более 50–60 м. Значительная часть продуктов выветривания имеет интенсивную окраску – желтую, красную, бурую, что указывает на высокий процент содержания в них оксидов железа, намного превышающий требования ГОСТа на каолин. Белые разности каолина приурочены к отдельным участкам. Белые каолины содержат в среднем от 0,2 до 2,0% оксидов железа, содержание которых в цветных каолинах достигает до 10% и выше.

Невьянское (Ключевское) месторождение расположено в Свердловской области в 3–5 км к юго-западу от г. Невьянска. В настоящее время эксплуатируется только Ключевской участок. Продуктивный слой представлен глинистыми и каолиновыми образованиями (первичными каолинами). Цвет каолина непостоянен. Он содержит в своем составе минеральные красители, количество которых также меняется от

пласта к пласту, от участка к участку. Преобладающий цвет каолина белый с зеленоватым оттенком. В южной части месторождения встречаются разновидности, окрашенные в желтый, розовый и лиловый цвета.

Вещественный состав невьянских каолинов наиболее полно изучен по образцам из Ключевской залежи. По данным гранулометрического анализа, в их составе преобладают тонкие Фракции (менее 0,05 мм), содержание грубых фракций (более 0,05 мм) обычно не превышает 10%. Максимальное количество зерен размером более 1 мм не превышает 20%, размером менее 0,001 мм – 8%. В связи с этим невьянский каолин можно отнести к группе непластичных грубодисперсных материалов (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Гранулометрический состав невьянских каолинов

	Содержание фракций в %, размером в мм					
Разности	1 – 0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
Желтая	0,28	5,63	29,97	34,24	23,36	6,52
Серая	2,97	3,30	56,68	22,07	10,30	4,54
Белая	1,08	0	10,27	35,66	48,09	5,54

Особенностью минерального состава невьянских каолинов является очень низкое содержание в них каолинита: во фракции более 0,005 мм не более 10–15%, и лишь в самых тонких фракциях менее 0,005 мм – 40–60%. Во всех фракциях отмечается повышенное содержание слюдяного минерала (30–60%). По данным рентгеноструктурного анализа образца из Ключевского карьера, наряду с мусковитом в каолине присутствует парагонит, иногда в гадающих количествах, что объясняется повышенным содержанием Na₂O в ряде проб невьянского каолина (до 2–3%).

Повышенное содержание щелочей в невьянских каолинах, зависящее от присутствия слюдяных минералов (парагонита и мусковита), обуславливает их низкую температуру спекания. Огнеупорность каолина колеблется от 1500 до 1730°C. Почти во всех фракциях отмечается присутствие рутила в виде отдельных игольчатых кристаллов или их сростков (3–5%). Минеральный состав каолина представлен каолинитом (60–65%), слюдой (25–30%), кварцем (2–3%), другими минералами (2–3%). Белые каолины являются смесью каолинита с серицитом, с примесью кварца и серицитовых сланцев; серые каолины

представлены в основном гидрослюдой с примесью оксидов железа, рутила и турмалина.

Химический состав невьянских каолинов приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Химический состав невьянских каолинов

Наименование разности	Содержание оксидов, %							Сумма
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	
Желтая	64,74	21,0	7,0	0,6	2,05	сл	3,89	99,28
Серая	54,07	30,12	3,0	сл	1,3	0,12	7,04	95,65
Белая	49,48	34,5	1,5	сл	1,4	0,37	9,0	69,25

По химическому составу невьянские каолины относятся к полукислому сырью с небольшим, но довольно постоянным содержанием выгорающих и удаляемых при обжиге примесей. Потери при прокаливании составляют от 3,5 до 9,5%. Следует отметить повышенное количество в каолине оксидов щелочных металлов, которое колеблется от 1,5 до 7%, а на отдельных участках достигает 11%. Однако, несмотря на высокое содержание щелочных оксидов, каолины классифицируются в основном как неспекающиеся. Содержание свободного кварца в каолине колеблется от 7 до 35%. Каолин относится к группе малочувствительных к сушке материалов, его коэффициент чувствительности составляет менее 1 (в основном 0,6–0,7 и реже 0,9). По огнеупорности каолин относится к низкоогнеупорному (1540–1620°C) и тугоплавкому сырью. Технологические испытания невьянских каолинов позволили выделить две основные разности: спекающиеся (Н – СП) и неспекающиеся (Н – НС); спекающиеся разности преобладают и составляют на Ключевской залежи 67,7%, на участке Березовое болото – 64,2%.

На дифференциальных кривых нагревания белого каолина наблюдается один интенсивный эндотермический эффект при 590°C, обусловленный дегидратацией каолинита. При 950°C обнаружен слабый экзотермический эффект, объясняемый образованием промежуточной метастабильной фазы в виде алюмокремниевой шпинели Si₃Al₄O₁₂. Значительная примесь кварца сглаживает четкость каолинитовых эффектов. Результаты технологических испытаний показали, что невьянские каолины следует рассматривать как ценное низкоспекающееся огнеупорное сырье.

Керамические свойства невьянских каолинов приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Керамические свойства невянских каолинов

Показатели	Тип каолина	Значение	
		от	до
Огнеупорность, °С	н-сп н-нс	1610 1670	1690 1740
Водопоглощение после обжига, % при 1300°С	н-сп н-нс	0,1 3,1	3,0 28,6
Полное водосодержание, %	н-сп н-нс	20,8	31,9
Число пластичности по Атгербергу	То же	2,0	8,0
Связность, МПа	То же	5,4	10,6
Усадка после обжига, % при 1200°С 1300°С	То же	6,3 7,9	19,6 24,1
Пористость после обжига, % при 1200°С 1300°С	То же	1,14 0,92	46,25 28,85
Плотность после обжига, г/см ³ при 1200 °С 1300°С	То же	1,43	2,36
		1,83	2,22

Сысертский каолиноносный район, подобно Невьянскому, характеризуется широким развитием мелких залежей элювиальных каолинов, расположенных в окрестностях г. Сысерти (Свердловская область) и генетически связанных с корой выветривания кварцево-сланцевых сланцев палеозоя. Эти залежи (Сысертская, Паньковская, Белоглинская, Черновская, Казаринская, Кадниковская и др.) расположены в прибортовой зоне Иткульско-Сысертской эрозийно-руктурной депрессии, и, как правило, приурочены к контактам сланцев с карбонатными породами.

Сысертское месторождение характеризуется низким качеством сырья, поэтому перспективы его освоения весьма проблематичны.

В пределах Среднеуральской каолиноносной субпровинции зарегистрировано большое количество проявлений каолинов. В районе г. Полевского отмечены Гумышевское, Ивановское, Баженовское и ряд других каолинопроявлений, приуроченных к коре выветривания талько-хлоритовых сланцев. В связи с ограниченными размерами залежей и низким качеством сырья они не представляют промышленного интереса. Группа каолинопроявлений (Нюксинское, Салдинское, Гареевское и др.) пространственно и генетически связанных с корой выветривания гранитов, гнейсов и слюдяных сланцев, известна в северной части субпровинции. Эти проявления почти не изучены. Одной из актуальных задач является выявление промышленных залежей каолинов, приуроченных к коре выветривания гранитоидов.

Южноуральская каолиноносная субпровинция – территориально соответствует восточному склону Южного Урала и граничит на севере со

Среднеуральской, а на юге, примерно на широте поселка Кваркено (Оренбургская область), с Мугоджарской каолиноносной субпровинцией. В ее пределах выделяются две основные геоморфологические зоны: Зауральский пенеппен, с хорошо сохранившимися корами выветривания (51,7%), и отпрепарированный Зауральский пенеппен (южная стабильная часть), где корами выветривания покрыто 61% территории. Зона приподнятого Зауральского пенеппена, прослеживающаяся вдоль западной части субпровинции, в отношении каолиноносности мало перспективна, так как здесь коры выветривания имеют ограниченное развитие (11,7%).

В пределах Южноуральской каолиноносной субпровинции выделяются: Кыштымский, Челябинский, Чебаркульский, Джабык-Карагайский и Кочкарский каолиноносные районы.

Кыштымский каолиноносный район представлен Кыштымским месторождением, приуроченным к коре выветривания инъекционных гнейсов. Геологоразведочными работами оконтурено несколько залежей элювиальных каолинов, среди которых наиболее крупными являются: Центральная, Западная и Южная. Геологическое строение домезозойского фундамента на месторождении довольно сложное и характеризуется чередованием лейкократовых и меланократовых (биотитовых, биотито-амфиболовых) гнейсов с амфиболитами и сланцами. Этот гнейсо-амфиболитовый комплекс пронизан многочисленными мелкими телами аплитов, гранито-порфиоров, пегматитов и кварцевыми жилами. Очевидно, что такое петрографическое разнообразие исходных пород не могло не сказаться на качестве кыштымских каолинов, представленных продуктами их выветривания. В связи с этим в пределах одной залежи отмечается непрерывное чередование высококачественных светлоокрашенных каолинов, возникших за счет каолинизации маложелезистых существенно полевошпатовых пород (лейкократовых гнейсов, аплитов, пегматитов) с низкокачественными каолинами по биотито-амфиболовым, биотитовым гнейсам и амфиболитам, характеризующимся относительно высоким содержанием красящих оксидов.

Наряду с каолинитами, глинистая фракция которых почти полностью представлена каолинитом, встречаются разности с повышенным содержанием слюд (до 40%). Такое разнообразие в вещественном составе кыштымских каолинов отрицательно сказывается на качестве сырья.

Каолины Кыштымского месторождения залегают непосредственно под почвенным слоем мощностью до 2 м. Различают четыре основные литологические разновидности каолина: белый с сероватым или желтоватым оттенком; зеленовато-серый жирный; зеленовато-серый песчаный; зеленый, встречающийся в основном в виде примесей к белому. Зеленые разновидности отличаются от белых повышенным содержанием Fe_2O_3 . Наибольшее содержание Al_2O_3 характерно для зеленой разновидности. Основным типом каолина месторождения является белая разновидность.

По минеральному составу кыштымский каолин-сырец представляет собой сильно песчаную гидрослюдисто-каолиновую массу светложелтого цвета, состоящую в основном из каолинита, кварца, мусковита и гидроксидов железа.

В ничтожном количестве в каолине присутствуют: тремолит, биотит, хлорит, гранат, карбонаты, турмалин, корунд и рутил. Кварц встречается как в виде кусков гальки (3–5 см), так и в виде мелких зерен размером от 2–3 мм до 10–15 мкм. Минеральный состав некоторых проб кыштымского каолина приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Минеральный состав некоторых проб кыштымского каолина, мас. %

Наименование образца	Каолинит	Кварц	Гидрослюда	Показатель преломления тонкой фракции	Фракция 0,05 мм
1	95,0	3,0	2,0	1,561–1,516	каолинит
2	94,0	1,0	5,5	1,559–1,562	гидрослюда, кварц, карбонат, биотит
3	95,0	Единичные зерна	5,0	1,556–1,560	единичные зерна

По минеральному составу все пробы аналогичны. Проба 2 отличается большой крупностью частиц каолинита во фракции 0,05 мм.

Червообразные сростания частиц здесь редки, преобладают крупные листочки. Глинистые минералы состоят из смеси каолинита и гидрослюда. Каолинит состоит из частиц в виде крупных, слабо двупреломляющих листочков и чешуек сноповидной и веерообразной формы и волокнистых скоплений.

Гидроксиды железа встречаются в виде тончайших пленок на кварце и пигментируют другие минералы, входящие в состав каолиновой

массы. Примерное содержание минералов в каолине-сырце: кварца – 50%, глинистых минералов – 37%, мусковита – 10,5%, гидроксидов железа – 1,0%, прочих – 1,5%.

Гранулометрический состав некоторых проб кыштымского каолина приведен в табл. 3.5.

Таблица 3.5. Гранулометрический состав проб кыштымского каолина

Проба	Содержание частиц в %, при размерах их в мм (диспергатор – пирофосфат натрия)				
	Более 0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
1	5,43	19,96	15,53	23,97	35,11
2	2,84	17,83	17,37	31,75	30,21
3	5,86	23,02	15,04	29,28	26,80

Минеральный состав фракций кыштымского каолина приведен в табл. 3.6.

Таблица 3.6. Минеральный состав фракций кыштымского каолина

Состав фракций, мкм							
Более 60		5– 10		1–5		Менее 1	
каолинит	примеси	каолинит	примеси	каолинит	примеси	каолинит	примеси
Крупные листочки и чешуйки 1, 566	Слюда (1,581), кварц, рудные примеси: гранат, турмалин, рутил, карбонаты	Кристаллические, образующие сноповидные и веерообразные скопления	Гидро-слюда 1,575	Агрегаты каолинита и чешуйки	Неопределяются	Войлокоподобные скопления 1,554	Неопределялось

Анализ табличных данных кристалличности каолинов различных месторождений (табл. 3.7) показывает, что каолины Кыштымского месторождения имеют менее совершенную структуру, чем украинские (Просьяновского и Глуховецкого месторождений). Химический состав кыштымских каолинов близок к украинским (табл. 3.8).

Таблица 3.7. Химический состав каолинов важнейших месторождений Российской Федерации и стран СНГ

Месторождение	Содержание оксидов, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	щелочи	ППП
1	2	3	4	5	6	7	8
Глуховецкое Сырец Обогащенный	65,32–69,60 46,09–47,87	22,4–27,32 37,45–39,76	22–0,52 0,32–0,95	0,32–0,45 0,13–0,50	Сл 0,0–0,22	0,14–0,23 сл–0,15	7,88–7,82 13,26–13,7
Просяновское Сы- рец Обогащенный	65,0–69,7 46,07–46,85	21,82–26,8 37,92–39,87	0,84–1 0,30–0,73	0,40–0,73 0,15–0,56	0,08–0,28	0,3–1,09	4,90–7,94 13,34–13,97
Майдан-Вильское Сырец Обогащенный	8,0–76,0 44,82–46,37	15,0–27,0 33,85–36,84	0,5–0,4 1,72–2,99	0,70–2,0	0,22–0,32	0,38–1,05	5,8 13,2–13,73
Положское Сырец Обогащенный	50,35–52,71 45,72–48,78	31,16–33,6 34,4–38,04	0,83–1,32 0,71–1,45	0,40–0,60 0,5– 0,55	0,09–0,14 0,11–0,78	0,26–0,42 0,32–0,52	11,76–15,02 13,02–13,67
Белая Балка Обогащенный	47,26–47,88	37,65–38,67	0,11–1,5	0,15–0,55	Сл–0,20		12,48–13,58
Дубровское Сырец Обогащенный	58,01–76,64 46,54–49,5	8,98–27,73 35,8–36,48	0,40–0,96 0,63–1,19	0,10–1,20 0,0– 0,86	0,07–0,94 0,0–0,86	0,95–9,65 1,54–2,41	2,13–6,93 10,33–13,34
Алексеевское Сы- рец Обогащенный	69,8–71,53 46,7–48,92	18,4–21,36 37,2–37,86	0,71–1,75 0,95–1,13	Сл–0,19 0,10– 0,39	0,32–0,57 0,03–0,10	0,72–1,12 1,62–2,33	6,73–6,85 11,48–12,51
Чалганское Сырец Обогащенный	78,85–78,95 50,0–55,0	12,9–13,78 31,35–34,45	0,32–0,40 0,6–0,8	0,0–0,5	–	2,37–2,53 1,21–3,42	4,23–3,95 9,0–11,0
Новоселицкое Вто- ричный Вторичный	44,09–45,88 39,88	37,05–44,0 40,55	0,25–0,84 0,55	0,35–0,43 0,40	0,61	–	13,85–14,39 16,78

Окончание табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Ангренское Сырец первичный Сырец вторичный	61,7 60,9 46,5 47,0	22,26 24,3 37,0 36,7	4,16 2,2 0,9 1,32	0,63 0,39 0,63 0,70		0,50 1,51 1,49	9,32 11,7 11,6 13,2
Кыштымское Сырец Обогащенный	69,0–73,5 46,0–49,6	18,62–21,77 36,1–38,5	0,4–1,1 0,5–1,03	0,24–0,65 0,1– 0,58	0,2–1,5 0,2–0,76	Сл–1,11 0,39–0,6	6,9–8,2 12,2–13,71
Журавлиный лог Сырец обогащен- ный	63,9–69,7 46,5–49,19	19,8–24,9 35,3–38,6	0,05–0,7 0,4–1,04	0,39–1,12 0,41–1,05	0,1–0,58 0,10–0,8	0,42–3,3 0,42–2,2	5,9–9,8 12,0–18,6

79

Качество кыштымских каолинов на различных участках месторождения неоднородно, как по гранулометрическому, так и по минеральному составу. Однако переход производства на гидроциклонное обогащение позволил значительно повысить качество каолина. Содержание механических примесей в кыштымском каолине колеблется в пределах 1–3%, содержание свободного кварца в некоторых партиях каолина достигает 4,7%.

Таблица 3.8. Кристалличность некоторых каолинов Урала

Месторождение	Количество проанализированных		Изменения значений индекса кристалличности К (по Хинкли)	Пределы изменений показателей кристалличности по Джонсу – Сюррею
	проб	фракций		
Кыштымское	1	1	0,96	0,4
Еленинское	1	1	1,19	0,5
Журавлиный лог	4	4	0,83	0,7
Просяновское	27	27	1,68–1,40	–
Глуховецкое	2	6	1,68–1,65	–

Несмотря на значительное количество красящих оксидов (от 0,47 до 1,5%, в среднем 0,86%), кыштымские каолины широко применяются в химической промышленности, главным образом, в производстве хлористого алюминия, а также служат ценным сырьем для производства электротехнического фарфора, строительной керамики. В сыром виде каолины используют в огнеупорном производстве. Каолин Кыштымского месторождения на протяжении длительного времени изучали в НИИФ, НИИЭК, НИИСтройкерамика, Уралмеханобр, в производственных условиях многих керамических предприятий.

Технологические и керамические свойства кыштымских каолинов приведены в табл. 3.9–3.13.

Состав растворимых солей и поглощенных оснований, содержащихся в кыштымском каолине (в мг–экв. на 100 г), приведен в табл. 3.14.

Кроме приведенных данных, необходимо обратить внимание на отношение кыштымских каолинов к воде. При взбалтывании каолина-сырца с достаточным количеством воды не образуется устойчивой суспензии. Песок сразу же выпадает из нее плотным осадком на дно, так что отделение глинистой части пропусканием через сито невозможно. Образовавшаяся муть может быть сразу же слита; при стоянии ее оседание твердых частиц также происходит очень быстро и жидкость осветляется через два–три часа. Воздушно-сухой каолин свободно впитывает воду, образуя малопластичную массу, причем влага легко распределяется по всей массе равномерно. Так же легко происходит и отдача воды каолином при сушке без деформации.

Таблица 3.9. Технологические свойства кыштымского каолина

Показатели	Значения
1	2
Емкость катионного обмена, г/моль × 10 ³	16,3

Окончание табл. 3.9

Порог структурообразования, г/см ³	1,2–1,355
Связующая способность	низкая
Полное водосодержание, %	24,6–32,6
Водозатворяемость, %	32,6–48,5
Зыбкость, мм	8,12–10,25
Концентрация водородных ионов в водной вытяжке pH	8,5
Способность к формованию	хорошая
Отношение к сушке при 110°C	Образцы быстро высыхают, деформация не регистрируется
Гранулометрический состав, % менее 5 мкм менее 1 мкм менее 20 мкм	99,33 –
Остаток на сите, % №02 №0056	0,02–0,15 0,8–2,5
Температура спекания, °C	1400–1450
Огнеупорность, °C	1690–1730
Белизна, %	82

Таблица 3.10. Керамические свойства кыштымского каолина

Проба	Влажность, %	Воздушная усадка, %	Общая усадка в % после обжига при температуре, °C			Водопоглощение в % после обжига при температуре, °C		
			1320	1350	1380	1320	1350	1380
1	33,2	6,2	15,8	17,7	18,0	13,3	10,4	8,8
2	32,5	4,7	15,2	16,4	17,0	13,1	10,3	8,9
3	32,8	4,5	13,0	15,2	15,2	15,0	11,3	10,3

Таблица 3.11. Предел прочности при изгибе кыштымского каолина

Проба	Высушенных и обожженных образное, МПа				
	Воздушно-сухие	110°C	1300°C	1350°C	1380°C
1	4,4	7,4	80,0	85,0	90,0
2	1,2	2,8	68,0	72,0	–
3	1,9	4,4	60,8	73,0	84,5

Таблица 3.12. Спекаемость кыштымского каолина

Свойства	Температура обжига, °С			
	1150	1200	1250	1300
Водопоглощение, %	23,9	20,0	18,8	15,8
Плотность, г/см ³	1,63	1,7	1,77	1,89

Таблица 3.13. Усадка и водопоглощение кыштымского каолина

Состояние черепка	Каолин сырец, среднее значение		Каолин обогащенный, среднее значение	
	Усадка, %	Водопоглощение, %	Усадка, %	Водопоглощение, %
После сушки при 110°С	2,0	–	2,2	–
После обжига при 900°С	2,8	35,0	3,6	31,7
1000°С	3,2	30,6	4,1	30,4
1100°С	4,8	28,7	6,1	28,2
1200°С	6,1	26,1	8,1	25,9
1280°С	6,5	34,8	9,3	23,7
1350°С	7,2	22,0	9,7	22,9
1480°С	9,5	18,5	12,9	18,9

Таблица 3.14. Состав растворимых солей и поглощенных оснований в кыштымском каолине

Содержание, мг-экв на 100 г глины						
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	ОН ⁻	Cl ⁻	SO ²⁻ ₄
0,92	0,08	0,12	1,42	0,5	1,4	0,51

Отмученные каолины по составу приближаются к теоретическому каолиниту. Однако в обогащенном каолине присутствуют включения железистого характера, которые вызывают при обжиге окраску материала в грязноватые тона и появление мелкой темной мушки. Кроме того, следует отметить, что из обогащенного каолина выщелачиваются водой окрашенные в желтый цвет минеральные соли, предположительно соединения хрома, ванадия и т.п., которые при прокаливании приобретают интенсивные зеленоватые тона.

Следует также отметить, что некоторые пробы каолина труднее разжижаются общепринятыми электролитами (сода, жидкое стекло), чем

просяновского и глуховецкого. Фаянсовые шликеры на основе кыштымского каолина требуют повышенной влажности (до 37%), на фарфоровых шликерах подобного не наблюдалось. По формовочно-сушильным свойствам кыштымский каолин значительно лучше украинских, он характеризуется также высокой скоростью фильтрации, большой воздушной усадкой и значительно большей механической прочностью на изгиб в воздушно-сухом состоянии.

На дифференциальных кривых кыштымского каолина отчетливо выделяются характерные для каолина тепловые эффекты. Первый эндотермический эффект при 120–125°C связан с удалением адсорбированной воды, второй эндотермический эффект при 545–625°C вызван дегидратацией каолинита.

Первый экзотермический эффект при 910–920°C связан с кристаллизацией муллита, которая протекает с большой скоростью, в интервале температур 1150–1180°C наблюдается сравнительно небольшой второй экзотермический эффект, связанный с кристаллизацией аморфной кремниевой кислоты, остаточной от окончательной кристаллизации муллита.

Кривая усадки имеет характерный для каолинита ступенчатый характер; примерно до 500°C на ней не отмечаются заметные изменения, затем фиксируется переменный рост и торможение усадки; эндотермическому эффекту соответствует рост усадки, по окончании которого усадка замедляется. Началу экзотермического образования кристаллов муллита предшествует рост усадки; в процессе экзотермического эффекта отмечается торможение усадки. Выше 1100–1225°C наблюдается резкий рост усадки, достигающий 15–20%. Кривая изменения массы подтверждает связь второго эндотермического эффекта с дегидратацией каолинита, так как в это время происходит основная потеря массы (с 1 до 12,5%). Результаты химико-минерального и технологического исследования кыштымских каолинов позволяют отметить, что российская керамическая промышленность может успешно использовать в производстве кыштымский каолин.

Челябинский каолиноносный район ограничен площадью развития гранитоидов Челябинского массива. В пределах района зарегистрировано несколько месторождений и проявлений каолинов. Самым крупным и наиболее изученным является Полетаевское месторождение, расположенное в 4,5 км к северо-западу от ст. Полетаево-1 и 20 км западнее г. Челябинска. Геологоразведочными работами выявлены три основных каолиноносных участка – Западный, Центральный, Южный, в пределах которых оконтурено 29 залежей элювиальных каолинов с общими запасами по категориям А+В+С₁ –14,9 млн тонн.

Залежи промышленных каолинов, как правило, имеют неправильную, но более или менее изометричную форму в плане и сравнительно небольшие размеры (не более 0,5 км), мощности залежей промышленных каолинов редко превышают 30–35 м. Разведанные участки представлены в основном каолинами, образованными при выветривании крупнозернистых биотитовых порфировидных гранитов, а также каолинами, расположенными по средним и мелкозернистым лейкократовым гранитам, мусковитам и двуслюдяным гранитам, которые в общем балансе запасов месторождения имеют второстепенное значение.

Результаты гранулометрического анализа Полетаевского месторождения следующие: более 5 мм – 5,25%; 5–3 мм – 6,90%; 3–1 мм – 7,20%; 1–0,5 мм – 8,30%; 0,5–0,25 мм – 6,35%; 0,25–0,06 мм – 6,50%; менее 0,06 мм – 59,50%. Относительно высокое содержание грубых фракций обусловлено присутствием крупнозернистого кварца. В глинистой фракции обычно преобладает каолинит (до 70–80%) с примесью галлуазита, в подчиненных количествах присутствуют слюда (5–15%) и кварц (10%), реже встречаются разновидности каолинов с повышенным содержанием слюды до 30–40% (спекающиеся каолины).

Изучение вещественного состава и технологических свойств каолина Полетаевского месторождения позволило выделить три основных типа.

1. Неспекающиеся каолины (НСП), продукт обогащения образует белый материал с водопоглощением 3%, линейная усадка которого составляет 7,5%; в составе глинистой фракции таких каолинов преобладает каолинит; содержание щелочей невысокое.

2. Неспекающиеся окварцованные каолины (НСО) почти не отличаются от неспекающихся, но содержат много тонкодисперсного кварца, линейная усадка составляет 7,5%.

3. Спекающиеся каолины (СП), после обжига образуют окрашенный материал, водопоглощение которого 3%; в минеральном составе содержание глинистой составляющей, представленной слюдистыми минералами, 30–40%.

Средний химический состав полетаевских каолинов приведен в табл. 3.15.

В общем объеме запасов Полетаевского месторождения неспекающиеся каолины оставляют 96,25%, спекающиеся имеют второстепенное значение. Каолины Полетаевского месторождения можно отнести к категории неспекающегося сырья. Полетаевский каолин (НСП) представляет собой ценное сырье для огнеупорной промышленности.

Таблица 3.15. Средний химический состав полетаевских каолинов

Марка каолина	Содержание оксидов, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП	
Каолин сырец	66,88			0,28							
	68,08			0,31	0,12	0,25	1,19	0,07	0,07	7,18	
НСП	67,36	22,86	1,00	0,24	0,20	0,66	2,88	0,09	0,05	6,34	
СП		22,26	1,34		0,02	0,42	0,93	0,05	0,05	7,59	
НСО		23,02	0,97								
Обогащенный											
	НСП	47,96	36,05	1,27	0,61	0,21	0,45	1,74	–	0,05	11,77
	СП	48,97	33,72	1,78	0,60	0,12	0,85	3,02	–	0,05	10,55
	НСО	53,31	31,53	1,53	0,61	0,07	0,25	0,83	–	0,05	9,61

Окварцованные неспекающиеся разности можно использовать только в виде сырца совместно с неспекающимся каолином (НСП).

Спекающиеся каолины рассматриваются как некондиционные.

Результаты технологических испытаний каолинов Полетаевского месторождения приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.16. Технологические свойства полетаевских каолинов

Показатели	НСП	СП
	неспекающиеся	спекающиеся
Водопоглощение:		
при температуре обжига 1350°С, %	7,95	0,97
при температуре обжига 1450°С, %	5,11	0,82
Общая линейная усадка при 1350°С, %	9,39	14,5
при 1450°С, %	10,27	
Белизна, %:		
высушенного каолина при 110°С, %	87,0	84,1
обожженного при 1350°С, %	89,9	68,4
обожженного при 1450°С, %	83,9	65,2
Огнеупорность, °С	1760	1670–1720
Температура спекания, °С	1500	1270–1350
Полное водосодержание водозатворенной массы, %	27,6–38,5	24,4–28,4
Связность, МПа	4,1	–
Плотность каолина сырца, г/см ³	1,76	–

Каолины Полетаевского месторождения в естественном виде относятся к полукислому сырью с высоким содержанием крупнозернистого

кварца. Примеси Fe_2O_3 , придающие окраску каолину, содержатся в тонкодисперсной части породы в количествах, препятствующих применению каолина в тонкой керамике и в бумажной промышленности. Однако предварительные опробования каолина в составах керамических масс дали положительный результат.

Каолин является грубодисперсным, сумма фракций менее 5 мкм составляет 57,1%, по зерновому составу он сходен с еленинским каолином. Имеет низкую пластичность и связность. При сушке полетаевского каолина в сушильном барабане до кондиционной влажности необходима более низкая температура (700–800°C), чем для кыштышского каолина (900°C).

Несмотря на значительные примеси щелочей (K_2O , Na_2O), достигающие 3–6%, обогащенные каолины относятся к высокотемпературным, температура спекания составляет 1500°C, что, по-видимому, обусловлено их грубой дисперсностью. Обожженные образцы представлены материалом белого цвета с редкой мелкой мушкой; с повышением температуры обжига количество и размер мушек увеличивается.

Свойства обожженных образцов каолина приведены в табл. 3.17.

Таблица 3.17. Свойства обожженных образцов каолина

Температура обжига, °С	Усадка, %		Водопоглощение, %	Плотность, г/см ³
	общая	огневая		
1300	9,0	2,0	16,9	1,83
1400	14,5	7,3	13,5	1,95
1500	15,0	8,4	6,6	2,13
1600	16,8	10,5	0,9	2,14

Значительные запасы, близость железной дороги и предприятий металлургической промышленности, благоприятные горно-технические условия ставят это месторождение в число перспективных для обеспечения качественным сырьем огнеупорных предприятий Южного Урала.

С корой выветривания гранодиоритов и диоритов Челябинского массива связаны Заварухинское, Шагальское, Першинское и другие месторождения и проявления. Они, как правило, характеризуются более низким качеством сырья.

Чебаркульский каолиноносный район расположен восточнее г. Чебаркуля и представлен большим числом мелких залежей элювиальных каолинов, связанных с корой выветривания кристаллических сланцев.

Наиболее крупными являются Барановская, Симоновская, Чебаркульская, Мельковская, Угловская, Травниковская залежи. Эти каолины известны очень давно, они послужили сырьем для первых образцов русского фарфора. Позднее их использовали в производстве огнеупоров для местных металлургических заводов. Из-за небольших размеров, не выдержанного качества сырья и нерентабельности эксплуатации разработка месторождений прекращена.

Джабык-Карагайский каолиноносный район занимает территорию примерно соответствующую площади одноименного гранитного массива. Кора выветривания здесь развита преимущественно по периферии: обычно присутствуют ее линейные фрагменты. Площадное развитие коры выветривания наблюдается лишь в зоне контакта Джабык-Карагайского массива с окружающими породами. В центральной части кора выветривания практически отсутствует. Такое кольцеобразное распределение кор выветривания определило размещение каолиновых залежей, главным образом, по периферии массива и особенно вдоль его южного окончания, на котором расположены основные месторождения элювиальных каолинов.

Еленинское месторождение элювиальных каолинов расположено в Карталинском районе Челябинской области, в 10 км южнее ж/д станции Джабык и генетически связано с линейно-трещинной корой выветривания крупнозернистых порфировидных микроклиновых гранитов Джабык-Карагайского массива. Размещение и пространственная ориентация каолиновых залежей контролируется зоной тектонических нарушений субширотного простирания, прослеженной на 20 км. Все каолиновые залежи имеют вытянутую форму и ориентированы в субширотном направлении. Эксплуатируемая залежь имеет длину 1000 м, ширину не более 200–250 м и подразделена на два участка: Западный и Восточный, мощность пластов каолина равна соответственно 60 и 90 м и уменьшается до 6 м между участками. Западный участок характеризуется более или менее симметричным поперечным строением; Восточному свойственна асимметричность (южный борт пологий, северный – крутой). В профиле выветривания на месторождении довольно отчетливо выделяются три зоны: 1) дресвы (не более 5 м); 2) щелочных каолинов (10–15 м); 3) собственно каолинов, мощность залежи которых в центре залежи местами превышает 90 м.

Вещественный состав еленинских каолинов изменяется с глубиной и к бортам каолиновой залежи. Так, в центральной части залежи в ми-

неральном составе каолинов преобладает каолинит (до 70%), 29% приходится на долю кварца и слюды и около 1% составляет полевой шпат. С глубиной и у периферии залежи содержание полевого шпата заметно увеличивается, соответственно уменьшается содержание каолинита (до 50%). Щелочные каолины характеризуются высоким содержанием полевого шпата, очень часто отмечаются крупные реликтовые кристаллы микроклина (3–5 см). Пофракционный минеральный анализ показывает, что кварц и полевой шпат присутствуют в основном в крупной фракции (более 0,056 мм), тонкая фракция представлена каолинитом. Слюда отмечается почти во всех фракциях, но ее содержание редко достигает 10%.

По результатам технологических испытаний на месторождении выделены неспекающиеся (75%) и спекающиеся (25%) каолины. В неспекающихся каолинах содержание полевого шпата очень незначительно, в спекающихся – 10–15%.

Химический состав еленинских каолинов приведен в табл. 3.18.

Таблица 3.18. Химический состав еленинского каолина

Вид каолина	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Каолин сырец	60,1–70,6	20,3–27,2	0,36–1,31	–	0,24–0,27	сл–0,17	0,59	0,75	7,5–9,6
Обогащенный	47,24	36,81	0,60	0,92	0,25	5,10	0,41	–	13,23

Каолины состоят преимущественно из каолинита (30–60%), зерен кварца (до 40%), частично содержат разложившиеся зерна полевого шпата (1–10%), гидрослюда (1–5%), чешуйки слюды.

Минеральный и химический составы всех разновидностей каолинов очень близок. Только цветные каолины отличаются повышенным содержанием гидроксидов железа (от 2,0 до 8,3%), тогда как белые и слабоокрашенные каолины содержат их менее 2%. В обогащенном каолине содержание Al₂O₃ довольно высокое (до 38,6%).

Гранулометрический состав обогащенного каолина приведен и табл. 3.19.

Таблица 3.19. Гранулометрический состав обогащенного каолина

Содержание частиц в %, при размерах их в мм				
Более 0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	Менее 0,001
10,39	34,69	16,37	21,66	16,99

Показатель кристалличности каолина Еленинского месторождения позволяет отметить менее совершенную структуру, по сравнению с украинскими (коэффициент кристалличности по Хинкли 1,19%). Реологические свойства каолинов показали, что их можно использовать в производстве тонкой керамики (бытовой фарфор, строительная керамика). Результаты исследования этих свойств приведены в табл. 3.20.

Таблица 3.20. Реологические свойства каолина

№ про б	Показатель упругости, г/см ³	Порог структурообразования, г/см ³	Группа каолина	Текучность, с		Коэффициент загустеваемости
				Через 30 с	Через 30 мин	
1	0,218	1,24	II	4,2	5,2	1,238
2	0,285	1,3		2,8	3,0	1,07
3	–	–		3,8	4,4	1,158

При влажности шликера 35,4% литейные свойства шликера удовлетворительные. Качество отливок значительно лучше, чем при влажности шликера 38% и при использовании в качестве электролита тантата (сода + дубитель) в количестве 0,3%.

Результаты керамических испытаний обогащенного каолина приведены в табл. 3.21.

Таблица 3.21. Керамические свойства каолинов Еленинского месторождения

Проба	Порог структурообразования г/см ³	рН	Остаток на сите №0056, %	Влажность, %	Воздушная усадка, %	Обжига при температуре, °С		Водопоглощение, %, после обжига при температуре, °С		Предел прочности при изгибе высушенных образцов и обожженных при температуре, °С,			
						1350	1380	1350	1380	Воздушно-сухие	110	1350	1380
Высший сорт	1,31	5,4–5,8	1,47	25,9	2,8	11,1	12,8	19,4	16,8	0,17	0,6	23,0	25,0

Керамические испытания обогащенного каолина Еленинского месторождения, обожженного до 1450°С, дали следующие результаты: водопоглощение (9,36%); общая линейная усадка (9,66%); белизна (91,3%); материал без мушек и выпловок, огнеупорность 1700°С и выше.

В настоящее время Новокаолиновый комбинат выпускает каолин марки КББ (ТУ5729-002-05494310-95), основные физико-механические параметры которого приведены в табл. 3.22.

Таблица 3.22. Физико-механические параметры каолина

Параметры	Норма для марок		
	КББ-80	КББ-78	КББ - 75
Белизна, %	80	78	75
Массовая доля остатка, %, не более, на сите №02		0,01	0,02
№009	0,1	0,2	0,3
Массовая доля влаги, %	8-14	8-14	8- 14
Массовая доля, %, не менее, частиц размером менее 20 мкм	90	85	85
менее 5 мкм	65	60	60

Еленинские каолины широко применяются в различных отраслях промышленности: резинотехнической, химической, огнеупорной и др. Месторождение не получило комплексной оценки, не выяснены возможности применения еленинских каолинов в тонкокерамическом производстве. Не изучены щелочные каолины, присутствие которых на месторождении установлено.

Чекмакульское месторождение расположено в 4 км от ж/д разъезда №46 и в 5 км восточнее Еленинского месторождения. Каолиновая залежь приурочена к зоне тектонического нарушения в гранитах Джабык-Карагайского массива. Морфология и технологические свойства каолинов Чекмакульского месторождения мало отличаются от каолинов Еленинского месторождения. Результаты технологических испытаний приведены в табл. 3.23.

Таблица 3.23. Технологические свойства чекмакульского каолина

Показатели	Каолин сырец	Обогащенный каолин
1	2	3
SiO ₂ , %	53,49-71,88	43,0-60,30
Al ₂ O ₃ , %	17,15-30,70	28,99-38,01
Fe ₂ O ₃ , %	0,83-1,15	0,78-2,91
TiO ₂ , %	-	0,65-2,07
ППП, %	4,86-10,95	0,20-13,68

Окончание табл. 3.23

1	2	3
Огнеупорность, °С	1710–1750	1750
Полное водосодержание, %	16,7–26,4	21,2–33,90
Усадка: после сушки	5,6–13,6	12,4–19,6
после обжига при 1300°С, %	7,6–12,8	
после обжига при 1400 С, %	8,1–13,6	
Водопоглощение черепка, %	8–28	1,4–23,6
Белизна, %: высушенного обожженного		50,0–90,8 71,0–94,3
Остаток на сите №0056, %	43,2–71,0	
Характер черепка	Белый без мушек и выплавков	

Месторождение в настоящее время не эксплуатируется и числится как резервная залежь Еленинского месторождения.

В пределах Джабык-Карагайского каолиноносного района развиты также Акмулинская, Анненская, Парижская и другие залежи элювиальных каолинов; изучены они недостаточно и по качеству сырья значительно уступают каолинам рассмотренных выше месторождений.

Известно еще одно месторождение – Астафьевское, являющееся единственным на Урале разведанным месторождением переотложенных каолинов. Оно расположено в 2 км юго-восточнее пос. Астафьевска и приурочено к Астафьевской эрозионно-структурной депрессии. Переотложенные каолины в виде крупной неправильной формы линзы мощностью 60 м залегают в толще песчано-галечниковых отложений верхнемелового возраста, выполняющих эрозионные впадины в каменноугольных известняках. Переотложенные каолины белого цвета, по минеральному составу гидрослюдисто-каолинитовые. Запасы месторождения составляют около 30 млн тонн. Качество сырья низкое и характеризуется высоким содержанием Fe_2O_3 и TiO_2 . Химический состав каолинов данного месторождения приведен в табл. 3.24.

Таблица 3.24. Химический состав астафьевского каолина

Вид каолина	Содержание оксидов, %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na ₂ O	ППП
Каолин сырец	49,75	26,38	1,98	1,29	0,83	1,62	2,15	0,18	11,02
Обогащенный	49,04	32,30	2,70	0,98	0,28	0,39	2,24	0,28	11,12

Гранулометрический состав пробы астафьевского каолина по фракциям: более 0,5 мм – 0,27%; 0,5–0,25 мм – 0,80%; 0,25–0,10 мм – 2,55%;

0,10–0,05 мм – 37,08%; 0,05–0,01 мм – 9,70%; 0,01–0,005 мм – 10,55%; 0,005–0,001 мм – 10,20%; менее 0,001 мм – 28,85%. Каолин данного месторождения грубодисперсный, пластичность низкая, огнеупорность 1650–1710°C.

Кочкарский каолиноносный район занимает западную часть Пластовского административного района Челябинской области и характеризуется широким развитием кор выветривания. Все основные месторождения элювиальных каолинов этого района являются продуктами выветривания нормальных микроклиновых гранитов Джабык-Карагайского интрузивного комплекса и обычно располагаются вдоль бортов эрозионно-структурных депрессий.

Месторождения очень крупные, их запасы измеряются миллионами тонн. Каолин белый и желтовато-белый с крупными зернами кварца, остаток на сите № 0056 37–38,5% и состоит, главным образом, из угловатых зерен кварца; остальное представляет собой тонкочешуйчатый материал, представленный почти исключительно из каолинита. В очень малом количестве присутствуют серицит и мельчайшие зернышки кварца.

В Кочкарском каолиноносном районе зарегистрировано 13 месторождений каолинов: «Журавлиный лог», Михайловское, Чуксинское, Вознесенское, Старо-Поклевское (Поварненское), Юльевское, «Синий карьер», «Летние хутора», Степное и др. Наряду с элювиальными каолинами широко развиты переотложенные каолины, залегающие среди песчано-глинистых отложений. Залежи переотложенных каолинов практически не оконтурены, а каолины не получили качественной оценки.

К наиболее изученным и представляющим наибольший интерес для фарфоро-фаянсовой и керамической промышленности относятся каолины месторождений «Журавлиный лог» и Михайловское.

Михайловское месторождение расположено к юго-западу от пос. Михайловский, на правом склоне долины реки Кабанка, в 6 км западнее месторождения «Журавлиный лог». Залежи связаны с корой выветривания мелкозернистых биотитовых гранитов, представляющих собой серию мелких крутопадающих даек северо-восточного простирания, иногда секущих толщу каменноугольных известняков, но в целом залегающих по их напластованию.

В разрезе месторождения наблюдается сложное чередование пластобразных залежей каолинов с прослоями окремнелых известняков, имеющих крутое падение. Геологоразведочными работами выделены три залежи: Восточная, Центральная, Западная, ориентированные в

субмеридиальном направлении и достигающие в длину 350–400 м при ширине 3–75 м. Глубина каолинизации по отдельным скважинам превышает 75 м, что, возможно, обусловлено наличием тектонического нарушения, на существование которого указывает присутствие катаклазированных гранитов. Некоторые технологические свойства каолинов приведены в табл. 3.25. и 3.26.

Таблица 3.25. Гранулометрический состав каолина-сырца Михайловского месторождения

Проба	Содержание частиц, %, после рассева через сита			
	02	009	0056	Прошло через сито №0056
1	19,81	34,76	3,98	41,48
2	47,85	5,70	2,95	43,50
3	3,0	3,0	2,9	91,10

Таблица 3.26. Результаты обогащения Михайловского каолина

Показатели по пробам	Восточная залежь			Центральная залежь			Западная залежь		
	Каолин		Фракция >0,056 мм	Каолин		Фракция >0,056 мм	Каолин		Фракция >0,056 мм
	Сырец	Обогащ.		Сырец	Обогащ.		Сырец	Обогащ.	
Выход каолина	1	–	40,3	–	51,2	–	–	40,4	–
	2	11,76	33,1	6,79	19,18	35,73	–	16,5	32,61
	3	1,76	9	0,17	0,52	0,86	0,32	1,96	3,90
	4	–	2,36	4,48	–	0,32	0,70	–	0,52
	5	–	0,28	–	–	0,48	–	–	0,82
	6	2,25	0,75	–	1,22	1,59	–	3,46	2,39
			2,82						4,42
Огнеупорность, °С	–	–	1730	–	–	1750	–	–	1710
Белизна, %	–	–	40,3	–	–	51,2	–	–	40,4

Лучшим качеством обладают каолины Центральной залежи; в целом месторождение характеризуется низким качеством сырья. Лишь 33% обогащенного каолина удовлетворяют требованиям, предъявляемым к каолинам керамической и бумажной промышленности.

Учитывая огромные размеры залежей (запасы Центральной залежи оцениваются в 650 тыс. тонн), возникла реальная необходимость доразведки месторождений. Каолин залегает линзой, вытянутой в северо-восточном направлении длиной до 300 м и шириной 30–50 м. Мощность наносов от 3 до 5 м, мощность каолиновой толщи превышает 10 м; каолин представляет собой белую массу, сохранившую структуру гранита.

Химический состав каолина-сырца колеблется в следующих пределах, мас. %: SiO_2 – 46,47–69,38; Al_2O_3 – 21,16–38,12; Fe_2O_3 – 0,24–0,84; CaO – 0,22–0,88%; MgO – 0,15–0,42; ППП – 7,56–9,04.

Обогащенный каолин по химическому составу приближается к эталонной пробе каолина Просяновского месторождения, соответствующей теоретическому составу каолинита (в %): SiO_2 45,7–47,9; Al_2O_3 35,34–39,25; Fe_2O_3 0,33–0,48; CaO 0,1–0,7; MgO 0,6–0,8; ППП 13,54–18,8.

Примеси в крупных фракциях состоят, в основном, из кварца, мусковита, в небольших количествах из полевого шпата (3–5%). Тонкие фракции составлены агрегатами каолинита. По своим качественным показателям Михайловский каолин после обогащения может быть использован в тонкой керамике и в качестве наполнителя в производстве бумажной и резиновой промышленности.

В пределах Кочкарского каолиноносного района отмечен ряд каолинопроявлений, связанных с корой выветривания различных массивов. К известным с давних пор, но почти не изученным проявлениям элювиальных каолинов следует отнести Чуксинское, «Летние хутора», Юльевское, Степное, Стрелецкое, Котликовское, «Синий карьер». Размеры этих каолинопроявлений неизвестны, но имеющиеся аналитические данные указывают на их относительно высокое качество. Они, безусловно, заслуживают более детального изучения. В пределах района зарегистрирован также ряд проявлений переотложенных каолинов (Поварненское, Вознесенское, Чуксинское). Скважинами вскрыты залежи переотложенных каолинов, достигающие мощностей 40–60 м и характеризующихся довольно хорошим качеством (Поварненское проявление). Подобные залежи вскрыты и у поселков Каменная Санарка, Светлый, Чесма.

Чуксинское месторождение представляет собой небольшой каолинизированный массив гранита. Каолин очень слюдястый, с крупными чешуйками мусковита, содержит много кварца. Цвет – серый, отмученного – белый. Химический состав каолина, пропущенного через сито 3600 отв/см² (мас. %): SiO_2 – 47,0; Al_2O_3 – 39,18; Fe_2O_3 – 0,64; TiO_2 – следы; огнеупорность 1760°C; белизна – 81–93%. Отмученные каолины пригодны для фарфоро-фаянсовой промышленности.

Каолин месторождения «Летние хутора» характеризуется вполне удовлетворительной пластичностью. Химический состав отмученного каолина (в %): SiO_2 – 50,9–54,29; Al_2O_3 – 33,48; Fe_2O_3 – 0,22–0,43; TiO_2 – 0,4–0,42; ППП – 11,66–12,33.

Поварненское (Старо-Поклевское) месторождение каолина

Представлено переотложенным каолином, залегающим на глубине 4–6 м. Сверху каолин перекрывают бурые и красные глины, ниже располагаются мелкозернистые пески мощностью 1,5–2,0 м. Каолин представляет собой массу серовато-белого цвета. Химический состав каолина, пропущенного через сито №0056 (в %): SiO₂ – 40,46; Al₂O₃ – 42,47; Fe₂O₃ – 0,95; TiO₂ – 0,28; ППП – 14,5. Пластичность вполне достаточная, позволяет использовать каолин в фарфоро-фаянсовой промышленности.

Месторождение «Журавлиный лог» расположено в 10 км к западу от г. Пласт Челябинской области. Балансовые запасы категорий А+В+С₁ составляют 7,1 млн тонн, запасы категории С₂ на флангах месторождения составляют 42 млн тонн. Промышленная залежь с прилегающими флангами приурочена к коре выветривания лейкократовых гранитов. Месторождение представляет собой пластообразную залежь размером 500 x 500 м и глубиной до 48 м. Полезная толща сложена каолинами белого, светло-серого, кремового и желтого цветов. Наибольшее развитие имеют светлоокрашенные разности (белые, серые, кремовые).

Каолины данного месторождения относят к высококачественному сырью для различных отраслей промышленности.

Основными породообразующими минеральными компонентами являются кварц и минералы группы каолинита – каолинит и галлуазит. Содержание кварца в каолине-сырце изменяется в пределах 35–70%, в обогащенном каолине содержание свободного кварца не превышает 3–5%. Соответственно содержание каолинита и галлуазита в сырце достигает 30–65%, в обогащенном продукте – 95–97%.

Химический состав каолина-сырца и обогащенного каолина приведен в табл. 3.27.

Таблица 3.27. Химический состав каолина-сырца и обогащенного каолина

Проба каолина	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Каолин-сырец	63,95–69,70	19,28–24,40	0,05–0,70	0,22–0,96	0,39–1,12	0,10–0,58	0,25–3,20	0,06–0,27	5,9–9,8
Каолин обогащенный	46,57–49,19	35,34–38,60	0,38–0,84	0,28–0,56	0,39–1,05	0,10–0,80	0,42–2,00	0,08–0,41	12,0–13,84

Гранулометрический состав каолиновых концентратов приведен в табл. 3.28.

Таблица 3.28. Гранулометрический состав каолиновых концентратов

Проба	Содержание частиц размером, мкм, %					
	40–20	20–10	10–5	5–2	2–1	Менее 1
1	–	7,3	9,2	19,5	9,7	54,3
2	–	16,0	11,3	19,3	10,5	42,9
3	2,6	6,5	12,0	17,6	10,7	40,6
4	–	8,8	13,4	17,1	11,2	49,5

По химическому и зерновому составу обогащенный каолин удовлетворяет требованиям ГОСТ 21286-82 маркам КФ-1 и КФ-2.

Минеральный состав каолина-сырца приведен в табл. 3.29.

В каолине месторождения «Журавлиный лог» каолинит присутствует в виде крупнокристаллических агрегатов (от 45–60 мкм до 90–120 мкм), показатель преломления 1,560. Кварц присутствует в виде зерен обломочной формы размером от 20–30 мкм до 150–180 мкм. Зерна в основном чистые, лишь отдельные из них содержат микровключения.

В незначительном количестве отмечаются также чешуйки слюды (от 1–2-х 9–15 до 30 мкм) и зерна железистых минералов.

Таблица 3.29. Минеральный состав каолина-сырца

Фракция	Значение	Содержание минералов, %			
		каолинит	кварц	полевого шпат	слюда
Песчанистая (более 0,056 мм)	от–до среднее	0,0–5,0 2,0	5,0–25,0 18,0	25,0–73,0 55,0	7,0–50,0 25,0
Глинистая (менее 0,056 мм)	от–до среднее	70,0–95,0 89,0	единич. зерна 1,0	0,0–20,0 10,0	0,0–15,0 7,0

В результате рентгенографических исследований выявлено наличие каолинита средней степени упорядоченности (коэффициент кристалличности по Хинкли 0,83), небольшого количества слюды (мусковита), калиевого полевого шпата и кварца. Пробы обогащенного каолина тонкодисперсные, при формовании и сушке напоминают пробы просяновского каолина. Емкость поглощения по метиленовой сини обогащенного каолина 16–18 мг/г, для некоторых проб этот показатель значительно выше – 21–29 мг/г. Концентрация водородных ионов находится в пределах требований ГОСТ 21286–82 (рН = 8,6–9,2). Данные о содержании растворимых солей приведены в табл. 3.30.

Таблица 3.30. Содержание растворимых солей

Проба	Содержание, мг-экв на 100 г вещества					
	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	SO ²⁻ ₄	HCO ⁻ ₃	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺
1	2,7	2,99	1,97	0,65	1,42	следы
2	2,2	1,86	1,74	0,81	0,36	следы
3	0,90	0,24	0,7	0,32	0,31	0,02
4	0,87	0,26	0,66	0,42	0,29	следы

Некоторые пробы каолина трудно разжижаются и требуют применения нетрадиционных видов электролитов. В обжиге, как каолин-сырец, так и обогащенный каолин образуют окрашенные в светлый (почти белый) цвет образцы.

Результаты термического анализа показали характерную, типичную для каолина картину. Наибольший эндотермический эффект в области 100–120°С вызван удалением адсорбированной и межслоевой воды. Второй значительный эндотермический эффект с максимумом при 575–590°С связан с удалением конституционной воды и разрушением кристаллической решетки глинистых минералов (каолинита и гидрослюда). Он сопровождается потерей массы (6,37%). Интенсивный экзотермический эффект при 980–1000°С обусловлен образованием новых кристаллических фаз (муллита) из продуктов распада каолинита, а экзотермический эффект при 1250°С – кристаллизацией кристобалита. Образцы характеризуются сравнительно небольшой усадкой.

Результаты термического анализа приведены в табл. 3.31.

Таблица 3.31. Результаты термического анализа каолина

Образец	Эндотермический эффект		Экзотермический эффект		Потеря массы, %, в интервале температур, °С			Общая потеря массы, %
	1	2	1	2	20–240	240–400	400–1000	
1	60–120	575–590	980–1000	1250	2,35	0,47	11,75	14,57
2	60–120	575–580	980–990	1250	1,82	0,48	10,77	13,07

Керамические свойства обогащенного каолина приведены в табл. 3.32.

В настоящее время многие заводы керамической промышленности РФ используют в производстве каолин месторождения «Журавлиный лог».

Кочкарский каолиноносный район относится к категории перспективных не только на элювиальные, но и на переотложенные каолины эрозионно-структурных депрессий. Кроме того, его следует считать перспективным и на щелочные каолины, присутствие которых установлено на месторождении «Журавлиный лог».

Таблица 3.32. Керамические свойства обогащенного каолина

Показатели	Проба 1	Проба 2
Минеральный состав, %:		
Каолинит	85,0–86,5	
Кварц	1,5–2,0	
Слюда	1,5–3,6	
Полевой шпат	2,0–2,5	
Карбонаты	0,7–0,9	
Влажность при формовании, %	35,85	34,2
Пластичность по Пфефферкорну:		
число пластичности	33,6	32,1
предел пластичности	23,0–38,3	21,5–37,1
Усадка образцов, %, при температуре, °С:		
900	7,64	7,2
1000	9,0	8,16
1100	11,3	10,3
1200	15,5	14
1280	19,08	15,8
1350	19,2	15,92
1380	19,5	16,56
Предел прочности, МПа, при температуре, °С:		
110	5,47	3,38
900	21,9	14,3
1000	46,0	22,0
1100	41,0	25,4
1200	59,0	58,0
1350	93,0	75
1380	120,0	88,5
Водопоглощение, %, после обжига при температуре, °С:		
900	25,37	24,8
1000	24,45	24,66
1100	21,27	21,66
1200	5,57	9,8
1280	6,18	5,67
1350	3,37	треск
1380	треск	треск

Перспективы наращивания сырьевой базы каолинов в Челябинской области не ограничены. В пределах Кыштымского каолиноносного района апробированы ресурсы категории Р₂ в количестве 30 млн тонн, Кочкарского – более 60 млн тонн, Джабыкского – 45 млн тонн. Кроме того,

на 10 перспективных площадях, приуроченных к району развития главного гранитоидного пояса Урала, прогнозные ресурсы категории Р₃ составляют 354 млн тонн.

Мугоджарская каолиноносная субпровинция прослеживается примерно до широты г. Эмбы, территориально совпадая с географическими границами Мугоджар. В пределах южного и северного окончания Мугоджар коры выветривания в значительной степени эрозированны. Подавляющее большинство месторождений элювиальных каолинов относится к гранитному типу и связано с корой выветривания гранитов двух интрузивных комплексов: Магнитогорского и Адамовского. В пределах данной субпровинции можно выделить два основных каолиноносных района, представляющих промышленный интерес: Домбаровский и Вернеиргизский.

Домбаровский каолиноносный район расположен к юго-востоку от г. Орска и в структурном отношении приурочен к восточному крылу Магнитогорского прогиба, в зоне его сочленения с Восточно-Уральским поднятием. Каолиновые залежи связаны с корой выветривания гранитоидов Магнитогорского комплекса и в общем характеризуются относительно низким качеством сырья. В пределах этого района разведано два месторождения элювиальных каолинов: Архангельское и Домбаровское.

Архангельское месторождение элювиальных каолинов находится в 10–15 км юго-западнее пос. Архангельского (Домбаровский район Оренбургской области), генетически связано с корой выветривания гранитов и гранодиоритов Домбаровского массива. Разведанная залежь каолинов приурочена к зоне контакта гранодиоритов с гранитами и занимает значительную площадь. Запасы оконтуренной залежи по категориям А+В+С₁ составляет 2133 тыс. тонн.

Выход фракций менее 0,05 мм в среднем достигает 77,3%, фракции менее 0,005мм – 40%. Химический состав каолина-сырца Архангельского месторождения следующий, %: SiO₂ – 63,7– А1₂О₃ –22,7; Fe₂О₃ – 2,16; TiO₂ – 0,77; ППП – 7,39.

Результаты технологических испытаний каолина приведены в табл. 3.33.

Таблица 3.33. Результаты технологических испытаний каолина Архангельского месторождения

Показатели	от – до	среднее
1	2	3
Пластичность, %	5,0–9,75	7,2
Полное водозатворение, %	19,9–28,05	23,7
Связность, МПа	2,67–11,65	6,14

Окончание табл. 3.33

1	2	3
Усушка при 110°С, %	3,05–4,63	3,5
Общая усадка, %, при температуре, °С		
1350	10,60–13,40	
1410	10,70–13,60	
Огнеупорность, °С	1600–1700	

Домбаровское месторождение элювиальных каолинов расположено в 4 км к юго-западу от дер. Домбаровки и в 5 км от пос. Архангельского, приурочено к коре выветривания гранитов и гранито-гнейсов Домбаровского массива. Каолины представляют собой относительно выдержанную залежь покровного типа, средней мощностью 20 м. По физико-химическим свойствам они мало отличаются от каолинов Архангельского месторождения и относятся к разряду высокожелезистых (2,23%). Попытки обогащения домбаровских каолинов не привели к заметному улучшению качества сырья. После обогащения несколько уменьшается содержание щелочей, что связано с удалением примеси флогопита.

В пределах Домбаровского каолиноносного района зарегистрировано несколько каолинопроявлений: Можаровское, Аще-Бутакское и др.; они имеют небольшие размеры и характеризуются низким качеством сырья. Месторождения каолинов данного района характеризуются высоким содержанием красящих оксидов и могут рассматриваться как сырье для изготовления огнеупоров. Перспективы их применения в других отраслях производства без применения особых методов обогащения весьма проблематичны.

Верхнеиргизский каолиноносный район занимает значительную территорию, включающую в себя южную часть Домбаровского района Оренбургской области и частично северные районы Актюбинской области Казахстана. Район расположен в пределах водораздельного пространства рек Иргиз и Ушкота, где широко развита площадная кора выветривания. Все крупные залежи элювиальных каолинов этого района – продукты выветривания гранитоидов Адамовского интрузивного комплекса и в целом значительно превосходят по качеству каолины, возникшие за счет выветривания гранитоидов Магнитогорского интрузивного комплекса.

Химический состав каолинов Верхнеиргизского каолиноносного района приведен в табл. 3.34.

Таблица 3.34. Химический состав каолинов Верхнеиргизского каолиноносного района

Месторождение	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Обогащенные каолины по гранитоидам Адамовского комплекса								
Тасбулакское	47,02	0,79	32,67	0,15	0,30	0,30	0,30	17,4
Ушкотинское	48,01	0,91	32,26	0,34	0,39	2,11	1,99	12,5
Кошенсайское	45,43	0,43	35,98	1,05	0,25	1,80	0,13	13,3
Аралчинское	48,91	0,6,3	36,67	0,45	0,22	1,52	0,31	13,2
Обогащенные каолины по гранитоидам Магнитогорского комплекса								
Домбаровское	46,2	0,27	34,40	1,10	0,57	3,25	0,20	11,9
Верхнекиембаевское	47,98	1,05	32,25	2,07	0,45	3,44	0,13	11,5

В пределах района развиты Союзное, Уймшильское, Кара-Кудукское, Тасбулакское и др. месторождения элювиальных каолинов, расположенных в пределах Актюбинской области Казахстана.

В пределах Верхнеиргизского каолиноносного района обнаружен ряд залежей элювиальных каолинов, связанных с корой выветривания гранитоидов Адамовского комплекса. Эти каолины обладают относительно высоким качеством сырья. Следует назвать Тасбулакское, Ушкотинское, Кошенсайское и др., которые пока не получили промышленной оценки, но заслуживают внимания. Данный район является наиболее перспективной территорией Мугоджар для выявления промышленных залежей высококачественных каолинов, в том числе и микроклинодержажих (щелочных).

Южно-Ушкотинское месторождение находится в Домбаровском районе Оренбургской области в 30 км юго-восточнее районного центра пос. Домбаровский с ж/д станцией Профинтерн. Месторождение выявлено в результате поисковых работ, проведенных в пределах Верхне-Ушкотинской площади в 1999–2001 гг. В геологическом строении месторождения принимают участие породы домезозойского складчатого комплекса и развитой по ним мезозойской корой выветривания, а также неогеновые и четвертичные покровные отложения. Среди образований домезозойского комплекса на месторождении развиты гранитоиды Верхне-массива с незначительным количеством мелких линзовидных тел серпентинитов. Среди гранитоидов массива выделяются:

- микроклинсодержащие порфиroidные граниты с биотитом и мусковитом;
- осветленные микроклинизированные и мусковитизированные порфиroidные граниты;
- плагиограниты и тоналиты порфиroidные с биотитом и реже роговой обманкой.

Мезозойская кора выветривания вмещает и контролирует месторождение первичных каолинов. В профиле выветривания (снизу вверх) по разрезу выделяются четыре зоны: дезинтеграции (дресвы), гидрослюдисто-каолининовая (объединенная с начальной каолинизацией), собственно каолинов и охристо-каолининовая (инфильтрационная). Полезное ископаемое связано собственно с каолиновой зоной, состоящей из двух подзон: нормальных и щелочных каолинов. Мощность нормальных каолинов колеблется от 0,0 до 29,6 м (средняя 7,2 м), мощность щелочных каолинов колеблется от 0,0 до 25,0 м (средняя 5,2 м).

Полезная толща на Южно-Ушкотинском месторождении представлена пятью разобщенными друг от друга залежами. По морфологии они, в целом, однотипные и представляют собой линзо-пластообразные тела с чередующимися клинообразными и чашеобразными углублениями подошвы и более выдержанной волнистой, обычно размытой, кровлей.

Стратиграфически выше коры выветривания залегают плиоценовые и четвертичные отложения, которые являются вскрышными. Мощность этих отложений колеблется от 0,0 до 22,0 м (средняя 2,2 м).

В тектоническом отношении выделяется как докоровая (древняя) тектоника, так и неотектоника. Характерной особенностью ее является проявление четких линейных зон тектонитов субширотного направления.

По сложности геологического строения месторождение соответствует второй группе согласно «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

Утверждены ГКЗ (протокол № 693 от 16.11.2001 г.) запасы первичного каолина в количестве 2336 тыс. т по категории С, из них нормальных 1191 тыс. т, щелочных – 1145 тыс. т; по категории С₂ подсчитано 36158 тыс. т. Месторождение переданов – государственный резерв.

Химический состав каолина-сырца и содержание породообразующих минералов приведены в табл. 3.35 и 3.36.

Таблица 3.35. Химический состав каолина-сырца Южно-Ушкотинского месторождения

Компонент	Природные типы		
	1 – нормальный каолин	2 – щелочной каолин	3 – нормальный каолин
SiO ₂	66–73	65–74	56–68,7
Al ₂ O ₃	18–22	25–22	22–29
Fe ₂ O ₃	0,5–0,8	0,3–0,7	0,3–1,5
TiO ₂	0,07–0,16	0,08–0,12	0,3–0,8
CaO	0,05–0,16	0,05–0,2	0,15–0,5
K ₂ O	0,05–0,1	2,0–5,6	0,1–0,25
Δm _{прк}	0,5 – 260	2,9 – 7,5	7,0–10,5

Таблица 3.36. Минеральный состав каолина-сырца Южно-Ушкотинского месторождения

Минерал	Природный тип		
	1 – нормальный каолин	2 – щелочной каолин	3 – нормальный каолин
Каолинит	45–50	30–35	55–65
Кварц	48–52	45–48	30–40
Микроклин	1–2	18–20	1–2
Мусковит	1–3	1–2	1–2
Прочие	1–2	1–2	1–3

Химический состав отмученного каолина (сито №0056): SiO₂–46,14–46,5 %; Al₂O₃ – 36,01–37,8 %; Fe₂O₃ – 0,53–0,75 %; TiO₂ – 0,08–0,11 %; K₂O–0,51–0,88%.

По содержанию красящих оксидов железа и титана каолин относится к высококачественным и удовлетворяет требованиям ГОСТ 21286-82 «Каолин обогащенный для керамических изделий».

Керамические свойства каолинов Южно-Ушкотинского месторождения приведены в табл. 3.37.

Таблица 3.37. Керамические свойства каолинов Южно-Ушкотинского месторождения

Вид каолина	Порог структурообразов	Усадка, %			Механическая прочность на изгиб, МПа	
		воздушная	огневая	полная	в сухом состоянии	в обожженном состоянии 1350°С
Каолин-сырец	1,15	2,5	5,2	7,6	1,3	26,0
Отмученный	1,155	–	–	11,9	2,1	38,6

Средне-Ушкотинское месторождение приурочено к центральной части крупного Средне-Ушкотинского гранитного массива (Шотинское) в пределах Восточно-Уральского поднятия.

Каолин развит, в основном, по мусковитовым гранитам и частично по гранито-гнейсам. В пределах месторождения выделено четыре разобщенных рудных тела с расстояниями между телами от 1,0 до 3 км.

Верхне-Ушкотинское месторождение расположено в 1,5–2,0 км к северо-востоку от п. Ушкота, в пределах северной части Верхне-Ушкотинской интрузии гранитов, и приурочено к его мезозойской коре выветривания, мощность которой достигает до 50 м.

В пределах участка выделено одно рудное тело, мощность которого колеблется от 1,0 до 24 м, при средней – 9,8 м. Мощность вскрыши от 0,5 до 15 м. Наиболее высокосортные каолины развиты в западной части рудного тела.

По требованиям тонкой керамики выделено три сорта (1, 2, 3).

Всего на Верхне-Ушкотинском месторождении по требованиям ГОСТ 21286–82 «Каолин обогащенный для керамических изделий» выделено 9,8 млн тонн. Общие запасы – 26053 тыс. тонн. Для бумажной промышленности пригодны 25,1 млн. тонн.

Содержание белого цвета колеблется от 69% до 90%, в том числе более 80–74% всех проб и более 87–29% проб.

Содержание Al_2O_3 в пределах 30–35 %, Fe_2O_3 от 0,5 до 1,5%, TiO_2 на уровне 0,2–0,5%. Огневая усадка от 2,9 до 11 %. Водопоглощение от 0,2 до 23 %.

В северной части Мугоджарской каолиноносной субпровинции детально разведано **Теренсайское месторождение** элювиальных каолинов, расположенное в 12 км к северо-востоку от ж/д ст. Теренсай (Оренбургская область), приуроченное в структурном отношении к борту Джарлинского грабен-синклинария. Каолины образованы за счет выветривания гранитов Желмансайского массива и характеризуются очень невыдержанной мощностью, изменяющейся от нескольких метров до 20–30 м, запасы – 8,8 млн тонн. Залежь каолина делится грядой каолинизированного гранита на две части: восточную и западную. В восточной части развиты белые разности, в западной – серые, желтые, ожелезненные, даже розовые и фиолетовые. После обогащения можно выделить четыре марки каолина, характеристика которых приведена в табл. 3.38.

Полиминеральный состав каолина-сырца (в среднем по месторождению) представлен каолинитом – 68%, мусковитом – 7,3%, кварцем – 8,6%, полевым шпатом – 14,7%, карбонатами и лимонитом –1,4%.

Таблица 3.38. Характеристика обогащенного каолина

Марка	Состав оксидов, %				Огнеупорность, °С	Белизна после обжига при температуре 1350 °С
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	RO + R ₂ O	ППП		
1	36,73–38,0	0,65–0,86	1,0–3,0	12,43–12,61	1760	89,94
2	34,82–37,6	0,82–1,25	1,5–3,0	11,05–12,72	1740–1760	82,87
3	34,7–35,83	0,17–1,46	2,0–3,0	10,4–11,3	1740–1750	78,51
4	31,4–34,4	0,93–2,33	3,0–5,5	8,5–10,9	1650–1740	80,0

В отличие от стабильности минерального состава каолинов их химический состав варьирует в значительной мере, что обусловлено изменчивостью количества примесей. По этой же причине химический состав обогащенного каолина, выход которого составляет 40–50%, отличается от химического состава чистых минералов каолинового ряда.

Пробы каолина-сырца легко распускаются в воде и поддаются гидроциклонному обогащению без добавки электролитов. Обогащенный каолин относится к числу грубодисперсных, ввиду незначительного содержания частиц размером менее 0,001 мм (6,78 –24,13%).

Керамические свойства каолина приведены в табл. 3.39.

Таблица 3.39. Керамические свойства каолина

Показатели	По данным ГИКИ	По данным нерудной лаборатории ОГУ
Водосодержание, %	24,7–36,9	20–35
Воздушная усадка, %	2,1–4,6	3–7
Полная усадка при температуре обжига 1350°С, %	6,3–12,2	–
Пористость после обжига при 1350°С, %	13–34	13–20
Предел прочности в МПа после сушки и обжига при температуре, °С:		
100	0,3–1,7	–
900	0,8–7,6	–
1350	25,1–81,8	–
Белизна, %: в воздушно-сухом состоянии после обжига при 1350°С, %	58–82 47–82	80–88 85–94
Огнеупорность, °С	1650–1760	1670–1750

Высокое содержание оксидов щелочных металлов и полевого шпата в составе каолина служит предпосылкой для проведения доразведки месторождения на щелочные каолины (комплексное сырье для керамической промышленности).

Северо-Ушкотинское месторождение является частью Ушкотинского каолиноносного района, приурочено к центральной (осевой) зоне Восточно-Уральского поднятия, в сложении которого значительное участие принимают гранитоиды.

Северо-Ушкотинское проявление элювиальных каолинов расположено в Домбаровском районе Оренбургской области вблизи дороги Орск – Рудный клад, в 30 км восточнее ст. Профинтерн (п. Домбаровский), в 22 км южнее г. Ясный. Мощность вскрыши от 2 до 8,0 м, мощность полезной толщи 11,3 м. Прогнозные запасы 31 млн тонн. Каолины не обводнены, качество достаточно высокое.

Месторождение «Полигонное» расположено в непосредственной близости к г. Ясный.

Химический и минеральный составы проб каолина Полигонного и Северо-Ушкотинского месторождений приведены в табл. 3.40 и 3.41.

Таблица 3.40. Химический состав каолина-сырца Полигонного и Северо-Ушкотинского месторождений

Наименование	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Mg O	K ₂ O	Na ₂ O	Сумма щелочных	ППП
месторождений и № проб									
Полигонное П-1	70,90	20,55	0,81	0,35	0,31	0,46	0,06	0,52	6,48
Северо-Ушкотинское: СУ-14	67,79	21,86	0,90	0,44	0,31	0,80	0,10	0,90	7,74
СУ-36	71,29	20,36	0,59	0,49	0,12	0,20	0,10	0,30	7,01
СУ-71	72,23	19,56	0,41	0,49	0,23	0,22	0,04	0,26	6,51

По химическому составу пробы каолина-сырца идентичны.

Таблица 3.41. Минеральный состав каолина-сырца Северо-Ушкотинского месторождения

Месторождение	Содержание минералов, %			
	каолинит	кварц	микроклин	мусковит
Северо-Ушкотинское	40,0–60,0	39,0–48,0	4,0–10,5	0,0–8,0

Вариации химического состава каолина-сырца согласуются с соотношениями в нем главнейших минеральных компонентов: каолинита, кварца, микроклина и мусковита; важным показателем является также содержание оксидов железа и титана, которое в некоторых пробах превышает 1,2–1,5 % и значительно снижает белизну каолина.

Сравнение приведенных сведений позволяет отметить, что по показателям вещественного состава каолина-сырца месторождений Полигонное и Северо-Ушкотинское он может оказаться пригодным для производства кислых огнеупоров, бытового фарфора, фаянса, майолики и низковольтного фарфора.

Химический состав проб обогащенного каолина Полигонного и Северо-Ушкотинского месторождений приведен в табл. 3.42.

Таблица 3.42. Химический состав проб обогащенного каолина Полигонного и Северо-Ушкотинского месторождений

Наименование месторождения и № проб	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Сумма щелочных	ППП
Полигонное, П-1	57,64	30,9	0,90	0,35	0,37	1,06	0,08	1,01	8,72
Северо-Ушкотинское: СУ-14	50,89	34,02	0,95	0,35	0,46	1,20	0,08	1,28	12,1
СУ-36	47,61	36,6	0,77	0,52	0,10	1,20	0,1	1,3	13,07
СУ-71	60,0	29,07	0,68	0,44	0,17	0,62	0,04	0,66	9,07

Из приведенных в табл. 3.42 данных следует, что обогащенный продукт отличается стабильно пониженным содержанием Al₂O₃, за исключением пробы СУ-36.

Минеральный состав (расчетный) обогащенных проб каолина приведен в табл. 3.43.

Таблица 3.43. Минеральный состав (расчетный) обогащенных проб каолина

Наименование месторождения, № проб	Минеральный состав проб, %						
	Микроклин	Альбит	Анортит	Итого полевого шпата	Глинистые вещества	Свободный кварц	Примеси
Полигонное, П-1	6,22	0,67	1,72	8,61	71,83	18,31	1,26
Северо-Ушкотинское: СУ-14	7,18	0,69	1,75	9,62	81,55	7,42	1,42
СУ-36	7,20	0,86	2,61	10,67	87,61	0,97	0,9
СУ-71	3,65	0,34	2,17	6,16	69,26	23,74	0,87

Минеральный состав обогащенных проб каолина, класс крупности 0,02 мм, приведен в табл. 3.44.

Таблица 3.44. Минеральный состав обогащенных проб каолина, класс крупности 0,02 мм

Наименование месторождения	Минеральный состав проб, %			
	Каолинит	Кварц	Слюда	Полевой шпат
Полигонное	74±7–82±7	13±3–16±3	5,2±2–9±2	0,0–1,0±0,5
Северо-Ушкотинское	94–95	1–2	3±1	не обнаружен

Дисперсный состав проб каолина Полигонного и Северо-Ушкотинского месторождений приведен в табл. 3.45.

Керамические свойства проб каолинов, обогащенных с использованием сит с сеткой № 02, приведены в табл. 3.46.

Полная усадка варьрует от 5,6 до 13,1 %, соответственно варьирует и водопоглощение керамического черепка от 4–6 % до 8–18,5%.

Пробы каолина Северо-Ушкотинского месторождения характеризуются низкими значениями предела прочности при изгибе в сухом состоянии.

Белизна каолина Полигонного месторождения – 62%, Северо-Ушкотинского – 78 %.

Таблица 3.45. Дисперсный состав проб каолина Полигонного и Северо-Ушкотинского месторождений

Наименование месторождений, № проб	Содержание частиц, %				
	свыше 60 мкм	60–10 мкм	10–5 мкм	5–1 мкм	менее 1 мкм
Полигонное, П–1	40,98	37,0	8,62	8,28	5,01
Северо-Ушкотиинское: СУ–14	35,17	25,55	10,28	14,96	14,04
СУ–36	46,02	13,24	7,46	15,12	18,16
СУ–71	41,1	27,72	9,68	12,56	8,94

Таблица 3.46. Керамические свойства проб каолинов Полигон ного и Северо-Ушкотинского месторождений

Наименование месторождений, № проб	Порог структурообразования, г/см ³	Остаток на сите с сеткой №0063, %	Влажность формовочная, %	Усадка, %			Механическая прочность на изгиб, МПа		Водопоглощение, %
				Воздушная	Огне-вая	Полная	В сухом состоянии	В обожженном состоянии	
Полигонное, П–1	1,28	41,3	22,5	2,7	5,8	8,4	1,8	29,4	7,1
Северо-Ушкотинское: СУ–14	1,11	37,1	28,0	4,9	8,6	13,1	2,3	47,0	13,9
СУ–36	1,18	45,6	23,0	2,3	8,9	11,0	1,7	60,0	18,5
СУ–71	1,3	41,6	22,0	1,0	4,7	5,6	1,0	22,0	8,0

Киембаевское месторождение каолинов расположено в Домбаровском районе Оренбургской области. Химический состав каолинов Киембаевского месторождения приведен в табл. 3.47.

Отличительной особенностью каолинов являются два обстоятельства: во-первых, относительно низкое содержание оксида алюминия, во-вторых, достаточно высокая чистота материала, содержание примесей не превышает 3,5%.

Огнеупорность каолина 1650–1670°С.

Каолин относится к классу огнеупорных полукислых малопластичных глин, которые могут быть использованы в огнеупорной и керамической промышленности. Кроме того, просматриваются предпосылки его использования в производстве волокнистых материалов.

Мугоджарская каолиноносная субпровинция, по сравнению с Южноуральской и Среднеуральской субпровинциями, изучена слабо.

Несмотря на широкое развитие здесь площадных кор выветривания, ни одно из связанных с ними месторождений элювиальных каолинов не эксплуатируется. Необходимо проведение поисковых и разведочных работ по доразведке перспективных залежей и месторождений каолинов.

Таблица 3.47. Химический состав каолинов Киембаевского месторождения

Наименование проб	Содержание оксидов в пересчете на сухое вещество, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	ППП
Пр. 7–1	67,58	21,46	2,01	0,70	0,55	0,56	нет	0,08	6,58
Пр. 7–2	67,27	21,55	2,01	0,70	0,35	0,50	нет	0,06	7,14
Пр. 22–1	65,21	22,98	1,51	0,80	0,43	0,23	нет	0,07	8,93
Пр. 22–2	65,56	22,87	1,31	0,80	0,35	0,22	нет	0,08	8,44
Пр. 27–1	70,58	19,11	1,41	0,80	0,55	0,49	нет	0,08	6,68
Пр. 27–2	74,90	15,89	1,51	0,70	0,43	0,32	нет	0,06	6,02
Пр. 58	58,76	27,33	1,21	0,91	0,86	0,31	нет	0,10	10,32
Пр. 77	69,15	21,13	1,50	0,90	0,43	0,58	нет	0,08	5,81
Пр. 7–1–1	65,55	22,60	1,61	0,57	0,26	0,33	0,46	0,05	8,10
Пр. 7–1–2	64,26	22,89	1,29	0,81	0,26	0,33	0,39	0,05	8,22
Пр. Е (валовая)	63,4	24,5	1,42	–	0,40	1,18	0,72	8,8	–

3.2. Щелочные каолины Урала

Щелочные микроклинсодержащие или микроклиновые каолины давно разрабатываются за рубежом. В литературе имеются описания отдельных месторождений, особенно германских, однако сводной работы по этим образованиям до сих пор не опубликовано. Лишь в последние годы появился ряд статей, где дается характеристика выявленных месторождений. Серицитосодержащие щелочные каолины описаны в технической литературе недостаточно детально, что, по-видимому, скорее можно объяснить «непривычностью» этого полезного ископаемого, чем редкостью его месторождений.

Итак, под щелочными каолинами следует понимать глинистые образования экзогенного, экзогенно-осадочного или гидротермального происхождения, основная часть которых, кроме обычных для нормальных бесщелочных каолинов кварца и каолинита, представлена микроклином или серицитом. Необходимо подчеркнуть, что микроклинсодержащие каолины практически всегда в подчиненном количестве содержат серицит.

Растущие потребности керамической промышленности России в высоко-калиевом полевошпатовом сырье не могут быть удовлетворены за счет разведанных месторождений. При поисках новых перспективных источников сырья особое внимание исследователей привлекают нижние горизонты кор выветривания пород, содержащих калиевые полевые шпаты (нормальные и щелочные граниты, их эффузивные аналоги, мигматиты, аркозы и др.). По существу, это один из самых перспективных промышленно-генетических типов месторождений высококалиевого полевошпатового сырья.

Основные породообразующие минералы щелочных каолинов – кварц (от 35 до 50%), каолинит (от 20 до 40%), микроклин (от 10–15 до 25–30%). В небольших количествах (3–10%) в породе встречаются гидробиотит и серицит – основные носители железа в щелочных каолинах. Из других минералов характерны карбонаты и альбит (не более 2%).

Требования промышленности к качеству щелочных каолинов пока детально не разработаны. Предполагается, что в сырце содержание щелочей должно быть не менее 3,5% при калиевом модуле не ниже 4%; количество микроклина – не менее 20%, он должен находиться в породе в виде мономинеральных зерен (без вростков кварца); содержание же-

леза в пересчете на полуторные оксиды – не более 0,6%, содержание оксидов железа и титана, входящих в состав микроклина – не более 0,25%; количество кальция должно быть минимальным.

В последние годы поиски щелочных каолинов проведены на Среднем и Южном Урале. На Среднем Урале обследованы Верхне-Исетская интрузия, Соколовский, Трифоновский и Рефтинский массивы. На Южном Урале изучены Бердяшская, Челябинская, Варламовская и др. интрузии; Султаевский и Велико-Петровский массивы. В результате проведенных поисковых работ, охвативших весьма ограниченные площади, выявлен ряд участков щелочных каолинов: Кременкульский, Красное поле (Челябинская интрузия), Варламовский и Рефтинский (на одноименных массивах). Общие недостатки выявленных участков – ограниченные запасы, малые мощности продуктивной толщи, непостоянство условий залегания и вещественного состава, относительно низкий (10–20%) выход микроклинового продукта.

Кроме поисков щелочных каолинов целесообразно провести доизучение известных месторождений: Чекмакульского, Журавлиный лог, Михайловского, Чуксинского. Для сырья всех этих объектов характерно довольно большое содержание песчаной составляющей, в которой одним из основных компонентов отмечен белый микроклин. Месторождение Журавлиный лог представлено покровной залежью пинов площадью 0,25 км², развитых по гнейсо-гранитам; мощность толщи 3,5–30,5 м (средняя 18 м). Содержание щелочей в белой разновидности каолина-сырца в среднем составляет 3,13%. Песчаная фракция (выход 46,9%) состоит из кварца, микроклина и слюды. Интерес представляет также и Кыштымское месторождение, точнее участок, кора выветривания на котором развита по гранито-гнейсам.

Следует дать оценку качества сырья таких проявлений каолинов, как Уктусское и Нюксинское (Свердловская область), Юльевское, Котлик, Неплюевское и Летние хутора (Челябинская область).

В Оренбургской области известны месторождения элювиальных каолинов, среди которых отмечены щелочные (микроклиновые); содержание щелочей достигает 5,0% при большом количестве окрашивающих оксидов (0,93–2,33%). Значительная часть каолинов Домбаровского месторождения, развитых по гранитам и гранито-гнейсам, по-видимому, также относится к щелочной разновидности. На востоке области выявлено около 50 месторождений и проявлений каолинов, связанных с корой выветривания интрузивных и эффузивных пород кислого состава; щелочные каолины не отмечены, но, безусловно, имеются.

На юге Зауралья, в северной части Кошенсайского гранитного массива отдельными скважинами подсечена мощная (30–60 м) каолиновая кора выветривания; нормальные каолины имеют мощность 8–34 м, сырец содержит 1,4–4,2% оксида калия.

Для выявления щелочных каолинов перспективны также Верхне-Ушкотинская гранитная интрузия, характеризующаяся широким развитием мощной (10–40 м) коры выветривания и северная часть Джарбутакского гранитного массива. Из известных проявлений заслуживают внимания Киембаевское 1 и 2, Шильдинское 1 и 2, Лиманское и Подольское, каолины которых развиты по гранитам.

Еленинское месторождение приурочено к коре выветривания микроклиновых гранитов Джабык-Карагайского массива. Щелочной каолин, содержащий 2–3% оксида калия, обнаружен разведочными работами в 1958/59 гг., но его залегание не было уточнено при подсчете запасов.

Полтаевское месторождение приурочено к коре выветривания порфировидных биотитовых и лейкократовых средне- и мелкозернистых гранитов Челябинского массива, пронизанных кварцевыми и аплит-пегматитовыми жилами. В процессе разведки выделено 29 отдельных залежей каолинов, наиболее крупные имеют 0,4–0,7 км в длину, 0,1–0,7 км в ширину. Мощность залежей колеблется от 0,4 до 31 м. Щелочные каолины в подсчет запасов не включены, щелочное сырье не изучено.

Актуальной задачей для Урала является создание промышленных запасов щелочных каолинов, которые здесь почти не изучены. Первоочередным объектом исследования должно явиться месторождение каолинов «Журавлиный лог», которое необходимо переисследовать. Все каолиновые залежи, связанные с корой выветривания микроклиновых гранитов Восточно-Уральского поднятия, являются потенциально перспективными на щелочные каолины.

3.3. Галлуазит

Среди глинистых материалов особенно замечателен галлуазит. За последнее время к нему значительно возрос интерес. По мере развития исследовательских работ случаи нахождения галлуазитовых глин все более множатся. Это объясняется тем, что некоторые технологические

особенности глин, используемых в промышленности, особенно уральских и сибирских месторождений, связываются с присутствием в них галлуазита.

Галлуазит $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--}2\text{SiO}_2\text{--}2\text{H}_2\text{O}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – глинистый минерал. По химическому составу близок к каолиниту, но содержит несколько больше воды (четыре молекулы). Половина количества воды представлена в минерале в виде гидроксила, остальная – в виде молекулы воды (H_2O). При этом вода между слоями не является жидкостью, так как молекулы ее находятся в фиксированном положении как в структуре льда. Количество молекулярной воды непостоянно (меньше, чем $4\text{H}_2\text{O}$); в зависимости от чего колеблется содержание и остальных компонентов. Кроме того, для галлуазита характерны и изменяющиеся и расстояния между слоями воды, причем молекулы воды в слоях связаны посредством гидроксильных групп. Связь двух добавочных молекул воды с силикатными слоями настолько слаба, что *ли*-связи разрываются уже при 50°C . Силы связи очень слабы вследствие полного насыщения всех возможных химических валентностей. Поэтому легко представить, что две добавочные молекулы воды не входят в структуру силиката, а также понять, как осуществляется переход к метегаллуазиту ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{--}2\text{SiO}_2\text{--}2\text{H}_2\text{O}$). Между слоями гидроксидов кремния и алюминия имеется непосредственная связь, почти равная связи в каолините.

Галлуазит отличается от других каолиновых минералов тем, что он существует в виде трубчатых индивидов. Длина этих трубочек иногда достигает 1–2 мкм, но чаще их размер не превышает 1 мкм. Предполагают, что трубчатый габитус галлуазита обусловлен натяжениями, возникающими вследствие несоответствия размеров кремнекислородных и алюмокислородных слоев. Образованию трубчатых форм у кристаллов других каолиновых минералов, по-видимому, препятствует наличие водородных связей и, следовательно, большая толщина пластинок.

Галлуазит в естественном виде состоит из частично дегидратированных кристаллов трубчатой формы размером 0,5–1,0 мкм и большого количества обломков кристаллов, утративших эту форму. Кристаллической решетке галлуазита, также как и каолинита, не свойственны замещения.

Различают два типа галлуазита: один – белый или светлоокрашенный, пористый и рыхлый, почти пушистый, и другой – плотный, фарфороподобный, белого, светло-желтого и рыжего цвета, часто бывает окружен землистой, хрупкой, нередко окрашенной оксидами железа в бурый

цвет коркой метагаллуазита, а также коричневый от оксидов железа (железистый галлуазит). Галлуазит, в котором 6–8 % и больше Al_2O_3 замещены Fe_2O_3 относят к феррогаллуазиту [$\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$].

У свежих фарфоровидных разновидностей галлуазита блеск восковой, у рыхлых, пористых – матовый. Твердость у галлуазита низкая. У рыхлых и пористых – 1–2, у плотных и твердых разновидностей до 3. Галлуазит хрупок. Легко полируется при трении ногтем. Рыхлые разновидности на ощупь часто талькоподобные. Плотные разности по высыхании на воздухе растрескиваются, распадаясь на мелкие угловатые обломки с плоскораковистым изломом (явление, весьма характерное для всех минералов группы галлуазита). Рыхлые разности галлуазита по внешним признакам неотличимы от таких же разновидностей каолинита. Практически у них аналогичны и кривые нагревания. Однако существенно отличаются от каолинита оптическими константами, а также по поведению кривых обезвоживания, особенно в начальный период.

Установлено, что при нагревании галлуазит два раза отдает воду. Первая потеря воды происходит при температуре 50–100°C. Эта потеря воды составляет для воздушно-сухого галлуазита состава $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ две молекулы воды и новое вещество имеет состав $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Вещество это имеет заметно повышенный показатель преломления против первоначального галлуазита и одновременно отличается от последнего также строением своей кристаллической решетки. Хотя химически обезвоженный галлуазит соответствует формуле каолинита, но кристаллическая решетка его отличается от таковой каолинита, почему и рассматривают его как новый минерал и называют метагаллуазитом. Вода, выделяющаяся при 50°C, не является адсорбционной, а входит в решетку галлуазита; метагаллуазит выделенную воду снова не поглощает. Обратный переход не может быть осуществлен посредством гидратации, так как гидроксильные связи ионов кислорода в каолиноподобных слоях метагаллуазита прочнее, чем водные связи водного слоя.

Наружная корка вокруг галлуазита связана с частичным обезвоживанием его в результате выветривания.

Остальные две части воды остаются при обезвоживании в решетке галлуазита.

При нагревании до 400°C характерные свойства галлуазита сохраняются. В этом случае уменьшаются расстояния по базису до соответствующих каолиниту.

Очень сильный эндотермический эффект фиксируется при удалении конституционной воды (выхода последних двух молекул воды), минимум которого приходится на 550–600°C и происходит разрушение кристаллической решетки галлуазита.

Первый острый значительный экзотермический эффект (990–1100°C) связан, по-видимому, с образованием муллита. Второй экзотермический эффект (1175–1210°C) связан, возможно, с переходом остатков аморфного кремнезема (от распада галлуазита) в кристобалит.

Термограмма напоминает термограмму каолинита, но отличается от нее эндотермикой при 50–100°C.

При исследовании изменений в галлуазитах Урала при нагревании было установлено следующее.

1. Кривые обезвоживания галлуазита Журавлинского месторождения (Пермская область) показывают, что до 400–430°C происходит постепенная потеря воды, затем ход кривых резко меняется, вода убывает быстро, приблизительно до 500°C, после чего кривая резко выполаживается.

2. Кривые нагревания Айдырлинского (Оренбургская область) образца показали типичную каолиновую эндотермическую остановку при 950–990°C. Галлуазитовая остановка находится в пределах 70–1000 С.

Кривые обезвоживания айдырлинского галлуазита можно разделить на четыре отрезка (табл. 3.48).

Таблица 3.48. Кривые обезвоживания галлуазита

Образец	Потеря воды в мас. %			
	От обыкновенной температуры до 100–110°C	От 100–110 до 300–350°C	От 300–350 до 400°C	От 400 до 800–850°C
Плотный галлуазит (Айдырля)	4,95	2,31	10,48	1,30

Вместе с изменением содержания воды и уплотнением вещества изменяется показатель преломления: у айдырлинского галлуазита $N_m = 1,543$ до $1,552$ при 110°C, затем с 350 до 400°C резко падает до $N_m = 1,520$, с 450 до 650°C постепенно поднимается до $N_m = 1,525$, а в пределах 750–800°C делает скачек до $N_m = 1,543$, что соответствует изменению в составе продуктов дегидрации минерала.

У киёмбаевского (Актюбинская область, Республика Казахстан) ферригаллуазита кроме двух эндотермических появляется два экзотермических эффекта (при 870 и 1080°C) и повышается двупреломление ($N_m = 1,540-1,542$).

Оптически галлуазит и метагаллуазит почти изотропны, но рентгеноанализ обнаруживает структуру, близкую к каолинитовой. Вследствие потери двух молекул воды показатель преломления возрастает от 1,528–1,542 до 1,549–1,553.

Полностью гидратированный галлуазит имеет на рентгенограмме сильный базальный рефлекс $1,01-10^{-10}$ мм, после необратимого высушивания при 110°C появляется вместо него рефлекс $0,72 \cdot 10^{-10}$ мм. Промежуток толщиной $0,29-10^{-10}$ мм необходим для размещения дополнительных молекул H_2O , входящих в формулу галлуазита.

Теплота смачивания галлуазита 28,9 Дж/г, температура плавления 1780–1790°C. Линейная усадка: воздушная 7–15%, огневая – 11. Удельная поверхность галлуазита 250 м²/г. В пламени паяльной трубки галлуазит не плавится. В сухом виде липнет к языку. Галлуазит характеризуется наименьшей степенью упорядоченности.

Химический состав чистых минералов галлуазита соответствует теоретическому составу и приведен в табл. 3.49.

Таблица 3.49. Химический состав чистых минералов галлуазита

Минерал	Содержание оксидов, %		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O
Галлуазит Al ₂ O ₃ • 2SiO ₂ *4H ₂ O	40,80	34,70	25,0
Галлуазит Al ₂ O ₃ * 2SiO ₂ *3H ₂ O	43,50	36,90	19,60
Метагаллуазит Al ₂ O ₃ • 2SiO ₂ *2H ₂ O	46,60	39,48	13,92

В качестве примесей в незначительных количествах присутствуют Fe₂O₃, Cr₂O₃, MgO, FeO, иногда NiO, CuO, ZnO.

Химический состав галлуазитов Урала приведен в табл. 3.50.

Таблица 3.50. Химический состав галлуазитов Урала

Месторождение	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	MgO	NiO	H ₂ O
Айдырлинское	43,27	37,41	0,11	–	0,16	–	–	19,37
Журавлинское	46,47	37,61	0,13	–	–	0,60	–	15,47
Кимперсайское	42,62	39,52	0,54	0,14	–	0,98	0,16	16,25

Галлуазит из Айдырли нежно голубой, гелеподобный, излом плоскораковистый. Твердость 1–2. Анализ дает большую чистоту минерала.

Кимперсайский галлуазит слегка зеленоватый. Продукт разложения габбро-амфиболитов. Журавлинское месторождение галлуазита очень сложное и его развитие представляется в следующем виде.

1. Серный колчедан, находящийся в темных глинах, которые лежат выше каменноугольного известняка, окисляясь, дает сернокислые соли железа, гидрат оксида железа и серную кислоту.

2. Получившаяся при окислении пирита серная кислота действует на каолинит глины, слюду и полевой шпат, присутствующие в глинах (песчанниках), в результате чего получается H_2SiO_3 , $Al_2(SO_4)_3$ и K_2SO_4 .

3. Сернокислые растворы, кремнезем и избыток серной кислоты проникают до известняка, который вызывает осаждение гидрата глинозема и образование гипса и CO_2 , чем создаются условия для выноса водного кремнезема. Гипс также выщелачивается.

4. С другой стороны, выщелачивание вышележащих глин создает условия, благоприятные для образования устойчивых каолинитовых суспензий, которые, спустившись вниз до известняка, попадают в условия своей коагуляции вследствие присутствия $CaCO_3$; отсюда получают осадки каолинита и галлуазита.

5. Галлуазит, в свою очередь, в присутствии свободной H_2SO_4 превращается в алунит. Такова сложность процессов, имеющих место в образовании сложного и пестрого по составу Журавлинского алунито-каолинитового месторождения.

Синтетически галлуазит пока не получен (при синтезе употребляются слишком высокие для образования галлуазита температуры), но то обстоятельство, что галлуазит большей частью приурочен к гипергенным продуктам основных пород, позволяет сделать заключение не только об относительно низких температурах его образования, но и о том, что среда, в которой он образуется, менее кислая, чем при образовании каолинита (имеются галлуазиты, которые разлагаются в кислотах).

Отношение галлуазита, метагаллуазита и каолинита к соляной кислоте, к едкому натру и перекиси водорода не одинаково (табл. 3.51).

При $100^\circ C$ галлуазит растворим в концентрированной HCl и 11,5M растворе H_2SO_4 . Не растворим в 1M-растворе KOH при нагревании до $100^\circ C$.

Таблица 3.51. Разложение галлуазита, метагаллуазита и каолинита в HCl, NaOH и H₂O₂ (%)

Образцы	При комнатной температуре					
	В 5% HCl	В 10% HCl	В конц. HCl	В 1% NaOH	В 10% NaOH	В 6% H ₂ O ₂
Галлуазит	8	13	16	12	19	–
Метагаллуазит	2	3	4	4	11	–
Каолинит	1	1		2	5	–
При температуре водяной бани						
Галлуазит	16	33 46		40	77	1
Метагаллуазит	10	12	4	12	56	–
Каолинит	1	2	4	6	20	–

Способность к комплексообразованию у галлуазитов выражена слабо. При обработке галлуазита избыточным количеством органических жидкостей слои молекул воды замещаются слоями органических жидкостей, что сопровождается изменением базального межплоскостного расстояния от $1,011 \cdot 10^{-10}$ до $1,1 \cdot 10^{-10}$ мм, зависящем от характера органических молекул. Поглощенные молекулы органического вещества размещаются в галлуазите, по-видимому, однослойно. Имеются указания, что в единичных случаях при этом удавалось увеличить межплоскостные расстояния до $1,71 \cdot 10^{-10}$ мм. Это может служить важным диагностическим признаком, в частности, если галлуазит содержится в смеси с каолинитом.

Галлуазиты способны также поглощать сульфиты, хлориты, нитраты в количестве от 5 до 45% своей массы, что также сопровождается расширением решетки.

Емкость катионного обмена галлуазита 15–40 мг-экв. на 100 г. Метагаллуазит умеренно пластичен и обменная способность его ионов незначительна, часто она составляет лишь 8 мг-экв. на 100 г. В формуле $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot nH_2O$ может изменяться от 3,5 до 4,0 мг-экв. для галлуазита и от 2,33 до 2,66 мг-экв. для метагаллуазита.

Природа галлуазита пока недостаточно еще выяснена, некоторые исследователи рассматривают галлуазит в качестве самостоятельной группы, включая в нее галлуазит, метагаллуазит и ферригаллуазит.

Все относящиеся сюда минеральные виды обладают общими физическими свойствами и близки друг к другу по условиям их образования. Как правило, эти минералы встречаются в виде коллоидных или метакolloидных образований, возникая в виде гелей путем коагуляции зелей исключительно в экзогенных зонах.

Галлуазит является типичным экзогенным минералом, встречается вместе с каолинитами, с обычным преобладанием первого минерала как в остаточных, так и в переотложенных глинах и каолинах. Многие принимают галлуазит за коллоидный, переходный к каолиниту продукт. Обычно образование галлуазита связано: а) с корой выветривания на габбро и габбро-амфиболитах, габбро-диабазам и кремнистых сланцах; б) с прожилками в основных и ультраосновных породах; в) с переотложенными континентальными глинами в виде выпавших из раствора в карстах минералов. Известны случаи нахождения галлуазита совместно с алунитом (действие сернокислых вод), а также с диаспорой, гиббситом, монтмориллонитом и др. Его находят в линзообразных массах и стяжениях, в пустотах различных пород, как вторичное образование и как составную часть тонких фракций осадочных пород: в глинах и суглинках различных пород. Нередко он встречается в некоторых рудных месторождениях никеля, меди, железных и цинковых руд, залегая вместе с ними в карстовых впадинах среди известняков, является он также продуктом выветривания цветной составной части ультраосновных и основных пород. Встречается в кислых почвах, богатых органическими кислотами.

Галлуазит довольно широко распространен в коре выветривания многих месторождений никелевых гидросиликатов Южного Урала: Айдырлинском, Халиловском, Кимперсайском и др. Обычно он загрязнен различными химическими и механическими примесями. На Среднем Урале на месторождении алунитовых глин Журавлинского месторождения (на реке Чусовой, Пермская область) в карстовой впадине вместе с алунитом и гидрагиллитом на границе известняков и бурых глин выявлены значительные запасы галлуазита. Рентгенограмма необработанного образца свидетельствует о том, что в образце присутствует метагаллуазит. В Уфалейском районе (Челябинская область) среди глиноподобных образований встречается галлуазит гарниеритового ряда ($\text{Ni}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Сравнительно широко он распространен в коре выветривания серпентинитов в Аккерманском (около Орска) и Халиловском (Оренбургская область) районах, а также в месторождениях Кимперсайского района (Актюбинская область, Республика Казахстан).

Гарниерит-галлуазит – минералы этого ряда изучены в месторождениях силикатно-никелевых руд Среднего Урала: Петровском, Тюленевском, Ново-Черемшанском, Голендухинском и др. Здесь минералы этого

ряда широко развиты на поверхности мраморов или конкреций в галлуазитовых глинах по соседству с подвергнувшимися выветриванию в древнее время серпентинитовыми массивами.

Гарниерит-галлуазит – этот ряд обнимает многочисленные минеральные виды, отличающиеся друг от друга главным образом по химическому составу и окраске. Как правило, эти минералы встречаются в виде коллоидных или метаколлоидных образований.

Галлуазитам, как и другим глинистым минералам, свойственна лабильность связей, что наблюдается в перестройке их структур, например, из галлуазита образуются либо слюдоподобные (в присутствии щелочей), либо разбухающие (в присутствии щелочноземельных ионов) фазы в автоклаве (410–550°C и 90,0 МПа).

3. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ГЛИН И КАОЛИНОВ

Глинистые породы имеют широкое применение в различных отраслях промышленности. Они используются в производстве изделий строительной, грубой и тонкой керамики, огнеупорных материалов, цемента, для буровых глинистых растворов, в литейном производстве, бумажной, резиновой промышленности, в производстве керамзита и аглопорита, для очистки нефтепродуктов и жиров, в производстве минеральных красок и др.

Качественная оценка глинистых пород производится в зависимости от области их применения. В производстве керамических изделий – по их керамическим свойствам и химическому составу; для производства керамзита имеет значение их способность к вспучиванию; в других случаях учитывается минеральный и гранулометрический состав, вязкость, кроющая способность и т.д. Пригодность глинистого сырья для различных назначений определяется соответствующими ГОСТами, техническими условиями (ТУ) или кондициями, которые утверждаются в установленном порядке. Для некоторых отраслей промышленности строгой зависимости между свойствами сырья и качеством готовой продукции не установлено, поэтому определенных требований к качеству глинистого сырья нет, и возможность использования такого сырья для производства изделий определяется качеством готовых изделий, лимитируемых соответствующими ГОСТами.

Согласно ГОСТ 9169–75 (Глинистое сырье для керамической промышленности) в зависимости от огнеупорности глинистое сырье подразделяется на следующие группы: 1) огнеупорные – 1580°C и выше; 2) тугоплавкие – от 1350 до 1580°C; 3) легкоплавкие – менее 1350°C.

Огнеупорные глины – это глинистые породы с температурой плавления 1580°C и выше. К огнеупорным глинам относятся не только собственно глины с высокой огнеупорностью, но также огнеупорные осадочные глинистые породы, потерявшие пластичность в результате геологических процессов, такие как «сахарные глины» и др. К огнеупорным глинам обычно причисляются, кроме того, и огнеупорные остаточные элювиальные и гидротермально-метасоматические глинистые породы.

Высокая температура плавления (огнеупорность) глинистого сырья обусловлена присутствием в нем глинистых минералов группы каолинита и минералов свободного глинозема. Примесь минералов группы монтмориллонита повышает пластичность и связующую способность сырья, а наличие минералов группы гидрослюд улучшает спекаемость. Присутствие оксидов и гидроксидов железа, кварца (песчано-алевритовой фракции), включений сульфидов, карбонатов, сульфатов ухудшает качество сырья. Таким образом, огнеупорные глины представляют собой глинистое сырье, состоящее существенно из глинистых минералов группы каолинита. В этом отношении огнеупорные глины сходны с каолинами, от которых они отличаются, прежде всего, гранулярным составом. Каолины менее дисперсны по сравнению с огнеупорными глинами, содержат примесь песчано-алевритовой фракции, поэтому не обладают пластичностью и другими, присущими глинам свойствами. Четкой границы между каолинами и огнеупорными глинами не установлено.

Промышленные залежи огнеупорных глин подразделяют на четыре основных минеральных типа: гидрагиллит-каолинитовый, каолинитовый, монтмориллонит-каолинитовый и гидрослюдисто каолинитовый. В огнеупорных глинах первых трех типов каолинит – единственный или преобладающий глинистый минерал. К последнему типу причислены огнеупорные глины, состоящие из каолинита и гидрослюд в разных соотношениях (с преобладанием того или другого), а также глины, содержащие кроме каолинита монтмориллонит-гидрослюдистые смешанослойные минералы. Промышленное значение могут иметь также галлуазит-каолинитовые огнеупорные глины и другие.

Тугоплавкие глины преимущественно каолинит-гидрослюдистого или гидрослюдисто-каолинитового состава с небольшой примесью смешанослойных образований и монтмориллонита. Глины обычно в

той или иной степени запесочены. Содержание кварцевого песка обычно варьирует в пределах одного пласта или одной линзы очень широко – от 10–20 до 40–50% и выше. Кроме кварцевого песка в глинах могут присутствовать полевой шпат, мусковит, кальцит, гипс, а также обломки карбонатных пород, гранатов, оксиды и гидроксиды железа, пирит, сидерит, эпидот, рутил и другие. Наибольшее распространение в глинах имеют оксиды и гидроксиды железа, кальцит, обломки карбонатов, мусковит.

Легкоплавкие глинистые породы – это разнообразные природные полиминеральные смеси, которые при затворении водой приобретают пластичность, а после обжига при температуре 800–1000°C представляет собой камнеподобный материал. Глины сложены обычно из нескольких минералов, преимущественно из минералов монтмориллонитовой и гидрослюдистой групп и редко с незначительной примесью минералов каолининовой группы.

В легкоплавких глинах из минералов-примесей наиболее часто встречаются кварц, известняк CaCO_3 и доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.

Кварц находится в глинах в виде окатанных зерен или частиц неправильной формы. Наличие кварца отощает глину, а повышенное содержание его уменьшает прочность изделий.

Известняк и доломит, содержащиеся в глинах в виде крупных включений, являются вредными примесями и после обжига изделий вызывают их разрушение.

Если эти минералы-примеси находятся в глине в тонкодисперсном состоянии и равномерно распределены, то они не вызывают разрушения изделий и лишь уменьшают пластичность и огнеупорность глины.

Важнейшими особенностями глинистых пород, определяющих их технологические свойства, являются дисперсность, химический и минеральный составы и связанные с ними физические и технические свойства.

Одним из главных признаков глинистых пород является их дисперсность. Основное значение имеют частицы мельче 0,005 мм. Эта тонкая составляющая именуется по-разному: «глинистым веществом», «глинистой субстанцией», «собственно глиной».

В ее составе выделяется фракция мельче 0,001 мм, имеющая признаки коллоидности. Более крупные частицы (0,005–0,001 мм) обладают уже менее ясно выраженными свойствами глин.

Изменения свойств глинистых частиц в зависимости от их крупности приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Свойства фракций глин

Размер частиц, мм	Число пластичности по Аттербергу	Временное сопротивление сжатию, МПа
0,05–0,01	1,8	0,0
0,01–0,005	2,2	0,7
0,005–0,001	8,4	12,5
0,001 и менее	14,8	50,0

Существует несколько классификаций глин по размерам частиц. Наиболее удачной является классификация Л.Б. Рухина (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Классификация глин по размерам частиц

Порода	Содержание частиц, вес. %			
	коллоидных 0,001 мм	пылеватых 0,001–0,01 мм	алевритовых 0,01–0,1 мм	песчаных 0,1–1,0 мм
Глины типичные (коллоидные)	>50	26–50	<25	<5
Глины пылеватые	26–50 (в сумме)	>50 более 75)	<25	<5
Алевритистые	(в сумме 50–75)		<25	<5
Алевритовые	то же		26–50	<5
Песчанистые	то же		<25	<25
Песчаные	то же		<25	<26–50

Если в глине песчаных и алевритовых фракций более 5%, но менее 25% каждой, глинам дается смешанное название, в зависимости от соотношения песчаной и алевритовой фракций. Так, глины называются алевритисто-песчанистыми, если песка больше, чем алеврита, или песчанисто-алевритистыми, если алеврита больше 25%.

В этих глинах содержание частиц < 0,01 мм должно быть не менее 50%. Компонент, содержащийся в меньшем количестве, становится в начале названия. Если песка и алеврита в сумме более 50%, то породы не называются глинами, их именуют алевритами, суглинками и супесями. При содержании алевритовых и песчаных частиц до 5% их наименования в название глины не вводится. Иногда этот процент повышается до 10.

Следует отметить, что глинистому сырью, употребляемому в кирпично-черепичном производстве, в зависимости от процентного соотношения в нем глинистых (менее 0,005 мм), пылеватых (0,005–0,15 мм) и песчаных (0,15–5 мм) частиц даются особые наименования (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Наименование глин в зависимости от процентного соотношения частиц

Наименование глины	Содержание частиц, %	
	Глинистых <0,005 мм	Пыли 0,005–0,15 мм и песка >0,15 мм
Тяжелая глина	>60	<40
Глина	60–30	40–70
Суглинок тяжелый	30–20	70–80
Суглинок средний	20–15	80–85
Суглинок легкий	15–10	85–90
Супесок	10–5	90–95
Песок	<5	>95

В кирпичном производстве применяются также лессовые глины, представляющие собой особую разновидность глин с высоким содержанием пылевидных частиц и известняковых включений.

Согласно ГОСТ 9169–75 (Глинистое сырье для керамической промышленности) по степени дисперсности глины подразделяются на высокодисперсные, дисперсные и грубодисперсные (табл. 4.1).

Особенностью глинистых минералов является ярко выраженное различие размеров частиц в разных направлениях. По длине и ширине частицы могут относиться к группе грубодисперсных, а по толщине – к тонкодисперсным или даже к коллоидам. Форма и размеры частиц некоторых глинистых минералов приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Форма и размеры частиц некоторых глинистых минералов

Минералы	Форма частиц	Размер частиц, мкм
1	2	3
Каолинит	Гексагональные пластинки. часто хорошо образованные, иногда удлиненные	Ширина 0,1–4,0; толщина 0,005–2,0
Галлуазит	Удлиненные частицы – лейсты или трубочки	Длина 0,1–2,0; внешний диаметр трубочек от 0,04 до 0,19; внутренний диаметр трубочек от 0,02 до 0,1
Монтмориллонит	Плохо выраженные формы, редко гексагональные. Характерна тенденция к образованию агрегатов частиц	Поперечник до 1,0–0,3 и выше; толщина 0,001–0,02
Гидромусковит (иллит)	Плохо выраженные, иногда гексагональные пластинки	Ширина 0,1–0,3; толщина 0,003 и более
Пальгорскит (аттапульгит)	Волокна	Длина до 5,0; ширина около 0,01 – 0,02; толщина около 0,01 – 0,1

Химический состав является важным показателем качества глин и в значительной мере определяет области их использования. Глины, состоящие главным образом из SiO_2 , Al_2O_3 и H_2O (содержание Al_2O_3 , может достигать 39%), при небольшом содержании других оксидов обычно относятся к высшим сортам огнеупорных глин. В их составе преобладает каолинит. Если при таком же содержании указанных оксидов в глинах присутствуют щелочи (до 3%), то это указывает на наличие в них слюдястых минералов. Для легкоплавких, к которым относится большинство строительных глин, характерно высокое содержание основных оксидов и низкое Al_2O_3 при широком диапазоне колебаний (от 3 до 28%). Невысокие у них и потери при прокаливании (3–12%), в то время как у огнеупорных глин этот показатель достигает 25%.

Бентонитовые глины характеризуются значительным колебанием содержания Al_2O_3 (10–37%), высоким содержанием SiO_2 (48–62%), MgO и CaO (до 6%), а также воды, выделяющейся при температуре 110°C (до 10,5%).

По содержанию оксидов $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ в прокаленном состоянии глины классифицируются по следующим признакам (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Классификация глин по содержанию $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ в прокаленном состоянии

Группы глинистого сырья	Содержание $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$
Высокоосновные	Более 40
Основные	30–40
Полукислые	15–30
Кислые	Менее 15

По содержанию красящих оксидов $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ в прокаленном состоянии глины классифицируются по следующим признакам (табл. 4.6).

Таблица 4.6. Классификация глин по содержанию красящих оксидов в прокаленном состоянии

Группы глинистого сырья	Содержание Fe_2O_3 , %	Содержание TiO_2 , %
С весьма низким содержанием красящих оксидов	–	До 1,0
С низким содержанием красящих оксидов	Менее 1,5	Менее 1,0
Со средним содержанием красящих оксидов	Свыше 1,5 до 3,0	Свыше 1,0 (до 2,0)
С высоким содержанием красящих оксидов	Более 3,0	Более 2,0

В минеральный состав глин входят: глинистая субстанция, акцессорные минералы и примеси. В составе глинистой субстанции обычно присутствуют минералы группы каолинита, галлуазита, гидрослюд и монтмориллонита.

Примечание. Глинистое сырье со средним и высоким содержанием красящих оксидов оценивают также по равномерности окраски обожженного черепка.

В группу каолинита входят каолинит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), который образуется за счет различных алюмосиликатов в кислой среде, в условиях поверхностного выветривания; являясь основной составляющей каолинов, он присутствует в том или ином количестве в большинстве глин, температура плавления $1750\text{--}1787^\circ\text{C}$. Диккит и накрит по химическому составу и макроскопическим признакам близки к каолиниту. Встречаются большей частью среди гидротермальных образований. Отличаются от каолинита по оптическим свойствам и кривым обезвоживания. Близок к каолиниту и монотермит.

Монотермитовые глины являются хорошим сырьем для получения огнеупоров и керамических изделий со спекающимся черепком. Температура плавления монотермита составляет $1550\text{--}1700^\circ\text{C}$.

В группу галлуазита входят галлуазит, метагаллуазит и ферригаллуазит. Температура плавления $1730\text{--}1790^\circ\text{C}$.

К группе монтмориллонита относится несколько минералов, отличных по структуре от каолинита. Их особенностью является способность кристаллических решеток расширяться в направлении оси С, с увеличением содержания воды от 6 до 30%. Температура плавления $1250\text{--}1300^\circ\text{C}$. Минералы этой группы обладают также способностью обмена основаниями. Важнейшим из этой группы является монтмориллонит, который часто образуется за счет выветривания вулканических продуктов – пепла, туфов. В минералах группы монтмориллонита часто Al полностью или частично заменен железом с образованием ферримонтмориллонитов, составляющих основу большинства почв и бурых легкоплавких глин. Монтмориллонитовые глины (бентониты) характеризуются высокими адсорбционными свойствами. В керамической промышленности используются в качестве добавки для увеличения пластичности шихты.

Группу гидрослюдов образуют широко распространенные минералы, которые являются промежуточными образованиями между слюдой и глинистыми минералами.

Образование их идет путем гидролитического расщепления. В эту группу входят иллит, браммалит, серицит и другие. Температура плавления 1200–1400°С.

Кроме глинистых минералов, в глинах всегда присутствуют и другие. Количество их может значительно варьировать, и они оказывают существенное влияние на качество глин. Образуются эти минералы или одновременно с глинистыми, или в течение последующих процессов. Среди минералов-примесей наиболее часто встречается кварц, главным образом в виде песчанистых зерен, рассеянных в массе породы или образуя прослой и линзы песка. Кварц является в глинах отоштителем, уменьшающим пластичность, усадку и связующую способность.

Гидроксиды железа – лимонит, гидрогематит, гидрогетит – встречаются в глинах как в рассеянном состоянии, так и в виде различных скоплений. Сульфиды железа – пирит и марказит – присутствуют в виде кристаллов, конкреций и тонкой примеси.

Цвет глины зависит от присутствия соединений железа (оксиды окрашивают в розовый, красный и бурый цвета; закисные соединения – в синеватые и зеленоватые). Оксиды марганца придают глинам буроватую окраску, органические вещества окрашивают их в палевый, серый, черный или розовый цвета.

Карбонаты кальция часто присутствуют в глинах, образуя различные стяжения (дутики, конкреции), а также тонкую пыль. При обжиге из кальция образуется СаО, при соединении с водой образуется Са(ОН)₂, с увеличением объема, что вызывает растрескивание изделий. Распыленный кальцит также оказывает отрицательное влияние на качество глин, снижая их огнеупорность, увеличивая усадку при обжиге и размягчаемость под нагрузкой.

Гипс встречается довольно часто в легкоплавких глинах и является вредной примесью, так как при обжиге теряет воду и затем, гидратируясь, увеличивается в объеме.

Органическое вещество часто имеется в глинах в виде прослоев, включений и мелкорассеянной примеси угля, сажи и торфа. Включения угля и сажи выгорают при температуре до 600°С, торф выгорает только при температуре до 900°С и при этом образуется пористый черепок, снижается объемная масса и прочность изделий.

Акцессорные минералы – турмалин, циркон, рутил, кианит, гранат, дистен, сфен и др., содержащиеся в глинах в незначительном количестве, на качество их не влияют.

Качество глин, как сырых, так и обожженных, характеризуется рядом физических показаний. Для керамики наибольшее значение имеют следующие свойства сырых глин: пластичность, связующая способность, водозатворение и воздушная усадка.

Пластичностью глин называется ее способность изменять под внешним воздействием свою форму, сохраняя ее после окончания этого воздействия. Это свойство глины позволяет получать из глины необходимые изделия.

Согласно ГОСТ 9169–75 (Глинистое сырье для керамической промышленности) по степени пластичности глины подразделяются на: высокопластичные – число пластичности более 25, умеренно пластичные – 7–15, малопластичные – менее 7, непластичные – не дают пластичного теста.

Количество воды, необходимое для придания нужной пластичности, называется водозатворением.

Высыхая, изделия из сырой глины сокращаются в размерах – это явление называется воздушной усадкой и значение ее колеблется в пределах 1,5–10,0%. По этому показателю можно судить о степени пластичности глин.

При обжиге глины претерпевают ряд изменений. Одним из важнейших является огневая усадка, т.е. изменение линейных размеров, которая может достигать 20%. По спекаемости глины подразделяются на сильноспекающиеся, среднеспекающиеся и неспекающиеся.

Огнеупорностью глин называют их свойство противостоять, не размягчаясь, воздействию высоких температур.

Содержание в глинах Al_2O_3 в значительной мере определяет их огнеупорность.

Важнейшим качественным показателем глины для изделий тонкой керамики является ее цвет после обжига (цвет черепка) и наличие мушки – точечных окрашенных включений. Глины, состоящие из водных алюмосиликатов (каолинит и др.), после обжига обычно дают белый черепок.

Наиболее частой примесью, вызывающей окраску глины после обжига, являются соединения железа, причем интенсивность окраски зависит: 1) от процентного содержания соединений железа в глине и формы их нахождения; так наиболее активным красителем являются оксидные соединения железа; 2) от температуры обжига; 3) от наличия в глине соединений, ослабляющих красящее действие железа (углекислый кальций).

Окраску глины после обжига могут также вызвать оксид титана, придающий желто-серый или синеватый цвет, и оксиды марганца и ванадия.

Области промышленного использования глин в зависимости от их минерального состава приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7. Применение глин (по В.П. Петрову)

Тип глины	Разновидность	Вид использования
Существенно каолинитовые	Первичный каолин Вторичный каолин Сухарные (забоксиченные) глины Огнеупорные малопластичные глины Огнеупорные глины	Наполнитель бумаги, резины, ядохимикатов, керамическое сырье и т.д. Огнеупоры, шамот, наполнители. Высококачественный огнеупорный безобжиговый шамот. Различные огнеупоры, фаянс, метлахская плитка и др. Огнеупоры, керамическая связка, тонкая керамика, формовочные смеси
Существенно монтмориллонитовые	Бентониты (Na-монтмориллониты), Na-Ca-монтмориллониты Железисто-монтмориллонитовые глины (часто с примесью гидрослюд)	Буровые растворы. Керамика, формовочные смеси и др. Каменный товар, метлахская плитка, керамзит, черепица
Смешанные	Железисто-монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины (часто с примесью песка, органики)	Изделия грубой керамики, каменный товар, черепица. Керамзит
Прочие	Гидрослюдистые глины, маложелезистые, железистые. Пальгорскитовые глины. Рудные глины нонtronитовые (первичные), охристые и др. Мергелистые глины	Изделия тонкой керамики, огнеупоры, керамзит. Солеустойчивые буровые растворы, наполнители. Руды Ni-Co. Составные части легированных руд железа. Составные части руд Zn,Rb, цементное сырье

Керамическая промышленность является главнейшим потребителем всех разновидностей глинистых материалов. При производстве керамических изделий используются пластические свойства глин и способность давать с водой устойчивые суспензии, а главное – свойство превращаться в процессе обжига в камнеподобный материал, неразмываемый в воде и обладающий рядом ценных качеств: механической прочностью,

твердостью, высокими диэлектрическими свойствами, химической стойкостью при нормальных и повышенных температурах.

Точно разграничить керамические изделия применительно к трем основным типам глинистого сырья не представляется возможным, поскольку некоторые изделия могут быть изготовлены из различных типов глин. Например, керамические плитки для полов и канализационные трубы могут быть сделаны как из тугоплавких, так и огнеупорных глин, в некоторых случаях – из легкоплавких и огнеупорных глин.

О суждении о пригодности соответствующих типов глин и каолинов для различных видов керамических изделий приводим краткую информацию о той роли, которую играют глины и каолины в изготовлении той или иной продукции.

Производство изделий строительной и грубой керамики

К таким изделиям относятся кирпич (керамический обыкновенный, пустотелый пластического формования и др.), черепица, керамические камни, керамические фасадные плиты и т.д. В производстве указанных изделий используются легкоплавкие глины и суглинки, реже некоторые разновидности глинистых сланцев. Оценка глинистого сырья для строительной керамики дается по качеству получаемых из используемого сырья изделий. Качество же готовых изделий определяется соответствующими ГОСТами, в основном по величине временного сопротивления сжатию, изгибу, водопоглощению и морозостойкости.

Легкоплавкие глинистые породы, используемые для производства кирпича и черепицы, должны обладать необходимой пластичностью и связующей способностью, причем при сухом способе формования кирпича могут применяться малопластичные глинистые породы, а для производства черепицы – наиболее пластичные их разновидности. Содержание песчаных фракций до 10% вполне допустимо. Иногда суглинки с содержанием песчаных фракций до 15–20% дают изделия удовлетворительного качества. Фракции крупнее 3 мм и каменистые включения, особенно карбонатные, вредны. Вредны также включения гипса, сульфата железа (пирит, марказит), крупные корни растений, водорастворимые соли.

По химическому составу наиболее благоприятными являются породы с содержанием SiO_2 от 65 до 72%; Al_2O_3 от 12 до 18%; Fe_2O_3 от 3 до 6%; CaO до 3–5%. Нежелательным является содержание в большом количестве крупных включений карбонатов кальция и магния; при неравномерном их распределении $\text{CaO} + \text{MgO}$ допустимо в пределах 3–5%, а

при тонкодисперсном – до 25%. Вредным является повышенное содержание SO_3 .

Влияние примесей сказывается следующим образом. Крупные включения известняка во время обжига превращаются в негашеную известь. При смачивании кирпича водой во время кладки, от влажности воздуха при хранении или в постройке известь гасится и увеличивается в объеме, вызывая разрушение последнего.

Известняк, мелко раздробленный и хорошо перемешанный с глиной, не оказывает на кирпич разрушающего действия, так как при обжиге он частично спекается с глиной. Остающиеся несвязанными мелкие частицы известняка хотя и увеличиваются в объеме при взаимодействии с водой, но, будучи рассеяны по всей массе кирпича, помещаются в порах, которые образуются в кирпиче при сушке и прокаливании. В глинах для черепицы также допускаются повышенные содержания известняка в тонко измельченном и равномерно распределенном состоянии.

Гипс, взаимодействуя со щелочами, содержащимися в глинах, образует с ними негашеную известь и легкорастворимые сернокислые соли. Последние, выщелачиваясь, образуют на поверхности изделия белые налеты. Наличие таких пятен снижает его качество и затрудняет схватывание со штукатуркой. Пирит при обжиге разлагается на оксид серы и оксид железа. Оксид серы вызывает вспучивание массы и реагирует с основаниями, входящими в состав глины. При этом образуются растворимые сернокислые соли, которые, выщелачиваясь, образуют на поверхности изделий налеты белого цвета. Эти налеты также препятствуют прочной связи кирпича со штукатурным материалом и вяжущими растворами. Оксид железа образует с черепком легкоплавкие сплавы, обуславливающие наличие выплавок.

Крупные включения растительного происхождения вызывают во время сушки образование трещин, а выгорая при обжиге, образуют в изделиях раковины и пустоты. Щебень и гальки также способствуют образованию в изделиях трещин, как при сушке, так и при обжиге.

Формуемость глин должна быть хорошей, чувствительность к сушке небольшая, температура обжига 900–1000°C, интервал между температурой обжига и началом размягчения под нагрузкой – не менее 50°C. Линейная усадка при сушке – менее 8%, при обжиге до 1000°C – менее 12. Водопоглощение при 1000°C – 8–20 %.

Среди легкоплавких глин выделяют так называемые гончарные, которые применяются для изготовления пустотелых изделий архитектурной керамики, черепицы и майолики. Они должны обладать хорошей

формовочной способностью, иметь число пластичности не менее 14, воздушную усадку не более 10%, температуру обжига 950–1000°C, интервал между температурой обжига и началом размягчения 50–75°C. Химический состав гончарных глин следующий (в %): SiO₂ 65–74; Al₂O₃ 15–20; CaO 5–6 (мелкораспыляемая примесь). Глины не должны содержать включений кварца и известняка размером более 1 мм.

Для производства облицовочных и кислотоупорных керамических изделий применяются огнеупорные и тугоплавкие глины, как правило, спекающиеся при относительно низкой температуре. Спекаемость глин должна происходить при температурах 1120–1200°C при интервале спекания не менее 100°C. По химическому составу глины должны содержать (в %): Al₂O₃ – 20–40; SiO₂ – 55–65; Fe₂O₃ – не более 3;5; CaO – не более 1–2.

Глины должны быть высокой или средней пластичности, не содержать вредных примесей (пирит, сидерит, гипс, известняк, оксид серы), а содержание карбонатов кальция и магния в них не должно превышать 3%.

Канализационные керамические трубы изготавливаются из тугоплавких и огнеупорных глин, содержащих в прокаленном виде не менее 20% Al₂O₃ и не более 70% SiO₂ и не содержащие пирита, сидерита и известняка. Глины должны быть высоко-, средне- и умереннопластичными, с интервалом спекания не менее 200°C. При обжиге глины должны давать плотный, спекшийся черепок без деформации. Черепок глин, предназначенных для плиток, не должен иметь пятен, выплавок и мушек.

В некоторых составах масс для изделий строительной и грубой керамики используют легкоплавкие, низкоспекающиеся разности огнеупорных глин и каолин. Для большинства керамических изделий рационально применять тугоплавкие, а не огнеупорные глины, так как температура спекания первых из них обычно более низкая. Повышенной спекаемостью характеризуются глины, содержащие значительное количество гидрослюдистых компонентов (гидрослюдисто-каолиновые). При использовании каолиновых глин для лучшего спекания необходимо добавлять значительное количество плавней.

Для производства клинкерного кирпича могут быть использованы легкоплавкие глины и суглинки, не содержащие примесей крупного песка, включений карбонатов, гипса, угля и т.п. Основными показателями пригодности их являются большой интервал спекания (не менее 100°C), который обеспечивает одновременную спекаемость черепка (с водопоглощением до 2–4%), и температуру начала деформации не ниже 1200°C. Глины и суглинки, не обладающие требуемым интервалом спекания или высокоспекающиеся (при температуре 1300°C), могут

быть использованы в производстве указанных изделий при условии введения добавок – плавней или материалов, понижающих температуру плавления.

Производство изделий тонкой керамики

Для фарфоровых и фаянсовых изделий в качестве основного компонента используется каолин, а в качестве связующего – беложгущиеся разновидности пластичных огнеупорных глин. К каолинам предъявляются высокие требования. В промышленности используется главным образом обогащенный каолин, однако ряд предприятий используют в производстве и каолин-сырец. На отдельные разрабатываемые месторождения глин и каолинов имеются ГОСТы и технические условия (ТУ). Оценка качества каолинов и глин для тонкой керамики на вновь разведанных и еще не эксплуатируемых месторождениях производится по кондициям, составленным с учетом технико-экономических расчетов и утвержденным в установленном порядке. Как в каолинах, так и в глинах, прежде всего, лимитируется содержание красящих оксидов Fe_2O_3 и TiO_2 ; железистые примеси ухудшают электроизоляционные свойства изделий технического назначения, а для изделий бытового назначения внешний вид. Присутствие сернистых соединений в больших количествах вызывает вспучивание черепка, а если сера находится в соединении с железом, то последнее при обжиге остается в закисной форме и окрашивает черепок в серый цвет; включения пирита и маркезита в грубозернистой форме обуславливают поверхностные и скрытые выплавки на черепке.

Пластичные глины, загрязненные оксидами железа и титана, снижают белизну, хотя и повышают сопротивление излому воздушно-сухих изделий, в связи с чем сокращается количество боя в процессе транспортировки на обжиг и глазуровку.

Не менее отрицательное влияние оказывает наличие растворимых солей. Из практики керамических заводов, производящих продукцию литьем в гипсовые формы, известно много случаев, когда свойства шликера резко меняются, вплоть до полной его непригодности, несмотря на то, что рецепт массы, а также качество и количество электролитов остаются постоянными. Это находит свое объяснение в переменном составе растворимых солей в каолине.

Согласно действующим ГОСТам, ТУ на каолины для тонкой керамики, а также исходя из многолетнего опыта действующих предприятий, каолины для тонкой керамики должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Для фарфора с высокой просвечиваемостью и белизной содержание TiO_2 должно быть возможно меньшее, вплоть до следов.

2. Для рядового фарфора, удовлетворяющего требованиям техники, содержание TiO_2 не должно превышать 0,2–0,5 %.

3. Допустимый предел Fe_2O_3 для фарфора зависит от имеющегося в данном каолине количества TiO_2 , марганца, щелочных и щелочноземельных оксидов и от обработки каолина. В качестве средней приемлемой нормы допустимо 0,2–0,7 %.

4. Для высоковольтного фарфора слюда даже в незначительных количествах в форме остатка на сите 4900 отв/см² является нежелательной примесью. Сервизный обыкновенный фарфор может содержать слюду (мусковит) в значительном количестве при условии надлежащей обработки фарфоровой массы.

5. Содержание SO_3 должно исчисляться долями процента.

6. Количество механических примесей, в зависимости от их химического и минерального состава, должно быть не выше 0,5–1,0 % на сите №0063 для соответствующих сортов каолина.

При производстве фарфора и фаянса в шихту иногда вводят бентонитовые глины, добавка которых значительно повышает пластичность керамической массы, увеличивает механическую прочность высушенных изделий, понижает температуру обжига и повышает просвечиваемость фарфора. Качество бентонита лимитируется ГОСТ 7032–75.

Глины для тонкой керамики должны обладать высокой пластичностью, большой связующей способностью, обеспечивающей возможность получения пластичной фарфоровой массы при введении даже малого их количества. Глины должны содержать минимальное количество красящих оксидов, влияющих на белизну черепка.

Производство огнеупорных изделий

В производстве огнеупорных изделий используются огнеупорные глины и каолины. Основными потребителями огнеупоров являются черная металлургия, машиностроение и другие отрасли промышленности. Огнеупоры, изготовленные из глин, применяются для футеровки вагранок, доменных печей и кауперов, для приготовления сталеразливочного припаса, футеровки паровых котлов и др.

На большую часть огнеупорных изделий имеются ГОСТы или ТУ, которыми предусматриваются определенный химический состав, огнеупорность и другие физико-механические показатели изделий.

Как уже было отмечено, на качество глин влияет их химический состав.

Так, с увеличением содержания Al_2O_3 повышается их огнеупорность. Свободный кремнезем, присутствующий в виде песка, уменьшает

пластичность, усушку, усадку и связующую способность глин и каолинов. Присутствие Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO и оксидов щелочных металлов понижает огнеупорность; кроме того, оксиды железа вызывают появление выпловок, мушек, пятен желтого и бурого цветов на черепке и понижают шлакоустойчивость изделий. SO_3 также оказывает вредное влияние на их качество. Наличие значительного количества органических веществ в глинах лимитирует возможность их применения в производстве шамота-отощителя.

По химическому составу и огнеупорности область применения глин и каолинов может быть определена только ориентировочно, так как ряд основных свойств их при этом остается неизменным, например, температура спекания, интервал между температурой спекания и огнеупорностью глин. Следовательно, окончательно судить о пригодности глин и каолинов для производства определенного вида огнеупоров можно лишь после проведения керамических испытаний и получения пробной партии готовой продукции, отвечающей требованиям соответствующих ГОС-Тов или технических условий.

Производство цемента

Для производства цемента используются преимущественно легкоплавкие глины и глинистые сланцы, а в отдельных случаях и лессы, которые являются составной частью цементной шихты. Практикой установлено, что для производства обычного портландцемента могут быть использованы глинистые породы с силикатным модулем от 2 до 3 и глиноземным модулем от 1,5 до 3. Указанному значению модулей соответствует содержание в глинах следующих компонентов (в %): SiO_2 от 50 до 65, Al_2O_3 от 15 до 20, Fe_2O_3 от 6 до 10. При отклонении от указанных пределов пригодность глинистых пород зависит от возможности корректирования их химического состава при помощи добавок.

По гранулометрическому составу глинистые породы должны удовлетворять следующему условию: остаток на сите 900 $\text{отв}/\text{см}^2$ не более 5%, на сите 4900 $\text{отв}/\text{см}^2$ не более 10%. В случаях, когда по химическому или гранулометрическому составу глинистые породы не отвечают указанному требованию, пригодность их для производства цемента устанавливается на основе опытных или расчетных данных.

Производство стекла

В качестве глиноземного сырья используют чистые каолины с минимальным количеством Fe_2O_3 и TiO_2 . Значительно большее применение

находят огнеупорные глины для изготовления стеклоприпаса. Требования, предъявляемые к глинам, помимо огнеупорности (более 1670°C) заключаются в отсутствии значительного количества оксидов железа, хорошей пластичности и, по возможности, низкой температуре спекания (1100–1200°C).

Производство керамзита и аглопорита

Для производства керамзита используются легкоплавкие глины, глинистые сланцы и суглинки, обладающие способностью к вспучиванию при нагревании их до температуры 1050–1250°C.

Вспучивание глин характеризуется коэффициентом вспучивания или объемной массой вспученного материала в куске.

Глинистые породы, используемые для производства керамзита, по технологическим свойствам делятся на три вида: 1) рыхлое глинистое сырье характеризуется очень слабой связью между минеральными частицами, обработка производится пластическим способом; 2) камневидное глинистое сырье (не размокающее в воде), перед вспучиванием производится раздробление; 3) высокопластичное (вязкое) глинистое сырье имеет большую плотность, обрабатывается оно на зубчатых вальцах путем разрыва.

Важнейшими компонентами состава глин, определяющими их способность к вспучиванию, являются оксиды железа, органические вещества и гидрослюды. Для хорошей вспучиваемости имеет большое значение содержание частиц размером меньше 10 мкм, которых должно быть не менее 35%. Химический состав глин в известной степени позволяет определить их способность к вспучиванию. Глины, содержащие более 70% SiO₂, в большинстве случаев непригодны для получения керамзита. По мере увеличения содержания SiO₂ и уменьшения содержания Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O вспучиваемость глинистых пород уменьшается. Крупные зерна кварца также уменьшают вспучиваемость. Наиболее оптимальное содержание Al₂O₃ 17–22%, хорошо вспучивающиеся глинистые породы обычно содержат до 2–3,5% CaO и около 2,5–3% K₂O+Na₂O.

Оптимальное содержание отдельных компонентов в хорошо вспучивающихся глинах следующее (в пересчете на прокаленное вещество, в %): SiO₂ 55–67; Al₂O₃ 20–24; MgO 1,5–3,6; CaO 1,5–2,5; Fe₂O₃+FeO 6–9; Na₂O+K₂O 1,5–3,5. Лучше всего вспучиваются глины гидрослюдисто-каолиновые и гидрослюдисто-монтмориллоковые, а также состоящие из смешанослойного минерала, типа гидрослюда-монтмориллонит. Глины,

сложенные главным образом каолинитом, галлузитом и монотермитом, при температуре обжига, достигаемой во вращающихся печах, вообще не вспучиваются.

В последнее время установлено, что в качестве сырья для производства керамзита можно использовать всевозможные сланцы. Ценным преимуществом сланцев перед глинами является возможность организации производства керамзита сухим способом, минуя стадию пластического формования гранул.

Для производства аглопорита используют глинистые породы (слабовспучивающиеся и невспучивающиеся). Для производства аглопорита могут использоваться песчано-глинистые породы – супеси, суглинки, лесовидные породы, глинистые сланцы.

Песчано-глинистые породы должны содержать не менее 5–20% и не более 40–50% глинистого вещества, переходящего в расплав в ходе спекания. Остальные 50–85% породы должны быть представлены тугоплавкими частицами, сохраняющимися при агломерации в твердом состоянии (кварц, тугоплавкие и огнеупорные глинистые минералы). Для получения аглопорита лучше применять песчано-глинистые породы, литовая часть которых представлена минералами группы монтмориллонита и гидрослюд. Не менее эффективно применение гидрослюдистых и хлорит-гидрослюдистых глинистых сланцев.

Для производства аглопорита пригодны также глинистые породы, засоренные крупнозернистым известняком, при предельном содержании в них СаО до 10%. Присутствие сернистых и сернокислых соединений нежелательно.

Производство алюминия

Каолины и глины или каолиновые концентраты, предназначенные для производства глинозема, должны содержать не менее 32% Al_2O_3 и не более 3% Fe_2O_3 . Для производства алюминия электротермическим способом каолины или их концентраты должны содержать не менее 38% Al_2O_3 и не более (в %): SiO_2 47; Fe_2O_3 0,5; TiO_2 0,6; $(CaO+MgO)$ 0,6; (K_2O+Na_2O) 0,5.

Производство абразивных изделий

В производстве абразивов в составе минеральной связки используют каолиновые огнеупорные глины высокой чистоты, обладающие огнеупорностью не ниже 1730 °С и содержащие $Al_2O_3 + TiO_2$ не менее 38% и Fe_2O_3 не более 1,8 %.

Для производства вспомогательных шамотных изделий, необходимых для обжига абразивов, используют огнеупорные глины, содержащие $Al_2O_3 + TiO_2$ не менее 30% и Fe_2O_3 не более 3% с огнеупорностью не ниже 1670°C.

Использование глин в литейном производстве

В литейном производстве глины употребляются в качестве связующего компонента при изготовлении форм. Формовочные глины должны обладать высокой связующей способностью, определенной по прочности образцов, приготовленных из песка и испытываемой глины. При производстве разнообразных отливок требуется разная степень огнеупорности, поэтому в качестве формовочных глин могут применяться как огнеупорные, так и тугоплавкие глины, а в некоторых случаях и легкоплавкие. К числу последних относятся бентонитовые, которые с успехом применяются для чугунных и стальных отливок. Для оценки формовочных глин большое значение имеет содержание в них вредных примесей (S , $CaO+MgO$, Na_2O+K_2O и оксиды железа).

Использование каолинов при производстве бумаги

При производстве бумаги используется каолин, применяемый в качестве наполнителя и покровного материала. Каолин придает бумаге более гладкую поверхность, способствует лучшей впитываемости печатных красок, повышает плотность и просвечиваемость.

Белизна каолина, дисперсность и равномерность фракций по величине зерна являются основными показателями, определяющими качество каолина как наполнителя. Оптимальная дисперсность каолина определяется величиной зерна порядка 0,020–0,002 мм в диаметре.

Отрицательно отражается на качестве каолина примесь песка, которая портит бумажные машины и ухудшает поверхность бумаги.

Каолин покровный имеет следующие показатели: белизна до 90%, содержание частиц менее 2 мкм – 85–94 %, частиц крупнее 10 мкм – 0,2–0,5 %.

Каолин для резиновой промышленности

Резиновая промышленность использует обогащенный каолин как наполнитель в составе резиновых смесей. Добавка каолина увеличивает механическую прочность, кислотоустойчивость и стойкость резины к истиранию.

К каолинам, идущим для производства резиновых изделий, предъявляются следующие требования:

1) размеры частиц должны быть возможно меньшими, т.е. должны обладать сильно развитой поверхностью, вследствие чего увеличивается общая поверхность сцепления с каучуком;

2) частицы должны хорошо распределяться в массе каучука, не вызывая образования сгустков;

3) поверхность частиц должна хорошо смачиваться каучуком.

В производстве белых и цветных резин, где применение черной сажи невозможно, каолин является главным активным наполнителем.

Каолины со средней величиной частиц до 1,7 мкм заметно усиливают смеси по синтетическому каучуку. Образцы каолина более крупной дисперсности показали пониженные результаты.

Следующим требованием резиновой промышленности является снижение влажности каолина до 0,5% во избежание появления пузырей в процессе вулканизации.

Вредными примесями в каолине, приводящими к старению резины и преждевременной порче изделий, являются кварц, оксиды меди, марганца и железа.

Использование глин для буровых растворов

Для приготовления глинистых буровых растворов (устойчивых суспензий) используются лишь те разновидности глин, которые образуют с водой вязкую, долго не оседающую суспензию, способную поддерживать во взвешенном состоянии частицы разбуренной породы и утяжелителей раствора (бариты, гематиты). Буровые растворы используются при проходке буровых скважин на нефть, соли и целый ряд рыхлых полезных ископаемых в целях заливания (заполнения мелких пустот в трещиноватых породах) и тем самым предотвращая обрушения стенок скважин, а также для более легкого извлечения вместе с буровой жидкостью измельченных обломков руд (благодаря глинистому наполнителю плотность жидкости повышается).

Глины должны быть токодисперсными, пластичными, с минимальным содержанием песка (до 6%), гипса, растворимых солей, известняка, различных включений растительного происхождения (корней растений и др.).

Прочие области использования глинистых пород

Глины и каолины используются в качестве отбеливающего материала, как наполнители, в производстве минеральных красок и пр.

В качестве отбеливающего (адсорбционного) материала широко применяются монтмориллонитовые (бентонитовые) глины. Они обладают способностью в естественном или активированном виде (т.е. после химической обработки кислотами) очищать определенные продукты в жидком или парообразном состоянии.

Монтмориллонитовые глины широко применяются для очистки нефтепродуктов, растительных масел и животных жиров. Некоторые виды монтмориллонитовых глин применяются для очистки уксуса, фруктовых соков и т.д. Оценка их производится по кондициям, устанавливаемым для каждого месторождения на основании эффективности отбеливания, которая определяется сравнением цветности очищенного глиной продукта с цветностью исходного материала или эталона.

В качестве наполнителей глины и каолины используются в мыловаренной, парфюмерной и химической отраслях промышленности. Они должны обладать высокой дисперсностью и белизной. Глины, употребляемые в мыловаренной промышленности, должны полностью распускаться в воде.

В производстве клеенки каолин придает ей прочность, слой держится на ткани даже в том случае, если клеенка будет подмочена со стороны подкладки.

Кроме того, каолин употребляется в красочных грунтах, в качестве отделки. Для этого производства употребляют каолин аналогичный по качеству для резиновой промышленности.

В производстве карандашей каолин применяется для сообщения жесткости сердечнику. К каолину для этого производства предъявляют требования на отсутствие примесей и наличия чистого белого цвета.

Требования, предъявляемые к каолинам и глинам для карандашного производства, заключаются в высокой пластичности, связующей способности, дисперсности частиц, отсутствии крупных включений, а для цветных карандашей, кроме того, – в белизне, т.е. отсутствии значительного количества оксидов железа и титана.

В производстве минеральных красок применяются следующие цветные глины: охра, мумия, умбра, болюс.

Глины широко применяются в производстве малярных красок для придания грунтам плотной консистенции и для поддержания краски во взвешенном состоянии. Наиболее пригодным для этой цели является бентонит.

Каолин также применяется в производстве сульфата алюминия, используется в качестве коагулянта при очистке воды. Основным требованием к каолину является высокое содержание Al_2O_3 .

В строительном деле глины как водозадерживающий материал применяются в качестве защитного слоя под полами подвальных помещений, при возведении водохранилищных плотин, в производстве саманных кирпичей, для штукатурных растворов и т.д.

В большинстве указанных отраслей промышленности каолин употребляется в обогащенном виде. Каждая отрасль промышленности предъявляет к качеству каолина свои требования, которые по главным отраслям промышленности нормируются ГОСТами и техническими условиями.

ГОСТ 21286–82. Каолин обогащенный для керамических изделий. Технические условия. ГОСТ 19609.0–89, – ГОСТ 19609.15–89, ГОСТ 19609.17–89 – ГОСТ 19609.20–89, ГОСТ 19609.22–89 – ГОСТ 19609.23–89. Каолин обогащенный. Методы испытаний.

– ГОСТ 30036,1–93. Каолин обогащенный. Метод определения разжижаемости.

– ГОСТ 16680–79. Каолин обогащенный. Метод определения белизны.

– ГОСТ 26066–83. Каолин обогащенный. Метод определения желтизны.

– ГОСТ 19286–77. Каолин обогащенный. Метод определения гранулометрического состава.

– ГОСТ 23905–79. Каолин обогащенный. Метод определения дисперсного состава.

– ГОСТ 19285–73. Каолин обогащенный для производства бумаги и картона.

– ГОСТ 19607–74. Каолин обогащенный для химической промышленности.

– ГОСТ 19608–84. Каолин обогащенный для резинотехнических и пластмассовых изделий, искусственных кож и тканей. Технические условия.

– ГОСТ 12500–77. Каолин обогащенный для пестицидных препаратов. Технические условия.

– ГОСТ 21285–75. Каолин обогащенный для парфюмерной промышленности.

– ГОСТ 21288–75. Каолин обогащенный для кабельной промышленности.

– ТУ 5729–070–00284530–00. Каолин обогащенный месторождения «Журавлиный лог» для керамических изделий. Технические условия.

– ТУ 5729–080–00284530–98. Каолин обогащенный месторождения «Журавлиный лог» для бумажной промышленности. Технические условия.

– ТУ 5729–070–00284530–96. Каолин обогащенный Еленинского месторождения. Технические условия.

– ГОСТ 9169–75. Сырье для керамической промышленности. Классификация.

– ГОСТ 21216.0–81. Глинистое сырье. Общие требования к методам анализа.

– ГОСТ 21216.1–81–ГОСТ 21216.12–81. Глинистое сырье. Методы анализа.

Краткий обзор месторождений глин и каолинов Урала позволяет сделать следующие выводы.

1. На территории Урала сосредоточено значительное количество месторождений глин и каолинов. Многие месторождения эксплуатируются и являются сырьевыми базами многих керамических и огнеупорных производств Урала и ближайших регионов Российской Федерации.

2. По качеству и запасам большое промышленное значение имеют Белкинское, Курьинское и Троицко-Байновское (Богдановичское) месторождения огнеупорных глин Среднего Урала. Эти месторождения являются сырьевыми базами огнеупорного производства Нижнетагильского металлургического комбината, Богдановичского и Сухоложского огнеупорных заводов.

3. Высокое качество и относительная выдержанность по составу и свойствам позволяют отметить высокое качество белкинских глин, в значительных количествах их можно отнести к высокосортному огнеупорному сырью. Относительно пригодности белкинских глин для тонкой керамики, можно полагать, что разновидности, образующие белый черепок при обжиге до 1300°С, могут быть использованы для производства технического фарфора.

4. Гидраргиллитовые глины Курьинского месторождения (участок Березняки) являются весьма ценным высокоглиноземистым сырьем для высокоглиноземистых огнеупоров и керамических изделий ответственного назначения.

5. Исключительно ценные месторождения огнеупорных глин расположены на территории Южного Урала – это Южноуральское (Берлинское), Нижнеуvelьское, Бускульское и Кумакское. Как по запасам, так и

по качеству огнеупорные глины занимают одно из первых мест среди других месторождений Российской Федерации и стран СНГ.

При селективной добыче глины, кроме огнеупорного производства, могут быть использованы и в керамической промышленности. Лучшие маложелезистые пластичные разновидности глин, обладающие низкой спекаемостью, большой связностью и светлоокрашенным, почти белым цветом при обжиге до 1350°C, с успехом могут быть использованы в фарфоро-фаянсовых массах технического или бытового назначения.

Нижнеуvelьская огнеупорная глина марки НУК используется в производстве керамической плитки, керамогранита и майолики. Кумакская огнеупорная глина марки КУ-1 Может быть использована в производстве фаянса и бытового фарфора. Огнеупорные глины Южноуральского и Бускульского месторождения могут быть использованы в производстве технического фарфора. Ново-Орская огнеупорная глина используется в производстве строительной керамики.

6. Среди разведанных месторождений огнеупорных глин Урала особый интерес для предприятий тонкой керамики и производства огнеупоров могут представлять Сединское, Городищенское, Астафьевское, Кременьсульское, Упрун, Ново-Ивановское и ряд других. Глины заслуживают подробного исследования и постановки разведочных работ для выявления запасов и практического применения.

7. Большинство месторождений легкоплавких глин Урала пригодны для производства строительного кирпича, как методом полусухого прессования, так и методом пластического формования.

8. Геологоразведочными работами на территории Челябинской области установлено наличие бентонитовых глин высокого качества. Работы прекращены ввиду отсутствия финансирования на окончание лабораторных исследований. Зная проблемы Челябинской области в сфере охраны окружающей среды (удаление радионуклидов с пораженных участков) было бы целесообразным профинансировать и закончить лабораторные исследования, оценить прогнозные ресурсы по категориям и выдать рекомендации по освоению месторождения.

9. Урало-Мугоджарская каолиноносная провинция является одной из крупнейших в бывшем СССР, как по запасам сырья, так и по количеству разведанных и эксплуатируемых месторождений. На Урале и в Мугоджарах зарегистрировано более 100 месторождений и проявлений, как первичного, так и вторичного каолинов. Челябинская область занимает до-

минирующее положение в Российской Федерации по выпуску обогащенных каолинов. Из четырех обогатительных фабрик три находятся в Челябинской области (г. Кыштым, г. Пласт, п. Новокаолиновый).

На ближайшую перспективу намечено освоение Полетаевского месторождения каолинов. Перспективы наращивания сырьевой базы каолинов в Челябинской области не ограничены, прогнозные ресурсы категории P_3 составляют 354 млн тонн.

10. Многие керамические и огнеупорные предприятия используют в производстве каолины Урала, Невьянский каолин-сырец используют предприятия Среднего Урала. Кыштымский обогащенный каолин используют предприятия строительной керамики и ряд других отраслей. Каолин Еленинского месторождения использует бумажная и резинотехническая отрасли промышленности. Высокая белизна и удовлетворительные реологические свойства каолина привлекли внимание производителей строительной и технической керамики. Большой интерес производители тонкой керамики сохраняют к каолину месторождения «Журавлиный лог».

К перспективным месторождениям высококачественных каолинов можно отнести Южно-Ушкотинское месторождение (Оренбургская область).

По содержанию красящих оксидов железа и титана каолины относятся к высококачественным и удовлетворяют требованиям ГОСТ 21286–82 «Каолин обогащенный для керамических изделий».

11. В результате проведенных поисковых работ на месторождениях каолинов Урала выявлен ряд участков щелочных каолинов. Однако прогнозные ресурсы по категориям не определялись. Целесообразно произвести доизучение перспективных месторождений и дать оценку качества сырья.

12. Среди глинистых материалов особые свойства имеет галлуазит. За последнее время к нему значительно вырос интерес. Однако выявленные месторождения галлуазита на Урале не изучены.

13. Урал располагает большим разнообразием глинистых материалов. Однако решение проблемы обеспечения отраслей промышленности качественными глинами и каолинами требует значительных капиталовложений и проведения полного комплекса исследований обогатимости и технологических испытаний глин и каолинов перспективных месторождений Урала. Это в дальнейшем позволит создать высококачественную сырьевую базу керамической и огнеупорной отраслей промышленности.

ЧАСТЬ 2. СИЛИКАТНЫЕ И ТУГОПЛАВКИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

1. ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ УРАЛА И ИХ ЗАМЕНИТЕЛИ

1.1. Состояние полевошпатовой сырьевой базы Российской Федерации

Полевые шпаты составляют большую группу алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных оксидов, главным образом оксидов калия, натрия и кальция. Основными видами полевых шпатов являются ортоклаз, микроклин, альбит и анортит.

В чистом виде, отвечающем теоретическому составу, полевые шпаты в природе встречаются крайне редко. Благодаря способности к образованию твердых растворов природные полевые шпаты обычно имеют переменный состав, в зависимости от которого подразделяются на калиево-натриевые полевые шпаты, включающие ортоклаз, микроклин, альбит; кальциево-натриевые шпаты, или плагиоклазы, образованные альбитом и анортитом в различных соотношениях.

Для производства тонкокерамических изделий обычно применяют полевые шпаты, занимающие промежуточное положение между калиевыми и натриевыми. При этом желательно преимущественное содержание калиевого шпата, образующего при расплаве тугоплавкое стекло, обладающее большой вязкостью.

В соответствии с требованиями промышленности месторождения полевошпатового сырья, с точки зрения возможности получения концентратов для определенных областей использования, подразделяются на:

– высококалиевое для электротехнической, абразивной отраслей промышленности, производства сварочных электродов, оконного и технического стекла;

- калиевое для фарфоро-фаянсовой, частично электротехнической отраслей промышленности;
- калие-натриевое для промышленности строительной керамики;
- натриевое для стекольной промышленности и производства эмалей.

Полевошпатовая промышленность Российской Федерации представлена специализированными предприятиями (Чупинское, Енское, Приладожское, Мамско-Чуйское – рудоуправление и «Мамслюда», Кондаположский пегматитовый завод, ОАО «Сибирский фарфор») и неспециализированными предприятиями, выпускающими полевошпатовое сырье из хвостов основного горнорудного производства (Вишневогорский ГОК, Малышевское рудоуправление и Чабайкальский ГОК). Полевошпатовое сырье добывают также на многочисленных предприятиях местного значения, к которым относятся карьеры по добыче полевошпато-кварцевых песков, пегматита.

Специализированные предприятия, за исключением Чупинской фабрики, разрабатывают месторождения гранитных пегматитов, получая в результате ручной сортировки чистые разновидности керамического сырья (пегматит, иногда полевой шпат и кварц).

Однако современное состояние полевошпатовой промышленности не соответствует ее значению. Добыча полевошпатового сырья для тонкой керамики, электротехнической и абразивной отраслей промышленности производится на нескольких месторождениях керамических пегматитов. Разработка месторождений обычно производится мелкими карьерами, пегматит сортируют вручную, причем более 50% полезного ископаемого (пегматита) направляют в отвалы. Такой порядок эксплуатации месторождений керамических пегматитов приводит к нерациональному использованию запасов наиболее качественного сырья, а многие месторождения вообще не могут отрабатываться из-за невозможности выделить чистые разновидности путем ручной сортировки. Пригодность пегматита для использования определяется визуально по наличию вредных примесей (слюды, магнетита, турмалина и др.) на внешних поверхностях кусков пегматита (полевого шпата, кварца) размером 200–20 мм. Этот кусковой материал поступает к потребителю, где производится вторичная сортировка материала и отбраковывается еще около 25% сырья. Предприятия электротехнической, фарфоро-фаянсовой и абразивной отраслей промышленности и частично заводы строительной керамики, получая кусковое сырье, вынуждены занимать производственные площади

под размещение дробильно-измельчительного оборудования. Это оборудование обычно приводит к намолу аппаратного железа, работает периодически и имеет низкий коэффициент использования.

Наиболее ценным сырьем являются чистые калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин), предельное содержание K_2O в которых может достигать 16,9% при полном отсутствии свободного кварца и примесей. Добываемые в настоящее время пегматиты содержат часто повышенное количество оксидов железа и не могут быть использованы без предварительного обогащения.

Поскольку разведанные месторождения чистых калиевых полевых шпатов крайне редки и к тому же практически выработаны, в промышленности используют природные изоморфные смеси калиевого и натриевого полевых шпатов, а также пегматиты, представляющие собой горную породу, в которую кроме полевых шпатов входит значительное количество свободного кварца и примесей. Ограниченность запасов полевошпатового сырья привела к необходимости использования его заменителей, которые относятся к различным видам горных пород, а также искусственно полученных флюсов. За рубежом на их долю приходится более 60% общей добычи щелочесодержащих материалов. При этом широкое применение получили эффузивные метаморфизованные породы типа липаритов, риолитов, дацитов и другие специфические виды флюсующих материалов, например, волластонита. К комплексному керамическому сырью относятся так называемые фарфоровые камни (Корноуэльский в Англии, представляющий собой сильно каолинизированный гранит, Каролинский в США, «Тосеки» и «Розеки» в Японии – разложенные граниты и липариты, аплиты и порфиры в Германии).

Все это заставило обратить внимание на широко распространенные месторождения гранитов и горных пород, содержащих полевые шпаты (аляскистов, миаскистов, аплитов, нефелин-сиенитов). Они характеризуются обычно более мелкозернистым строением по сравнению с пегматитом, несколько повышенным содержанием полевого шпата; в нефелиновых сиенитах весь кварц заменен нефелином ($Na[AlSiO_4]$), в аляските слюда присутствует в незначительных количествах.

В РФ и странах СНГ граниты и сиениты не нашли широкого применения как стекольно-керамическое сырье, хотя в ряде ранее проведенных исследований по изучению обогатимости этих пород (Украина, Карелия, Урал, Закавказье) было показано, что путем электромагнитной сепарации измельченного материала можно получить кондиционное сырье

для стекольной промышленности, а также концентраты, удовлетворяющие требованиям к полевошпату и пегматиту для тонкой керамики.

Наша страна обладает огромными ресурсами таких заменителей самого разнообразного состава: микроклиновые или так называемые лейкократовые (светлоокрашенные) плагиомикроклиновые граниты, нефелиновые сиениты, лестивариты, содержащие до 85% полевых шпатов, плагиоклазы (97% плагиоклаза), уртиты с содержанием нефелина 95–97% и др. Преимущества этих минералов магматического происхождения и массивного сложения перед жильными пегматитами очевидны: они сохраняют по условиям своего образования более или менее стабильный состав не только по поверхности массива, но и на значительной его глубине и содержат огромные запасы полевых шпатов и их аналога – нефелина. Это дает возможность организовать на их основе крупные горнодобывающие и обогатительные предприятия с высокой механизацией труда.

В РФ полевошпатовое сырье получают в основном с месторождений гранитных пегматитов. Существенный недостаток таких месторождений – неоднородность состава по простиранию и на глубину, малые размеры самих рудных тел. Запасы полевошпатовых материалов в пегматитовых жилах редко превышает сотни тысяч тонн. Основные месторождения сосредоточены в Карелии, на Кольском полуострове и в Украине. На имеющихся месторождениях, часто удаленных на тысячи километров от центров потребления, объем добычи пегматита незначителен. Балансовые запасы полевошпатового сырья по промышленным категориям разведаны по пяти разновидностям горных пород – гранитным пегматитам, гранитам, альбититам, каолинсодержащим пескам и гидротермально измененным фельзит-порфирам. Учетные балансовые запасы сырья размещены на территории РФ неравномерно. Основная часть запасов разведана на Северо-Западе (77,8%), на Урале (13,4%), Дальнем Востоке (8,8%).

Выявленные запасы полевошпатового сырья достаточно велики и составляют 170,7 млн тонн, из них пегматита – 120,3 млн тонн, полевого шпата – 0,4 млн тонн, гранита – 50,0 млн тонн. Несмотря на это, растущая потребность промышленности в полевошпатовых материалах, превысившая 1,2 млн тонн в год, не удовлетворяется. Наибольшие трудности испытывают фарфоро-фаянсовая, электроизоляционная и абразивная отрасли промышленности, потребляющие высококалийное сырье. Причины этого заключаются в следующем.

Большая часть выявленных запасов представлена плагиоклазовым или микроклино-плагиоклазовым сырьем, требующим обогащения и

пригодным только для производства стекла и строительной керамики. Разведанные и утвержденные запасы высококачественного полевошпатового сырья-калиевого полевого шпата крайне незначительны. Такое положение с полевошпатовым сырьем ставит ряд задач:

- изучение и обобщение материалов по минерально-сырьевой базе полевошпатовой промышленности РФ;

- определение требований промышленности к качеству руд различных геолого-промышленных типов месторождений полевошпатового сырья;

- создание высокорентабельного производства высококачественного полевошпатового сырья в России.

1.2. Классификация и технические требования промышленности к качеству полевошпатового сырья

Полевые шпаты объединяют обширную группу чрезвычайно широко распространенных минералов, по химическому составу представляющих собой алюмосиликаты калия, натрия, кальция, бария. В малых количествах в них присутствуют рубидий, цезий, стронций, бор, галлий, таллий.

Минералы группы полевых шпатов – наиболее распространенные составные части земной коры. Полевые шпаты занимают по массе 50% ее состава, в горных породах они почти всегда являются спутниками. Приблизительно около 60% полевых шпатов заключено в магматических горных породах, около 30% приходится на долю метаморфических пород и 10% – на долю осадочных пород.

Сложная природа полевошпатового сырья обусловила их видовое разнообразие и, как следствие этого, многообразие принципов и схем классификации полевых шпатов по химическим, физическим и структурным свойствам. Это свидетельствует как о сложности проблемы, так и о недостаточной ее изученности.

Классификация полевых шпатов по генетическим признакам основана на разделении месторождений на эндогенные и экзогенные. К первым относятся кислые, основные и щелочные горные породы магматического происхождения; ко вторым – первичные каолины, полевошпатовые пески и песчаники. Кроме того, выделяют группы метасоматического

генезиса, образовавшиеся в условиях приконтактового выщелачивания или автотетасоматоза на больших и средних глубинах. В процессе приконтактового выщелачивания из породы выносятся некоторые оксиды щелочноземельных и красящих элементов.

Минералы полевошпатовой группы по характерным для каждого из них типам структуры разделяют на моноклинные с незначительным отличием разностей по морфологическим признакам. Все полевые шпаты имеют сравнительно низкие показатели преломления, большую твердость (6–6,5), совершенную спайность по двум направлениям, пересекающимся под углом, близким к 90°, небольшую плотность (2,5–2,7 г/см³).

Калиево-натриевые полевые шпаты делят на существенно калиевые (микроклины, ортоклазы, санидины), смешанные (анортоклазы, натриевые санидины, ортоклаз-криптопертиты) и существенно натриевые (альбиты). Те минералы, которые находятся между альбитом и анортитом, относятся к плагиоклазовым, а между альбитом и микроклином – к группе щелочных. Природные минералы представляют собой изоморфные смеси калиевого и натриевого шпата (подгруппа калиево-натриевых или щелочных полевых шпатов) или натриевого и известкового шпатов (подгруппа плагиоклазов).

Высокотемпературные разности калиево-натриевой подгруппы представляют непрерывную серию твердых растворов, но при охлаждении которых наблюдается распад смешимости. Поэтому низкотемпературные разновидности не гомогенны и представляют смесь калиевой и натриевой фаз (так называемые пертиты) с размерами выделений от субмикроскопических до видимых невооруженным глазом.

В плагиоклазах высокая смешимость натриевой и калиевой фаз наблюдается в широком интервале температур и пертитовые структуры не образуются.

В промышленности широко используют калиево-натриевые полевые шпаты. Из них важнейшие – микроклин и микроклин-пертит (микроклины с вростками плагиоклаза). Высокотемпературная разность носит название санидин; более низкотемпературная – ортоклаз; наиболее низкотемпературная – микроклин.

Калиевый полевой шпат – ортоклаз или микроклин ($K_2OAl_2O_3-6SiO_2$), не имеет определенной температуры плавления, так как при плавлении распадается на лейцит ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) и стекло, богатое кремнеземом. Разложение ортоклаза или микроклина начинается при 1170°C, окончательное расплавление происходит при 1510–1530°C.

Калиевый полевой шпат бывает белого, серого, желтоватого, коричнево-красного, темно-красного и других цветов. Он выгодно отличается от других полевых шпатов значительной вязкостью при высоких температурах и относительно малым снижением вязкости расплава при повышении температуры нагревания.

Натриевый полевой шпат, или альбит ($\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-6\text{SiO}_2$), не имеет определенной температуры плавления. Он постепенно переходит в расплав при $1120-1200^\circ\text{C}$, бывает белого, желтого, красноватого, серого и других цветов. Альбит имеет значительно меньшую вязкость при высоких температурах, более низкую температуру плавления и более короткий температурный интервал вязкого состояния, по сравнению с калиевым полевым шпатом. Существенным недостатком его является резкое уменьшение вязкости расплава с повышением температуры, что обуславливает склонность обжигаемых изделий к деформации. Присутствие в калиевом полевоом шпате незначительного количества натриевого полевого шпата значительно снижает температуру плавления и мало влияет на изменение вязкости расплава.

Помимо алюминия, кремнезема, калия, натрия и кальция в составе полевых шпатов в виде структурных изоморфных примесей могут присутствовать барий, титан, железо, магний, стронций, реже марганец. Кроме того, ряд химических элементов может привноситься с тонкодисперсными включениями минералов, характерных для полевых шпатов (гематит, ильменит, рутил). Вследствие этого химический состав природных полевых шпатов значительно отличается от указанного выше идеального стехиометрического состава.

Разделение полевых шпатов на группы производится как по химическому составу, так и по их оптическим свойствам. С учетом комплекса геологических данных, включающих генетический тип, состав вмещающих пород, минеральный состав руды, морфологию тел, выделяют промышленные группы этого сырья. При этом, учитывая соотношение $\text{K}_2\text{O}:\text{Na}_2\text{O}$, различают нормальное полевошпатовое сырье с соотношением $\text{K}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$ менее трех и высококалиевое с соотношением $\text{K}_2\text{O}:\text{Na}_2\text{O}$ более трех. При отнесении к промышленной группе учитывают запас сырья и возможность попутного извлечения сопутствующих компонентов из породы путем обогащения.

В связи с ограниченностью запасов высококачественного полевошпатового сырья в керамической промышленности используют в качестве его заменителей некоторые горные породы – пегматит, гранит, аплит, нефелиновый сиенит и другие.

Пегматит – магматическая горная порода, содержащая полевой шпат и кварц. Качество пегматита определяется количественным соотношением калиевого и натриевого полевого шпата, содержанием кварца, а также посторонних примесей в породе. Полевой шпат в пегматите находится или в виде крупных кристаллов, или же в виде кусков, состоящих из тесно сросшихся зерен полевого шпата с кварцем. В последнем случае полевой шпат не выделяют и породу используют целиком. Присутствие кварца не препятствует применению пегматита, так как кварц также является компонентом керамической массы. Однако другие примеси, в частности железистые, затрудняют использование пегматитов многих месторождений.

Граниты – изверженные интрузивные породы, содержащие калиевый полевой шпат, кварц и другие минералы. Применение гранитов в производстве фарфора затруднено из-за загрязненности их железистыми и другими примесями. Значительный интерес представляют светло-слюдистые разновидности породы (содержащие калийную слюду). Следует отметить, что при разработке пегматитов в них неизбежно попадает значительное количество вмещающих их гранитов, которые и поступают потребителю.

Аплиты – это светлоокрашенные, желтые или розоватые мелко- или тонкозернистые, обычно равномернозернистые, лейкократовые породы, состоящие из калиевого полевого шпата (микроклина, ортоклаза), кварца и реже – мусковита. Иногда в них содержатся и второстепенные материалы – топаз, гранит-альмандин, бесцветный или слабо окрашенный турмалин.

В зависимости от связи с соответствующими интрузиями выделяют гранит-аплиты (или просто аплиты), сиснит-аплиты, диорит-аплиты и габбро-аплиты.

Аплиты залегают в виде жил или даек различной мощности (от нескольких миллиметров до нескольких десятков метров), главным образом среди материнских пород (гранитов). Дайки аплитов обычно четко выражены в рельефе.

Аплиты по минеральному составу не отличаются от пегматитов и, часто составляя боковые зоны пегматитовых жил, постоянно и в значительном количестве попадают в пегматит при его разработке.

Отметим, что ряд фарфоровых заводов Венгрии и других западных стран используют в производстве керамики аплит, выпуская превосходную продукцию.

Нефелин-сиенит содержит нефелин ($K_2O \cdot 3Na_2O \cdot 4Al_2O_3 \cdot 9SiO_2$) и другие минералы (микроклины, альбит, слюды). В зависимости от количественного соотношения минералов свойства его меняются в широких пределах. Температура плавления от 1150 до 1200°C; при замене полевого шпата нефелиновым сиенитом улучшаются некоторые свойства продукта – повышается механическая прочность и увеличивается интервал спекания. Однако применение его в производстве фарфора возможно только после предварительного обогащения.

Чтобы обеспечить возрастающую потребность отраслей промышленности в полевошпатовом сырье, необходимо не только количественно увеличить их добычу, но и основательно изменить ассортимент товарной полевошпатовой продукции. Она должна в подавляющей массе состоять из молотого обогащенного материала стандартного качества.

ГОСТ 23034–78, устанавливающий типы, марки, основные параметры и преимущественные области применения полевошпатового и кварц-полевошпатового сырья в различных отраслях промышленности, является по существу сводным классификационным ГОСТом на эти материалы. Установлены стандарты и технические требования на полевошпатовые и кварц-полевошпатовые материалы для производства художественного, хозяйственного и электротехнического фарфора (ГОСТ 7030–75), строительной керамики (ГОСТ 15045–78), стекловой промышленности (ГОСТ 13451–77), производства фарфоровой глазури (ТУ 21–25–97–77) и другие. Однако они не гарантируют поставку качественной продукции.

Изучение требований различных отраслей промышленности к качеству полевошпатового сырья позволило сделать следующие выводы:

1. Содержание оксида железа в полевошпатовом сырье передовых зарубежных стран обычно не превышает 0,10%, достигая в отдельных случаях 1,09%. В керамической промышленности США содержание оксида железа в полевошпатовом сырье колеблется от 0,04% до 0,15%.

2. Массовое соотношение содержаний оксидов калия и натрия в сырье для тонкокерамической и абразивной промышленности в развитых странах варьирует от 1,2 (Англия) до 23,2 (Германия). Исключение составляет производство типа «стекловидный фарфор», где используется натриевое сырье.

В настоящее время за рубежом наиболее распространенными промышленными методами обогащения стали флотация и электромагнитная сепарация. В США методом флотации получают около 68% полевошпатового сырья.

Высококалиевые полевошпатовые материалы для электротехнической, фарфоро-фаянсовой, абразивной и некоторых других отраслей промышленности за рубежом получают путем рудоразборки дифференцированных гранитных пегматитов, либо используют дезинтегрированные полевошпатосодержащие породы.

Отечественная керамическая промышленность (электрофарфор, хозяйственный фарфор, санитарно-строительные изделия и другие) используют в массах в качестве флюсующего материала высококалиевые полевые шпаты, так как они содействуют увеличению интервала стеклообразования и имеют большую вязкость расплава, чем натрий-кальциевые алюмосиликаты, что весьма важно для сохранения изделий от деформации при обжиге, придают фарфору большую механическую прочность, лучшую просвечиваемость и термостойкость.

В связи с этим для изделий тонкой керамики наиболее пригодно полевошпатовое сырье с калиевым модулем 2–3. Для лучших марок сырья этот показатель составляет 3 и выше. Строго лимитируется в сырье содержание оксидов железа (0,15–0,30%).

Для промышленности строительной керамики (производство санитарно-керамических изделий, отделочных и облицовочных плит, низкотемпературного фарфора) основные лимитируемые компоненты в молотом кварц-полевошпатовом сырье – оксиды железа (до 0,3%) и калиевый модуль (0,9).

Специфические требования электротехнической промышленности в части массового соотношения содержания оксида калия к оксиду натрия связаны с различным поведением этих элементов в электрическом поле. Величина отношения оксида калия к оксиду натрия в изоляторном фарфоре определяет такие важные электрофизические характеристики изоляторов, как тангенс угла диэлектрических потерь, пробивная напряженность электрического поля и другие.

Наиболее вредной примесью для электротехнического и бытового фарфора является оксид железа. Присутствие тонкодисперсного железа ухудшает электроизоляционные свойства за счет снижения электрической прочности изделий и электросопротивления. Электрические свойства понижают и отдельные включения железосодержащих мине-

ралов, которые образуют на поверхности изделий явные и скрытые выплавки. Огромное значение для производства фарфоро-фаянсовых изделий имеет содержание в полевошпатовом сырье красящих оксидов (Fe_2O_3 , TiO_2 , Cr_2O_3 , MnO), сказывающееся на белизне и просвечиваемости изделий, а также присутствие слюд. Известно, что 0,1% содержания красящих оксидов снижает белизну материала на 10%. Наличие в фарфоровой массе до 1,5% мусковита, биотита, лепидолита, вследствие собственного слюдам вспучивания, приводит в процессе обжига к развитию пор, образованию мушки, снижению плотности фарфора и появлению остеклованных каверн.

Вредной примесью для электрокерамики и бытового фарфора являются также оксиды кальция и магния. Повышенное содержание их отрицательно влияет не только на качество изделий, но и на технологический процесс. Особенно отрицательное действие оказывают соли кальция при оформлении изделий методом шликерного литья в гипсовых формах. Даже десятые доли процента растворимых солей кальция могут резко изменить литейные свойства шликера.

Повышенное содержание оксида кальция в полевошпатовом сырье снижает температурный интервал спекания фарфора, что приводит к неоднородности структуры и образованию дефектов в материале, выявляющихся при эксплуатации электроизоляторов. Аналогичную роль играет MgO .

Важными показателями качества полевошпатового сырья является однородность его минерального и химического составов.

Удовлетворение потребности промышленности в полевошпатовом сырье может быть реализовано за счет реконструкции действующих предприятий, а также использования в составах керамических масс нетрадиционных видов кварц-полевошпатового сырья.

1.3. Месторождения полевых шпатов Урала и их заменители

Урал богат полевошпатовым сырьем. Известно много месторождений различных размеров и мощности, большинство из них представлено мелкими жилами, неоднородными по составу, с большим содержанием загрязняющих примесей, которые изучены пока недостаточно. Ураль-

ские полевошпатовые материалы в основной своей массе сложены калиевыми полевыми шпатами: микроклином и ортоклаз-пертитом. Плагноклазовые вроски принадлежат альбиту или кислым плагноклазам.

К сожалению, качественная характеристика уральских полевошпатовых материалов в небогатом виде не удовлетворяет требованиям керамической промышленности. Так как непостоянство состава затрудняет производство изделий тонкой керамики, особенно высоковольтных изоляторов и бытового фарфора, к которым предъявляют повышенные требования в отношении механической и электрической прочности для первых и высокой белизны для вторых. В качестве возможных источников полевошпатового сырья в Уральском регионе могут рассматриваться щелочные пегматиты (Вишневогорское месторождение), гранитные пегматиты (месторождение Северная Мыльница, Тысячница), аляскиты (месторождение Режик), миаскиты (Вишневые горы), аплиты, а также каолинизированная дресва Кременкульского месторождения, нефелинолиты и конгресситы Потанинского месторождения (Южный Урал), щелочные каолины многих месторождений Южного Урала.

Краткая характеристика названных месторождений полевошпатового сырья Урала представлена ниже.

Вишневогорское месторождение полевых шпатов находится в Каслинском районе Челябинской области в 18 км от станции Маук Южноуральской ж/д. Данное месторождение находится в массиве биотитовых нефелиновых сиенитов (миаскитов). Из разведанных и изученных месторождений по запасам и качеству полезного ископаемого это месторождение следует поставить на первое место. Породы его имеют практический интерес для керамической и стекольной промышленности.

Вишневогорский полевой шпат светло-серый, довольно свежий, с блестящими плоскостями спайности. По трещинам излома и по плоскостям спайности (010) иногда встречается довольно много натека бурого железняка и глинистых скоплений. Включения слюды и кварца макроскопически почти незаметны. Плотность $2,572 \text{ г/см}^2$.

Полевой шпат представлен ортоклазом, проросшим значительным количеством альбита. Последний образует две системы пересекающихся между собой тонких полос, а также скоплений, независимо от системы полосок в виде довольно крупных выделений. Альбит местами серицитизирован. В микропертите в небольшом количестве наблюдаются включения кварца, слюды и магнитного железняка.

Материал содержит полевых шпатов 96,57% (ортоклаза – 70,89%, альбита – 25,08%, анортита – 0,60%), бурого железняка 0,18%, слюды и

каолинита 2,28%, кварца 1,13%. Средний состав полевого шпата (%): SiO_2 – 65,52; Al_2O_3 – 18,89; K_2O – 14,40; CaO – 0,13; MgO – 0,6–0,8; Na_2O – 3,06. После обжига полевого шпата в кусках при температуре 1000°C цвет его в массе становится белым, местами с красноватым и розовым оттенком и серыми или оранжевыми выцветами; на некоторых кусках обнаружены мелкие черные точки. После обжига шпата в кусках при температуре 1350°C он полностью спекается, при этом образуя бесцветную прозрачную массу, местами наблюдаются небольшие непрозрачные участки и едва заметные мелкие черные точки.

При обжиге полевого шпата до 1350°C, при крупности зерна 0,2 мм и 0,125 мм, получен сплав, содержащий небольшое количество мелкой мушки. При крупности зерна 0,07 мм сплав не содержит включений.

Фарфоровая масса, изготовленная на небогатом полевошпате при крупности зерна сито 0,07 мм и обожженная до 1350°C, не показала наличия мушки и обожженный материал обладал значительной белизной, не уступающей белизне керамики, изготовленной с использованием лучшего чупинского шпата.

Пегматитовые тела Вишневогорского месторождения имеют форму жил, длина которых колеблется от нескольких до сотен метров, мощность от одного до нескольких десятков метров. Руды месторождения являются комплексными. В пегматитах преобладает микроклин-пертит. Отмечено присутствие нефелинового сиенита, доля которого достигает 9%. Присутствует также примесь эгирина в виде отдельных кристаллов и скоплений.

Щелочной пегматит состоит, в основном, из ортоклаза и нефелина. Ортоклаз темно-серого, серого и розового цветов. Цветные минералы пегматита представлены биотитом и эгирином. Центральная часть пегматитовых жил представлена преимущественно крупными кристаллами ортоклаза (пертитового) и нефелина. Состав полевого шпата: 73% ортоклаза, 27% альбита.

Содержание красящих оксидов колеблется от 0,3% до 1,0%. В измельченном и сплавленном виде пегматит образует зеленоватый расплав пенистого характера с темной мушкой. В составе пегматитов преобладает микроклин-пертит.

Полевошпатовые пегматиты загрязнены биотитом, эгирином, роговой обманкой и ильмено-рутилом. По преобладающему минералу из загрязняющих примесей они подразделяются на эгириновые и ильмено-рутиловые. Особенностью эгирино-полевошпатовых пегматитов является резкая неоднородность их состава и структуры.

Большая часть добываемого пегматита (более 90%) отправляется в отходы, которые не могут быть использованы в тонкокерамическом производстве из-за высокого содержания оксидов железа и титана. В связи с этим необходимо проводить дополнительное обогащение.

Вишневогорский массив нефелиновых пород состоит из трех главных тел, залегающих параллельно друг другу. Центральное тело нефелиновых пород является наиболее крупным – длина 25 км и мощность 2–3 км в северной части и несколько десятков метров в южной – и слагает гряду Вишневых гор. Западное тело имеет длину не более 0,5 км, размеры восточного тела незначительны. Центральное и западное тела сложены главным образом миаскитами, окруженными по периферии щелочными сиенитами в виде оторочек мощностью в несколько десятков метров. Восточное тело состоит в основном из щелочных сиенитов, миаскиты в нем встречаются в виде маломощных пластообразных тел.

Миаскиты и окружающие их щелочные сиениты сопровождаются пегматитами, разделяющимися по минеральному составу на два типа: нефелин-полевошпатовые и полевошпатовые, причем первые связаны с миаскитами, а вторые – со щелочными сиенитами. Миаскиты состоят на 24–27% из нефелина, на 58–68% из полевых шпатов (микроклина и альбита).

Нефелин-полевошпатовые пегматиты приурочены, главным образом, к периферической части миаскитов и представлены линзообразными телами, отличающимися от вмещающих пород более крупнозернистым сложением. Из товарных сортов пегматита выходит: полевого шпата 35–40%, нефелина 2–10%, среднезернистого пегматита 50%. Хвосты гравитационного обогащения Вишневогорской фабрики имеют следующий минеральный состав (%): альбит – 40, микроклин – 30, биотит – 13, кальцит – 6, нефелин – 5, эгирин – 2,5, олигоклаз – 2,0, магнетит – 0,30, апатит – 0,40, ильменит – 0,35, циркон – 0,15, пироклор – 0,08. На Вишневогорском ГОК разработана и внедрена технология дообогаждения хвостов, обеспечивающая получение полевошпатовых концентратов с содержанием оксида железа до 0,5%.

После дообогащения хвостов остается значительное количество щелочесодержащих отходов. Минеральный состав отходов (%): микроклин 15–20, плагиоклаз 30–40, нефелин 5–10, биотит 7–20, кальцит 5–10, эгирин 2–5, роговая обманка 1–3.

Щелочесодержащие отходы Вишневогорского ГОК являются активным плавнем в керамических массах для плиток внутренней облицовки, обжигаемых при температуре 1050°C.

При дообогащении хвостов гравитационного обогащения пегматитов получены нефелин-полевошпатовые концентраты следующего состава (%): выветрелые руды: SiO_2 – 65,9–67,4; Al_2O_3 – 18,6–18,79; Fe_2O_3 – 0,2–0,8; K_2O – 5,5–6,85; CaO – 0,61; Na_2O – 0,61–1,61; MgO – 0,16; TiO_2 – 0,09; ППП – 0,38. При обогащении невыветренных пород содержание оксида железа в концентрате составляет 0,38–0,45%. Содержание Al_2O_3 в нефелин-полевошпатовом концентрате Вишневогорского ГОК составляет 21,7%, а в кварц-полевошпатовом концентрате месторождения Луппико 14%; соответственно этому норма расхода вишневогорского концентрата в производстве стекла будет в 1,5 раза меньше, чем луппиковского. Вишневогорский ГОК поставляет концентрат, не содержащий кварца. Комбинат выпускает и более ценные концентраты. Продукция пользуется большим спросом более чем 100 предприятий РФ и ближнего зарубежья. Наиболее крупными из них являются Саратовский, Салаватский, Красноустьинский, Великодворский стекольные заводы, Паневежский «Экранас», завод «Красное эхо», Московский Запрудненский электровакуумный завод и др.

Концентрат относится к одному из основных компонентов в производстве оконного и витринного стекла, а также в производстве цветных и черно-белых кинескопов, в электронной, медицинской отраслях промышленности при изготовлении приборов и посуды, в производстве белой и полубелой стеклянной посуды, абразивном производстве, при производстве сварочных электродов, в керамической промышленности (производство глазури, низкотемпературного фарфора, санитарно-строительной керамики).

Имея в своем составе высокое и стабильное содержание оксидов алюминия (не менее 20%), оксида калия (5–6%), оксида натрия (7–8%), полевошпатовый, нефелин-полевошпатовый концентраты не имеют отечественных и зарубежных аналогов. Их применение позволяет получать стекольную шихту, обеспечивающую высокую чистоту и прозрачность изделий. Использование вишневогорского концентрата позволяет снизить расход соды при производстве шихты до 30% для изделий высокого качества.

В 2001 году Вишневогорский ГОК закончил разведку Вишневогорского месторождения нефелин-полевошпатовых сиенитов. Запасы миаскитов месторождения пригодны для производства нефелин-полевошпатового концентрата в соответствии с ГОСТ 13451–77 «Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для стекольной про-

мышленности» и ТУ 5726–036–00193861–96 «Материалы полевошпатовые для стекольной, электровакуумной, керамической и электродной промышленности» и составляют по промышленным запасам 3,6 млн тонн, по категории С1 1 млн тонн. В 2001 году добыча сиенитов составила 420 тыс. тонн.

В непосредственной близости от эксплуатируемого участка расположены три перспективных участка, где возможно выделение нового промышленного объекта более чистых, низкожелезистых нефелин-полевошпатовых сиенитов с прогнозными ресурсами по категориям $P_1 + P_2$ 44 млн тонн.

В 2003 году Вишневогорским ГОК было произведено и реализовано 320 тыс. тонн полевошпатового сырья. При организации системы более совершенного обогащения комбинат сможет поставлять полевошпатовые материалы более высокого качества.

Миасское месторождение полевых шпатов. В Ильменских горах находятся большие запасы полевошпатовых материалов. Только в одном Ильменском заповеднике зарегистрировано 1800 микроклин-нефелиновых жил. Жильные тела загрязнены биотитом, магнетитом, гидроксидами железа и др. Чистый микроклин встречается в виде небольших гнезд. Пробы полевошпатового сырья сероватого цвета, матовые на плоскостях излома. Заметны натеки бурого железняка и вкрапления зеленоватой слюды, каолинита и мелких выделений магнитного железняка. Плотность 2,572 г/см³. Полевой шпат представлен микроклином, проросшим значительным количеством кислого плагиоклаза. Заметно серицитизирован, включает бесцветную слюду, зеленоватый хлорит, магнитный железняк, лимонит, каолинит и отдельные зерна кварца.

Минеральный состав полевых шпатов следующий: микроклин 68,91%, альбит 26,45%, анортит 2,14%, бурый железняк 0,19%, каолинит и слюда 1,95%, кварц 0,05%. Средний химический состав полевого шпата (%): SiO₂ – 65,28; Al₂O₃ – 19,20; K₂O – 11,94; CaO – 0,44; Na₂O – 3,14.

После обжига полевого шпата в кусках при температуре 1100°C цвет массы становится розово-серым, с поверхности и по трещинам – темно-коричневым. После обжига до температуры 1350°C цвет грязновато-серый, появляются в значительном количестве железистые черные выплавки в виде крупных скоплений и отдельных точек по всей массе вследствие оплавления частиц слюды.

При обжиге измельченного шпата до температуры 1350°C, при крупности зерна 0,2, 0,125 и 0,07 мм, во всех случаях получен сплав с черной мушкой, распределенной по всей массе материала. Появление мушки

после обжигов показывает, что полевой шпат в представленном виде применим лишь в производстве грубых керамических изделий.

Пробы полевого шпата изучались в ГИКИ и в производственных условиях Южноуральского фарфорового завода. Опыты по обогащению шпата показали, что в результате отделения загрязняющих цветных минералов путем электромагнитной сепарации и флотации можно получить чистые микроклиновые разности полевого шпата.

Несмотря на большие запасы полевошпатового материала в Ильменских горах, они исключены из Баланса запасов, поскольку запрещена промышленная эксплуатация любого полезного ископаемого в пределах Ильменского заповедника.

Светлинское пегматитовое поле. В районе Санарского массива (Челябинская область) выявлены продукты выветривания пород гранит-аплитового образования Светлинского пегматитового поля (тело №2). Тело это сложной геометрической формы, непостоянно по мощности. Кварц-полевошпатовые породы тела №2 по предварительным данным, основанным на визуальных наблюдениях, довольно чистые, часто с включениями блокового микроклина.

Полевошпатовый концентрат на объединенной пробе, представляющей одну из главных разновидностей сырья – аплит, содержал сумму щелочей 13,31%, отношение $K_2O : Na_2O$ – 16,5 и Fe_2O_3 – 0,10%.

В 1998 году сотрудниками Южноуральского фарфорового завода проведена работа по использованию в производстве местного полевошпатового сырья. Были отобраны пробы из карьеров Светлинского пегматитового поля (тело №2) и пегматитовой жилы в районе водозабора г. Пласт. Результаты химического анализа отобранных проб представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Химический состав пегматитового сырья Пластовского района Челябинской области

Проба	Содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП
Тело 2										
1. Микроклин	64,01	18,48	0,19	–	0,28	0,12	14,48	3,12	–	0,73
2. Аплит	68,47	20,59	0,21	–	0,08	0,02	10,08	0,56	–	2,63
3. Микроклин, окисленный железом	74,32	11,92	0,39	–	0,31	0,18	5,28	1,24	–	0,88
4. Микроклин выветрелый	65,18	15,35	0,17	–	0,19	0,16	9,76	0,88	–	0,65
5. Каолинизированная порода	64,54	14,91	0,42	–	0,24	0,31	0,72	0,08	–	10,07
6. Микроклин	72,61	16,15	0,08	–	0,28	0,16	7,04	0,46		2,44
7. Аплит	73,53	17,08	0,04	0,003	0,05	0,06	5,03	0,034	0,099	3,45
8. Пегматит с аплитом	76,21	19,03	0,71	0,04	0,1	0,09	4,20	0,06	0,01	2,9
9. Микроклин с каолинитом	69,6	19,2	0,53	0,04	0,12	0,13	3,20	0,03	0,03	5,4
10. Аплит с прожилками пегматита	75,7	20,2	0,51	0,004	0,14	0,1	3,08	0,02	0,03	6,5
11. Аплит	67,98	21,05	0,03	0,003	0,05	0,03	5,35	0,027	0,044	5,39
Пегматитовая жила:										
12	72,76	13,84	0,31	–	1,12	0,3	10,83	0,81	–	0,03
13	75,15	14,41	0,22	–	0,56	0,6	8,37	0,47	–	0,22
14	74,32	11,92	0,39	–	0,31	0,18	11,13	1,32	–	0,43

Для производственного опробования было отобрано 400 тонн пегматита из пегматитовой жилы.

Пегматит светло-розового цвета, запесоченный, со значительным присутствием слюды. Огневая проба, обожженная в туннельной печи до температуры 1350°C, белого цвета с незначительным количеством «мушки» на поверхности некоторых образцов.

Для удаления песка и частично слюды в конструкцию шпатомайки были внесены изменения. Качество фарфора удовлетворяло требованиям к хозяйственно-бытовому фарфору.

Малышевское месторождение пегматитов находится в 15 км от г. Асбест Свердловской области. Месторождение представлено редко-металльными гранитными пегматитами, слагающими Главную и Южную жилы. Общая протяженность рудных тел по простиранию составляет 600 м при ширине рудных зон 150–200 м. В морфологическом отношении пегматитовые тела сложного строения с четко выраженной зональностью. Висячий бок жилы сложен неравномерно-зернистым, крупно-зернистым до мелкоблокового пегматитом микроклин-кварц-альбитового состава. Лежачий бок жилы представлен мелкозернистым аплитовидным пегматитом кварц-альбитового состава.

Над пегматитовыми жилами развита кора выветривания, имеющая повсеместное распространение по площади и на глубину до 25–30 м от поверхности.

Породообразующие минералы пегматитов: калиевый полевой шпат, плагиоклаз, кварц и мусковит. Калиевый полевой шпат представлен в различной степени измененным микроклин-пертитом. Микроклин-пертит пелитизирован, частично замещен альбитом, содержит вроски альбита и кварца, образует крупные неравномерной формы зерна размером от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров и более. Степень замещения микроклина альбитом и прорастание его альбитом и кварцем различна и в среднем составляет 15–20%.

Плагиоклаз представлен преимущественно альбитом, альбит-олигоклазом, он встречается в виде таблитчатых кристаллов или выделений неправильной формы размерами от долей миллиметра до 0,5–1,0 см. Более основной плагиоклаз часто замещается альбитом, нередко в нем присутствуют мелкие вкрапления альбита и кварца. Кварц располагается между зернами микроклина и плагиоклаза. Размеры его выделений от сотых долей миллиметра до нескольких сантиметров. Он часто слагает линзовидные участки мозаичного строения или образует секущие про-

жилки в ассоциации с альбитом и мусковитом величиной 0,1–0,3 мм. Мусковит широко распространен в пегматитах и содержится в количестве 5–10%. Присутствует в виде крупных гнездообразных скоплений и единичных мелких редко рассеянных в породе чешуек. Мусковит ксеноморфен по отношению к полевым шпатам и идеоморфен по отношению к кварцу.

В коре выветривания полевые шпаты, главным образом плагиоклазы, замещаются минералами группы каолинита. При этом образуются гидромусковит по полевым шпатам и мусковиту, гетит, гидрогетит и др. Полевые шпаты месторождения отличаются низким содержанием оксидов железа, титана, кальция и магния (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Химический состав полевых шпатов с разным соотношением $K_2O:Na_2O$

Оксиды	Содержание оксидов, %, в полевых шпатах с калиевым модулем ($K_2O:Na_2O$)			
	0,5	0,5–1	1–1,5	≥2
SiO ₂	66,2	68,2	65,0	66,0–67,0
Al ₂ O ₃	19,3	19,0	не опред.	16,7–17,9
Fe ₂ O ₃	0,08	0,07	0,07	0,1–0,16
TiO ₂	–	–	–	–
CaO	0,2	0,1	0,2	0,1
MgO	–	–	–	–
K ₂ O	3,9	4,8	7,9	9,0–10,0
Na ₂ O	8,7	8,2	5,6	3,5–4,8

Калиевый полевой шпат выделяется на обогатительной фабрике при дообогащении хвостов руд всячего бока залежей, содержащих (%): SiO₂ – 70,7–71,4; Al₂O₃ – 14,3; Fe₂O₃ – 0,64–0,60; TiO₂ – 0,007; MgO – 0,2–0,13; K₂O – 4,7–5,6; Na₂O – 0,42; MnO – 0,05; P₂O₅ – 0,03; минеральный состав отходов (%): кварц – 30,98–37,39; микроклин – 21,05–25,08; альбит – 37,32–33,44; мусковит – 8,6–13,43.

Технология дообогащения хвостов разработана институтом «Уралмеханобр» и ОАО «Малышевское рудоуправление», она включает следующие переделы: доизмельчение до крупности 100% минус 0,2 мм, флотация слюды, полевошпатовая флотация, дополнительная флотация слюды, селективная флотация полевых шпатов, сушка и магнитная сепарация.

Ориентировочный минеральный состав плагиоклазовых продуктов обогащения (%): *калиево-натриевого*: альбит 76; микроклин 27; анортит 0,5; кварц 3; *натриевого*: альбит 74,7; микроклин 21,1; анортит 1; кварц 3.

Все полевые шпаты при оценке их по методике ГОСТ 7030-75 после измельчения до прохождения через сита № 0112 и № 0071 и обжига образуют сплавы молочно-белого цвета, без мушки.

Номенклатура продукции ОАО «Малышевское рудоуправление» включает: полевой шпат калиевый марки ПШМ 0,2–2 по ГОСТ 7030–75 40 тыс. тонн, полевой шпат калиево-натриевый по ГОСТ 13451–77 – 60 тыс. тонн в год.

ОАО «Малышевское рудоуправление» – единственное предприятие на Среднем Урале по переработке пегматитовых гранитов, выпускающее полевошпатовые концентраты. В 2003 году предприятие выработало 80 тыс. тонн полевошпатового концентрата.

Исследование технологических свойств калиевого полевого шпата выполнено институтом ВНИИФ (г. Санкт-Петербург). Опробование в массах для изготовления твердого и низкожгущегося фарфора, обожженного соответственно при температурах 1320–1350°C, 1380–1410°C, 1280–1300°C, показало, что белизна составляет 72–75% и 70–72%, предел прочности при изгибе – 90–100 МПа, общая усадка – 14–15%. Установлено, что калиевый полевой шпат Малышевского месторождения соответствует требованиям ГОСТ 7030–75 к сырью марки ПШМ 0,2–2 и может быть использован в производстве бытовых изделий из фарфора. По запасам данное месторождение является очень крупным.

Адуйский полевой шпат. Месторождение расположено в районе г. Асбест и п. Малышевка Свердловской области. Полевой шпат с поверхности слегка выветрен, имеет желтовато-розовую (палевую) окраску и содержит по трещинам разлома и на плоскостях ясной спайности глинистые включения и натёки бурого железняка. Наблюдаются включения зерен кварца и чешуйки зеленоватой вторичной слюды (серицита). Плотность 2,564 г/см³. Он представлен микропертитовыми прорастаниями ортоклаза очень кислым плагиоклазом. Иголочки плагиоклаза располагаются параллельно плоскости спайности ортоклаза по (010). Микропертит слабо каолинизирован и в массе его наблюдаются в небольшом количестве отдельные мелкие зерна кварца и листочки бесцветного серицита.

Минеральный состав полевых шпатов следующий: ортоклаза 79,89%, альбита 14,66%, анортита 0,69%, бурого железняка 0,34%, каолинита и слюды 2,81% и кварца 1,31%. Средний химический состав полевого шпата, (%): SiO₂ – 65,06; Al₂O₃ – 18,80; K₂O – 14,17; Na₂O – 1,82; CaO – 0,15. Полевой шпат, обожженный в кусках при температуре 1100°C, приобретает серовато-белый цвет с железисто-желтым налетом на по-

верхности, причем он легко поддается дроблению по плоскостям спайности. В этой стадии достаточно просто произвести отборку. После обжига при температуре 1230°C наблюдавшаяся при обжиге до 1100°C поверхностная желтоватая окраска исчезала и цвет шпата в изломе и на поверхности становился чисто белым. Однако при этом были обнаружены отдельные черные железистые гнезда, образовавшиеся в результате сплавления включений слюды. Шпат несколько остекловывается, но сохраняет форму.

При обжиге измельченного шпата в тигле до температуры 1350°C, при крупности зерна 0,2, 0,125 и 0,07 мм, во всех случаях получен сплав с черной мушкой, распределенной по всей массе.

Принимая во внимание обнаружившиеся на всех стадиях обжига железистые примеси в виде черных точек, материал в представленном виде может быть пригоден только для изготовления окрашенных изделий – каменного товара, половых плиток, абразивных изделий и т.п. Для фаянсового и фарфорового производства он может быть пригоден лишь после надлежащей подготовки (промывания и тщательной отборки). При производственной отборке (заводского характера) в отбор уходит до 60% материала. Фарфоровая масса, приготовленная на таком отобранном шпате при крупности зерна 0,07 мм и обожженная до температуры 1350°C, заметной мушки не имела. Полученный материал обладал значительной белизной. Таким образом, можно отметить, что полевой шпат пригоден для использования в фарфоро-фаянсовом производстве при условии предварительной его отборки.

Месторождение «Участок № 5» расположено на расстоянии 1,3 км к западу от западной окраины г. Асбест. Месторождение представлено корами выветривания жил гранитных пегматитов калишпат-альбитового типа развитыми до глубины от 5 до 30 м (средняя 1,5 м). Простирание жил мощностью от 10 до 60 м близширотное, согласное с вмещающими породами (амфиболитами и биотит-амфиболитовыми гнейсами). Минеральный состав пегматитов (%): плагиоклаз (альбит) 35–40, микроклин (ортоклаз) 15–20, кварц 25–30, мусковит 5–7, биотит 0,5, гранат 0,5, каолинит до 20, апатит 0,2. Кроме того, присутствуют в незначительных количествах берилл, ильменит, рутил, циркон, колумбит. Калиевый модуль – 1,11, 1,46, 8,03. Суммарные запасы руды по коре выветривания пегматитов при средней глубине 15 м составляют 2,5–2,8 млн тонн.

Месторождение полевого шпата рудного тела «Липовый лог» расположено в 10 км на юг от пос. Малышева. Руды представлены пег-

матитами разнозернистой структуры мусковит-кварц-микроклин-альбитового состава, слагающими среди амфиболитов и сланцев серию наклонных (угол наклона 50–70°) жилообразных и линзовидных тел протяженностью от 100 до 1000 метров, мощностью от первых метров до 20–50 м. Подавляющая часть запасов заключена в двух рудных телах Главной и Южной жил. Балансовые запасы: руды – 6,0 млн тонн, микроклина – 1,07 млн тонн, альбита – 2,6 млн тонн, мусковита – 430,0 тыс. тонн, кварца – 1,6 млн тонн.

Месторождение «Участок №2» представлено корой выветривания пегматитов, примыкает с запада к месторождению «Липовый лог». Месторождение представлено серией из 15 сближенных пегматитовых жил сложной морфологии, длиной от 120 м до 800 м, мощностью от 5 до 63 м. Средний минеральный состав руды (%): микроклин – 20, альбит – 40, кварц – 25, мусковит – 5, каолин – 10. Запасы составляют: руды 2,0 млн тонн, микроклина 400 тыс. тонн, альбита 800 тыс. тонн, мусковита 100 тыс. тонн, кварца 500 тыс. тонн, каолина 200 тыс. тонн. Запасов руды достаточно на 20 лет при годовой добыче песка 100 тыс. тонн.

Месторождение «Участок №7» является самым крупным разведанным месторождением коры выветривания редкометальных пегматитов в пределах Адуйского рудного поля. Месторождение расположено между поселками Малышева и Изумруд. Площадь участка 0,5 * 1,8 км. Здесь зафиксировано около 30 субпараллельных наклонных (угол наклона 30–60°) пегматитовых жил протяженностью от 200 м до 1,2 км, мощностью от 2 до 30–50 м, залегающих среди кристаллических сланцев и амфиболов. По минеральному и химическому составу руды аналогичны рудам месторождения «Участок №2». Запасы составляют: руды 14,5 млн тонн, микроклина 2,9 млн тонн, альбита 5,8 млн тонн, мусковита 730 тыс. тонн, кварца 3,6 млн тонн, каолина 1,45 млн тонн. Запасов достаточно на 48 лет при годовой добыче 300 тыс. тонн.

Кроме указанных месторождений в 1989 – 1990 годах утверждены запасы пегматитовых руд до глубины 150–230 м еще по трем объектам Адуйского пегматитового поля – месторождению «Участок 293», жиле Южной месторождения «Квартальное» и жилам №5, 6, 7 в залегании месторождения «Участок №2». Суммарные запасы руд по ним составляют 10,8 млн тонн.

Широкое развитие кор выветривания мощностью 10–40 м на Малышевской площади позволяет прогнозировать выявление целого ряда промышленных месторождений высококалийного полевошпатового и

каолинового сырья, связанного с выветриванием пегматитов и лейкократовых гранитов. В 2002 году в ОАО «Малышевское РУ» была проведена оценка одного из этих проявлений – Кедрового.

Кедровое проявление полевого шпата расположено в 2–3 км на запад от пос. Малышева. Участок сложен мелко-среднезернистыми и пегматитовыми гранитами, среди которых залегают линзовидной и сложной формы тела пегматитов альбит-микроклинового и микроклинового типов. На площади 1 км² закартировано 7 пегматитовых тел размером от 250 x 30 м до 1500 x 450 м, среди которых выделено три потенциально перспективные зоны. Калиевый модуль в рудах варьирует от 1,9 до 11,7 (в среднем 3,6). При лабораторных технологических испытаниях руд получены высококалиевые полевошпатовые концентраты (калиевый модуль 3–3,7) при выходе 21–28% от руды и мусковитовые концентраты при выходе 6–7%. Прогнозные ресурсы категории P₂ до глубины 10 м по рудной залежи №1 оцениваются в 0,5 млн тонн, а в целом по Кедровому проявлению – 1,4 млн тонн.

Полевой шпат из 84 квадрата Монетной лесной дачи (Березовский район Свердловской области) с поверхности слегка выветрен, имеет бледно-зеленоватый, почти белый цвет, с незначительными примазками и натечками бурого железняка. По всей массе наблюдаются выделения гнезд и вкраплений. Плотность 2,572 г/см³. Под микроскопом наблюдается типичная микропертитовая структура – следствие прорастания ортоклаза очень кислым плагиоклазом. Масса шпата слабо каолинизирована. Заметно присутствие довольно значительного количества вторичной слюды, образовавшейся за счет преобразования полевого шпата; нередко можно видеть, что часть зерна представляет собой нормальный ортоклаз, другая состоит из слюды.

Минеральный состав полевых шпатов следующий: ортоклаз 70,82%, альбит 25,17%, анортит 1,57%, бурый железняк 0,13%, каолинит и слюда 1,78%, кварц 0,73%. Средний состав полевого шпата (%): SiO₂ – 65,22; Al₂O₃ – 19,10; K₂O – 12,27; CaO – 0,37; Na₂O – 3,04. После обжига полевого шпата в кусках при температуре 1100°C он принимает розово-желтый цвет, причем на поверхности и по трещинам замечается железистый желтый налет. После такого обжига легко поддается раздроблению, но отборка затруднительна по всей массе. После обжига до температуры 1230°C цвет становится серовато-белым; куски оплавлены до округления краев и слабо просвечивают, по всей массе заметны черные точки, образовавшиеся из оплавленной воды. Полевой шпат размолотый и просеянный через сито 6400 отв/см² после обжига до температуры 1280°C имеет

высокий поверхностный блек; просвечиваемость остекловавшейся массы молочно-белая, но наблюдается наличие незначительного количества черных точек. При обжиге измельченного шпата до температуры 1350° С при крупности зерна 0,2 и 0,125 мм получен сплав, содержащий большое количество мелкой мушки, распределенной по всей массе материала; при крупности зерна 0,07 мм черные точки едва намечаются и при этом в совершенно ничтожном количестве.

В природном виде полевой шпат пригоден только для изделий с окрашенным черепком. После прокаливания до температуры 1100°С и отборки (в отброс ушло 16%) полевой шпат был измельчен до размеров зерна 0,125 мм; фарфоровая масса, обожженная до температуры 1350°С, не показала наличия мушки, и полученный черепок обладал достаточной белизной, мало уступающей белизне черепка, приготовленного на стандартном полевом шпате. Таким образом, полевой шпат может быть использован в фарфоро-фаянсовом производстве при условии предварительной промывки и тщательной отборки.

Соколовский полевой шпат (Режевская дача, в 1,5 км к юго-востоку от деревни Соколовой, в 15 км к юго-западу от ст. Реж). Полевой шпат заметно выветрен, хрупок, легко крошится и распадается при легком ударе молотком. Цвет светлый, серовато-белый. По трещинам разлома наблюдаются тонкие корочки и натеки бурого железняка. Иногда мелкие выделения магнитного железняка, переходящего в лимонит. Попадают мелкие чешуйки серебристо-белой вторичной слюды. Изредка заметны довольно крупные пачки – кристаллы зеленой слюды, зажатые между полевым шпатом и кварцем, который присутствует в виде прозрачных зерен, иногда довольно крупных. Плотность 2,570 г/см³. Полевой шпат представлен микроклином, проросшим в значительной мере альбитом; изредка наблюдаются зерна кварца и чешуйки бесцветной вторичной слюды. Шпат несколько каолинизирован. Микроскопически примесей заметно мало и шпат довольно чист.

Минеральный состав полевых шпатов следующий: микроклин 70,88%, альбит 22,90%, анортит 0,39%, бурый железняк 0,22%, каолинит и слюда 4,89%, кварц 0,12%. Средний состав полевого шпата (%): SiO₂ 65,47; Al₂O₃ – 18,84; K₂O – 12,73; CaO – 0,09; Na₂O – 2,87.

После обжига шпата в кусках до температуры 1100°С цвет почти белый; на поверхности по трещинам желтый железистый налет; легко поддается раздроблению, отбросы при отборке незначительны. После обжига до температуры 1230°С цвет чисто белый, остеклование незначительное, наблюдаются отдельные гнезда черных выплавок слюды, но их

очень мало. При обжиге молотого шпата до температуры 1350°C при крупности зерна 0,07 мм никаких следов мушки не обнаружено. В фарфоровой массе, приготовленной из неотобранного шпата при крупности зерна 0,07 мм и обожженной до температуры 1350°C, мушки не обнаружено, полученный черепок обладал хорошей белизной.

Останинский полевой шпат (Режский район Свердловской области) заметно выветрен, матовый и не блестит на плоскостях спайности; цвет почти белый, слегка серовато-желтый. Местами покрыт незначительными железистыми налетами. Наблюдаются в небольшом количестве примазки вторичной бледно-зеленоватой слюды. Плотность 2,569 г/см³. По минеральному составу полевой шпат представлен микроклином, проросшим значительным количеством кислого плагиоклаза и слабо каолинизированный. Заметны мельчайшие включения зерен кварца и чешуек бесцветной слюды.

Минеральный состав полевых шпатов следующий: микроклин 72,56%, альбит 20,24%, анортит 1,65%, бурый железняк 0,13%, каолинит и слюда 3,38%, кварц 1,36%. Средний состав (%): SiO₂ – 65,08; Al₂O₃ – 19,07; K₂O – 12,93; CaO – 0,38; Na₂O – 2,54.

После обжига полевого шпата в кусках до температуры 1100°C цвет светло-серый, легко дробится, отбросы незначительные. После обжига до температуры 1230°C цвет чисто белый, заметно спекание с сохранением острых краев и полуматовой поверхности. Местами замечаются железистые гнезда и точки от оплавившейся слюды. Для ответственных изделий отборка удобна после обжига при этой температуре. При обжиге молотого шпата до температуры 1350°C при крупности зерна 0,07 мм заметны отдельные мелкие черные точки в очень незначительном количестве. Фарфоровая масса, приготовленная на отобранном шпате, при крупности зерна 0,07 мм, обожженная до температуры 1350°C, имела вполне достаточную белизну. Шпат, при условии незначительной отборки, вполне применим в фарфоровом и фаянсовом производстве.

Галанинский полевой шпат (Режский район Свердловской области) довольно свежий, светлого розовато-желтого цвета, на отдельных кусках, а местами на плоскостях спайности по (010) встречаются железистые и землистого характера налипы. Наблюдаются и в небольшом количестве включения слюды и кварца. Плотность 2,564 г/см³. Полевой шпат представляет собой слабо каолинизированный ортоклаз, проросший очень тонкими иголочками кислого плагиоклаза. В массу шпата включены зернышки кварца и листочки бесцветной вторичной слюды.

Минеральный состав полевых шпатов следующий: ортоклаз 80,24%, альбит 12,53%, анортит 1,62%, бурый железняк 0,15%, каолинит и слюда 1,53%, кварц 3,75%. Средний состав (%): SiO_2 – 64,23; Al_2O_3 – 19,22; K_2O – 14,61; CaO – 0,37; Na_2O – 1,57%. После обжига шпата в кусках до температуры 1100°C цвет темный желтовато-розовый. При обжиге до температуры 1230°C цвет серовато-белый, заметно сильное спекание и значительные железистые черные выплавки в виде гнезд вследствие сплавления слюды. При обжиге молотого шпата до температуры 1350°C, при крупности зерна 0,2, 0,125 и 0,07 мм, во всех случаях получен сплав серовато-белого цвета, содержащий значительное количество мушки и черных точек, распределенных по всей массе. Наличие черных точек и мушки после обжига позволяет считать, что полевой шпат может быть применен лишь в производстве грубых керамических изделий с окрашенным черепком.

После обжига до температуры 1100°C произведена отборка шпата (в отброс ушло 48,5%). Фарфоровая масса с использованием отобранного шпата, при крупности зерна 0,07 мм и обожженной до температуры 1350°C, показала наличие незначительного количества мушки, цвет обожженного черепка белый с сероватым оттенком. Шпат низкого качества, непригодный для фарфорового производства даже при условии тщательной отборки.

Алапаевские пегматиты (Алабашское, Тысячица и Северная Мыльница) расположены в Алапаевском районе Свердловской области, включены в минерально-сырьевую базу полевошпатовой промышленности как возможные источники полевошпатового сырья. Месторождения генетически связаны с палеозойскими интрузиями, имеют сложный минеральный состав и отличаются развитием метасоматических структур. В пегматите присутствует значительное количество биотита, граната, турмалина, мусковита и других загрязняющих примесей.

Запасы пегматита рассредоточены на значительном количестве мелких пегматитовых жил. Так, *Алабашское месторождение* состоит из 16 пегматитовых тел. Средняя мощность четырех наиболее крупных из них составляет около 6 м (в раздувах достигая 12—15 м), и прослеживается по простиранию на 800–1400 м. Жильные тела залегают в основном согласно с вмещающими породами. Пегматиты состоят из полевых шпатов (60–65%), кварца (30–35%) и биотита (5–10%), представлены в основном графической и крупнозернистой пегматоидной разновидностями. Зона выветривания пегматитов достигает 7–8 м, в отдельных

случаях 13–15 м. Содержание основных лимитируемых компонентов в пегматите (%):

а) зона выветрелых пород: Fe_2O_3 – 0,80–2,60, K_2O – 5,07–5,70, Na_2O – 1,51–3,06, кварца – 31,37–35,18;

б) зона неизменных пород: Fe_2O_3 – 0,82–1,02, K_2O – 5,08–5,82, Na_2O – 2,98–3,28, кварца – 29,12–34,98.

После обогащения содержание оксидов железа составляет 0,24–0,36%. Минеральный состав (%): калиевый полевоый шпат – 29–44, плагиоклаз 15–26, альбит (вторичный) – до 2, биотит (хлоритизированный) и мусковит – 3,5–8, глинистые минералы – до 10, гидроксиды железа – 1–2, содержание кварца в пробах – от 2,8 до 59.

Содержание оксида железа в блоках подсчета запасов колеблется от 0,52 до 2,68%.

На месторождении «Тысячница» насчитывается 11 пегматитовых тел. Средняя горизонтальная мощность их варьирует от 2 до 20 м, жилы длиной от 150 до 960 м. Вмещающие породы – биотито-плагиоклазовые гнейсы. Пегматитовые тела имеют сложную видно-ветвящуюся форму. Содержание основных лимитируемых компонентов и обогащенных концентратов (%):

а) из материалов зоны выветрелых пород: Fe_2O_3 – 0,18–0,22, K_2O – 5,79–7,35, Na_2O – 1,23–2,80, кварца – 21,59–46,52;

б) из зоны неизменных пород: Fe_2O_3 – 0,15–0,28, K_2O – 5,06–7,04, Na_2O – 2,18–3,06, кварца – 23,53–47,68.

Месторождение «Северная Мыльница». Вмещающие породы – биотито-плагиоклазовые гнейсы. Жила длиной 600 м и мощностью 6 м. До глубины 10–18 м на месторождении развита кора выветривания. Крупнокусковая фракция выветрелого пегматита после промывки имеет следующий химический состав (%): SiO_2 – 74,65; Al_2O_3 – 14,04; Fe_2O_3 – 0,91–1,50; CaO – 0,85; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 9,19$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 2,6$. В целом по месторождению отношение содержания оксида калия к оксиду натрия варьирует от 1,31 до 2,03. Месторождение эксплуатировалось и пегматиты поставлялись на изоляторные заводы Урала (Южноуральск, Камышлов). По данным Камышловского изоляторного завода пегматит низкого качества с содержанием оксида железа от 0,13 до 1,37%. Пегматит преимущественно микроклиновый (K_2O – 8,82–6,11%, Na_2O – 2,12–2,99%). Содержание свободного кварца около 30%. Пегматит загрязнен биотитом и примазками ожелезненной красной глины.

Пегматитовые месторождения обладают неблагоприятными горно-техническими условиями эксплуатации из-за наличия большого количества старательских выработок (месторождения с давних времен эксплуатировались кустарным способом, частично с проходкой шахт для получения драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней).

В приповерхностной зоне на глубину до 5–20 м пегматиты выветрелые, уровень подземных вод располагается недалеко от поверхности.

Государственной комиссией в 1966 году утверждены запасы полевошпатового сырья по месторождениям Алабашское и Тысячица по категориям В и С, в количества 4,5 млн. тонн (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Запасы полевошпатового сырья по месторождениям Алабашское и Тысячица

Категория запаса	Запасы, тыс. тонн	Из них с отношением K ₂ O: Na ₂ O		
		Более 2	От 1,5 до 2,0	Менее 1,5
Алабашское месторождение				
В, всего	237,5	90,5	109,2	37,8
в т.ч. выше уровня подземных вод	237,5	90,5	109,2	37,8
С ₁ , всего	1149,6	251,3	789,4	108,9
в т.ч. выше уровня подземных вод	113,0	107,6	5,4	–
С ₂	3002	–	–	–
Месторождение Тысячица				
В, всего	846,8	522,0	292,4	32,4
в т.ч. выше уровня подземных вод	459,0	340,1	86,5	32,4
С ₁ , всего	2256,6	1471,6	785,0	–
в т.ч. выше уровня подземных вод	736,5	663,8	72,7	–
С ₂	1660	–	–	5

По месторождению Северная Мельница запасы полевошпатового сырья по категориям В и С₁ утверждены в количестве 0,3 млн тонн. Верхние выветрелые горизонты с более высоким (выше 2:1) отношением содержания оксида калия к оксиду натрия отработаны.

В пределах Алабашского месторождения пегматитов расположено мощное месторождение Ватиха, которое до сих пор детально не разведано.

Из табл.1.3 видно, что 1,2 млн тонн запасов выше уровня подземных вод на месторождениях Алабашское и Тысячница имеют отношение оксида калия к оксиду натрия выше 2:1 и по этому показателю соответствуют требованиям к отдельным сортам для тонкой керамики.

Из приведенных данных следует, что полевошпатовые концентраты месторождений Алабашское и Тысячница по содержанию красящих оксидов и кварца не удовлетворяют требованиям фарфоро-фаянсовой промышленности. Только по отдельным пробам получен концентрат, соответствующий требованиям на сырье для электротехнической промышленности.

Месторождение «Нижняя Алабашка» (пос. Асбестовский Свердловской области). Запасы подсчитаны до глубины 30 м по месторождению и составляют 6 635 тыс. тонн. В том числе утверждены запасы по поверхности, они составляют 3 826 тыс. тонн, месторождение готово к получению лицензии на добычу.

Месторождение представляет собой пучок жил в количестве 15 единиц, все жилы расположены на ширине 400 м, мощность жил от 10 до 50 м при длине по простиранию 1 км, дальше не отслеживались. Средние результаты анализов по 15 жилам (%): SiO_2 , свободный кварц – 38,92; Fe_2O_3 – 0,18 (после магнитной сепарации); CaO – 0,5; K_2O – 7,29, Na_2O – 1,42, калиевый модуль $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ – 5,1; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 8,71$.

Минимальное содержание K_2O в жиле №2 – 5,35%, в жиле №6 – 8,0%; Na_2O в жиле №14 – 0,75%, в жиле №2 – 2,3%. Сумма щелочей максимальная в жиле №1 – 10,6%, минимальная в жиле №14 – 7,07%. Калиевый модуль минимальный в жиле №2 – 2,3, максимальный в жиле №9 – 8,3, в жиле №14 – 8,4.

Месторождение представлено дресвяно щебенистой корой выветривания. Средний выход концентрата после отмывки от илов и глины в самой верхней части составил 65,39% (река Нейва в 500 м), мощность щебеночных отложений – 10–20 м, обнаженного массива нет.

После обогащения методом магнитной сепарации все 15 жил дали снижение железа до 0,15–0,2%. Массив выходит на поверхность на расстоянии примерно 1 км возле «Горелого моста» и имеет следующий химический состав (%): оксидов железа в естественном виде – 2,49, в обогащенном – 0,18, сумма щелочей – 7,07, калиевый модуль – 1,4. Массив трещиноватый, не разведывался.

В 1990 году ОАО «Малышевское РУ» организовало карьерную добычу и провело технологические испытания крупнотоннажной пробы

кор выветривания Нижне-Алабашского месторождения. Проба руды отобрана с пегматитовой жилы №10 с глубины 2–4 м. Минеральный состав пробы (%): кварц дымчато-серый – 35, микроклин розовый – 50, альбит белый – 10, биотит грязно-зеленый – 5, крупность материала пробы – минус 3 мм. Химический состав поступившей на обогащение руды данного месторождения (%): K_2O – 5,8; Na_2O – 0,9; $K_2O/Na_2O = 6,4$; $K_2O + Na_2O = 6,7$; SiO_2 – 66,8; Al_2O_3 – 17,1; SO_3 – 0,02; MgO – 0,52; CaO – 0,2.

В процессе испытаний установлено, что оксид железа концентрируется в классе минус 0,2 мм, причем содержание оксида калия в этом классе снижается до 2,8%. При переработке класса плюс 0,2 мм выход составил 70,1%. Из руды Нижне-Алабашского месторождения, которая представлена пегматитами коры выветривания, при содержании в ней K_2O – 5,8%, Na_2O – 0,9%, получен концентрат с суммой щелочей 15% с калиевым модулем 7,8.

Месторождение «Режик» расположено в Белоярском районе Свердловской области в 6 км к западу от ж/д станции Режик. Месторождение лейкократовых гранитов представлено меридиональной полосой мусковитовых гранитов. Мощность полосы по поверхности 300 м. По простиранию полоса прослеживается скважинами и шурфами на 400 м и по данным геологической съемки протягивается далее к северу на 1 км. Месторождение являлось первым в СССР разведанным месторождением гранитов в качестве сырья для производства тонкой керамики. Месторождение очень крупное. Горнотехнические и гидрогеологические условия эксплуатации благоприятные.

Выделяются две структурные разновидности (пригодных для керамики) гранитов: мелкозернистые, слагающие осевую часть полосы и среднезернистые – в краевых частях. Вещественный состав обеих разновидностей одинаков.

Мусковитовые граниты состоят из (%): кварца 24–32; полевых шпатов 67–77; мусковита 1,5–2,5; граната 0,3; рудных минералов 0,1. Запасы по категориям $A+B+C_1$ составляют 4,75 млн тонн, в том числе по категориям A_2+B – 986 тыс. тонн, кроме того, подсчитаны запасы по категории C_2 в количестве 1,87 млн тонн (по данным 1981 г по категориям $A+B+C_1+C_2$ – 6,56 млн тонн). Запасы могут быть увеличены за счет доразведки данного месторождения. Химический состав полевошпатового сырья месторождения «Режик» представлен в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Химический состав полевошпатового сырья месторождения «Режик»

Месторождение	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Гранит аляскитовый	72,7	15,9	0,9	0,42	1,40	0,20	3,55	5,33	0,04
Гранит мусковитовый	73,93	15,22	0,9	0,48	0,90	0,10	4,13	4,33	0,40
Аляскит	75,37	14,0	0,9	0,37	0,48	0,05	3,55	5,55	0,40
Участок №4	71,93	16,54	–	0,44	0,80	0,14	7,86	2,77	0,22
Участок 4А	73.13	15,46	–	0,41	0,69	0,14	7,48	3,11	0,28
Участок «Шпатовый»	74,88	15,17	–	0,48	0,97	0,18	4,57	3,96	0,11
Участок «Кварцевый»	64,83	20,47	–	0,18	0,20	0,03	10,96	2,91	0,32
Участок №8	73,71	15,46		0,40	1,0	0,04	5,66	4,29	0,33

Характеристика огневых проб полевошпатовых материалов месторождения «Режик» представлена в табл. 1.5.

Таблица 1.5. Характеристики огневых проб

Место взятия проб	Внешний вид расплава при 1350°С	
	Сито 02	Сито 007
Участок №4	Молочно-белый с сероватым оттенком, редкая точечная мушка	Молочно-белый с сероватым оттенком
Участок 4А	Молочно-белый со слабо сероватым оттенком и редко разбросанной точечной мушкой	Молочно-белый
«Шпатовый»	Молочно-белый со слабо сероватым оттенком. Редкая точечная мушка	Молочно-белый со слабо сероватым оттенком
«Кварцевый»	Молочно-белый	Молочно-белый
Участок №8	Молочно-белый с сероватым оттенком, редкая точечная мушка	Молочно-белый, на поверхности единичная мушка

Исследования показали, что массы, содержащие граниты и аляскиты, по керамическим показателям не отличаются от контрольных масс, содержащих пегматит Чупинского месторождения.

В составе сырья отмечается высокое содержание SiO₂ и оксидов щелочных металлов, присутствуют оксиды железа. Проведенные лабораторные и полупромышленные исследования показали, что пегматоидный гранит месторождения «Режик» является в естественном виде плавленом, содержащим большое количество оксидов железа – 0,68%, которые придают сплаву темную окраску. При обогащении по комбинированной магнитно-флотационной схеме содержание оксида железа может быть

снижено до 0,09–0,15%. Обогащение гранита на электромагнитном сепараторе (напряженность магнитного поля 10–12 тыс. эрстэд) снижает содержание оксидов железа до 0,12%, цвет сплава становится белым.

Проведенная оценка мусковитовых среднезернистых гранитов подтвердила пригодность их для получения качественной керамики. Мелкозернистые граниты по химическому составу аналогичны среднезернистым (табл. 4.4). Концентрат аплита представляет собой полноценный беложгущийся заменитель пегматитов в керамических массах, а также является высокосортным стекольным сырьем.

Колебания отношения оксида калия к оксиду натрия в пределах 2 к 1 до 1 к 2 не оказывают заметного действия на керамические свойства фарфоровых масс. Оценка сортности гранита показала, что он может быть приравнен к пегматиту второго сорта с несколько увеличенным содержанием свободного кварца и пониженным соотношением K_2O к Na_2O . Полупромышленные испытания показали, что гранит может быть использован в тонкой керамике, в частности для производства технического фарфора и полуфарфора в качестве заменителя полевого шпата и пегматита при условии его электромагнитного сепарирования.

Месторождение гранитного полевошпатowego сырья «Режик» представлено полосой аляскитов шириной 200–300 м и длиной около 2,5 км. Аляскиты залегают в биотитовых гранито-гнейсах. В 300 м восточнее месторождения располагаются пегматитовые жилы, аналогичные по составу аляскитам. Средний химический состав аляскитов (анализ проведен в институте «Уралмеханобр») (%): SiO_2 – 73,83; TiO_2 – 0,09; Al_2O_3 – 15,22; Cr_2O_3 – 0,03; Fe_2O_3 – 0,48; MnO – 0,08; CaO – 0,90; MgO – 0,11; K_2O – 4,13; Na_2O – 4,33; P_2O_5 – 0,005; ППП – 0,40. По данным анализа более 250 проб, в 64% из них содержание Fe_2O_3 составляет менее 0,5%, 32% проб содержат 0,5–0,75% Fe_2O_3 и только 4% более 0,75% Fe_2O_3 . Содержание основных компонентов практически постоянно.

Аляскиты состоят из полевых шпатов (65–72%), кварца (27–32%), мусковита (1–3%), каолинита (1–2%), граната (0,0–0,5%). Кроме того, встречаются единичные зерна биотита, магнетита, гематита и пленочки гидроксидов железа. Размер зерен полевых шпатов, кварца, мусковита и биотита – 1–3 мм, граната – 0,5–1,0 мм. Химический состав основных минералов характеризуется данными, приведенными в табл. 1.6.

Полевые шпаты (анализ 7) представлены в основном плагиоклазами. Их содержание в аляскитах 35–50%. Кроме того, в аляскитах содержится 20–35% микроклина. Плагиоклазы белые и в отличие от микроклина заметно каолинизированы. Микроклин почти не изменен, имеет розовый или кремовый оттенок. Состав полевошпатовой породы в одной из пегматитовых жил характеризуется анализами 4, 5, 6. Кроме

того, приведены для сравнения анализы микроклина из пегматитовых жил (1, 2, 3). Изоморфная примесь оксида железа в решетке полевых шпатов составляет 0,06%, более высокое содержание оксида железа в некоторых пробах обусловлено недостаточно тщательным отделением гранита при отборе мономинеральных фракций.

Кварц (анализ 9) окрашен в серый цвет и кроме незначительного количества каолинита (1–2%) примесей не содержит. Анализ 8 характеризует кварц из пегматитовых жил. Мусковит светло-серый с зеленоватым оттенком, характеризуется наличием (анализ 12) 0,5% TiO_2 и 6–6,5% Fe_2O_3 , что делает его электромагнитным. Анализ мусковита из пегматитовых жил (10, 11) дает аналогичные результаты.

Биотит (в составе пегматитов и биотитовых гнейсов) черный и состоит на 50% из железистой разновидности (лепидомелан). Кроме того, в нем присутствуют флогопит (25%) и мусковит (25%). Электромагнитные свойства биотита выше, чем у мусковита.

Гранат красный и представлен изоморфной смесью железистых, магнезиальных и марганцевых разновидностей: 40% альмандина, 35% пирропа, 25% спессартина. Удельная магнитная восприимчивость граната $78,3 \cdot 10^{-6}$ см³/г. Преобладание кислых плагиоклазов, наличие 30% кварца, высокая однородность аляскита и характер распределения в них железосодержащих минералов определяют следующие основные технологические показатели аляскитов. Температура плавления – 1240–1250°C. В аляскитах, содержащих 0,45–0,68% оксида железа, при тонком помоле мушка отсутствует, но расплав в застывшем состоянии имеет светло-серый цвет, иногда с коричневатым оттенком. При грубом помоле, независимо от содержания оксида железа, для всех расплавов характерна мушка. Аляскиты хорошо обогащаются электромагнитной сепарацией в поле 10–15000 эрстед и флотацией с использованием контакта Петрова. В результате обогащения можно получить около 90% концентрата с содержанием Fe_2O_3 – 0,09–0,15%.

Застывший расплав обогащенных аляскитов имеет при грубом помоле снежно-белый цвет, мушка полностью отсутствует. Сопоставление керамических свойств аляскитов, карельских полевых шпатов и чупинских пегматитов показало, что в фарфоровых массах Дулевского завода гранит влияет на процесс спекания черепка аналогично карельским шпатам (с отклонением в сторону большей активности при 1250–1300°C).

В полуфарфоровых массах, составленных на основе рецепта Лобенского завода, аляскит обеспечивает такой же характер спекания, как и чупинский пегматит, а для отдельных масс обуславливает расширение интервала спекшегося состояния и увеличение прочности черепка на изгиб до 6,48 МПа.

Таблица 1.6. Химический состав основных минералов полевошпатового сырья месторождения «Режик»

Минерал	№ проб	Содержание оксидов, %												
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	F	ППП	Сумма
Полевой шпат	1	64,58	0,0	15,58	0,02	0	0,02	0,05	0,18	12,68	2,27	–	0,16	99,99
	2	64,53	0,0	19,58	0,06	0	0,07	сл	0,17	12,9	2,10	–	0,2	99,61
	3	64,73	0,0	19,38	0,02	0	0,0	0,0	0,17	13,8	2,24	–	0,28	100,62
	4	64,26	0,02	19,58	0,07	0,22	0,01	0,26	0,65	11,08	3,10	–	0,29	99,54
	5	65,24	–	20,0	0,06	–	–	0,11	0,91	9,7	3,12	–	0,1	99,24
	6	65,0	–	20,14	0,12	0,22	0,03	0,13	0,25	10,1	3,3	–	0,06	99,1
	7	65,78	–	19,61	0,26	–	–	0,13	1,38	6,24	6,38	–	0,35	100,38
Кварц	8	99,0	0,0	0,16	0,01	0,0	0,01	сл	0,1	сл	сл	–	0,08	99,36
	9	97,25	0,0	1,03	0,0	0,17	0,12	0,0	сл	–	–	–	0,45	99,02
Мусковит	10	44,8	0,40	29,48	5,73	1,84	0,32	1,52	0,07	9,05	0,74	1,45	5,05	100,43
	11	44,3	0,48	31,90	4,75	1,22	0,09	0,8	0,23	10,8	0,40	0,85	5,25	101,07
Биотит	12	45,64	0,47	31,45	3,47	1,95	0,12	1,01	0,23	9,93	0,54	0,95	4,84	100,61
	13	36,5	2,28	16,6	7,22	14,59	1,03	8,16	0,06	8,42	0,12	1,05	4,44	100,49
Гранат	14	37,68	2,59	16,9	5,55	14,03	0,37	8,26'	0,43	8,26	0,26	0,75	4,92	100
	15	38,77	0,11	21,12	3,53	14,39	10,25	10,06	1,32	–	–	–	0,45	100
	16	38,92	0,11	20,24	5,68	13,31	8,96	10,78'	1,46	0,07	0,08	–	0,39	100

– содержание MgO – определено по разности между 100% и суммой прочих компонентов.

Преобладание оксида натрия в составе оксидов щелочных металлов требует при использовании аляскитов в производстве высоковольтного фарфора подшихтовки 25–30% калиевых полевых шпатов. Такие полевые шпаты залегают в 300 м восточнее месторождения «Режик», состав их приведен в табл. 1.6 (анализы 4, 5, 6). Таким образом, проведенные анализы позволяют сделать вывод, что аляскиты месторождения «Режик» при условии обогащения являются высокосортным полевошпатовым сырьем для керамической и стекольной промышленности. Без обогащения аляскиты используются Косулинским абразивным заводом, Невьянским заводом керамических плиток, заводом «Уралэлектроаппарат» для обмазки электродов.

Граниты (аляскиты, аплиты) месторождения «Режик» как полноценное полевошпатовое сырье пригодно в естественном виде для канализационных труб, плитки для полов; после электромагнитной сепарации сырье 1 сорта пригодно для производства стекла и тонкой керамики, включая высоковольтный фарфор. Применение гранитов и аляскитов вместо полевого шпата и пегматита в керамической и стекольной промышленности имеют существенные преимущества, так как граниты и аляскиты характеризуются более постоянным составом, чем пегматиты. Месторождения их расположены большей частью близ центров потребления, что создает значительную экономию в транспортных расходах. В связи с тем, что запасы гранитов, аляскитов и нефелиновых сиенитов огромны, добыча их может быть организована с применением современной техники.

Розовые граниты Шершневского месторождения

Месторождение расположено в Сосновском районе Челябинской области. Месторождение розовых гранитов состоит из трех разновидностей гранитов: серых порфировидных, мелкозернистых и среднезернистых розовых гранитов в кварцевых диоритах Челябинского гранитного массива. Наибольший интерес для керамики представляют розовые мелкозернистые и среднезернистые граниты, представленные массивными равномерно зернистыми породами от коричневато-розовых до светло-розовых оттенков полнокристаллической, иногда порфировидной, реже микроаплитовой или микропегматитовой структуры. Размер зерен основной массы 0,2–0,6 мм, вкрапленников полевых шпатов до – 1,5–2,5 мм. В составе породы: калиевый полевой шпат (в основном решетчатый микроклин – 35–40%), плагиоклаз (от альбит-олигоклаза до олигоклаза-андезина – 25–30%), кварц – до 35–40%, биотит в породе встречается в виде отдельных мелких чешуек или скоплений (не более 1%). Из

аксессуарных минералов в небольших количествах в породе наблюдаются циркон, сфен, из вторичных – мусковит, хлорит, серицит и пирит.

Утвержденные запасы по данному месторождению составляют 6 млн тонн (подсчитывались на площади существующего карьера).

Химический состав шершневого гранита приведен в табл. 1.7.

На Южноуральском арматурно-изоляционном заводе в 60-х годах прошлого столетия по инициативе технологов П.М. Быкова, П.М. Бугай и Р.М. Богинского были проведены технологические и производственные испытания шершневого гранита в составе электротехнического фарфора, вместо низкосортного алапаевского пегматита. Производственные испытания электро-фарфоровой массы на шершневом граните показали, что она дает значительно меньшие потери на каждом из технологических переделов изготовления изоляторов. Масса более устойчива в обжиге, имеет более высокий предел прочности на статический изгиб обожженных образцов.

Таблица 1.7. Химический состав гранита Шершневого месторождения

Материал	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
Гранит Шершне- невский	73,4	14,3	0,72	0,53	0,10	6,45	3,70	0,52 0,30
	72,8	15,49	0,96	1,46	0,24	5,50	2,66	

Опытные партии изоляторов ПМ-4.1.5, П-4.5 и П-8.5 выдержали все испытания, предусмотренные ГОСТом для линейных подвесных высоковольтных изоляторов. Электротехническая и механическая прочность подвесных изоляторов, изготовленных на основе шершневого гранита, значительно превышает требования ГОСТа. Проведенные на Южноуральском арматурно-изоляционном заводе исследования доказали возможность применения розовых гранитов в качестве полевошпатового сырья для производства фарфоровых высоковольтных изоляторов.

Гранит Кременкульского месторождения. Месторождение расположено в Сосновском районе Челябинской области. Кременкульский массив сложен розовыми лейкократовыми гранитами, залегающими среди гранодиоритов. Наиболее широко здесь развиты крупно- и среднезернистые граниты, сложенные в основном розовым калишпатом (49%), серовато-белым плагиоклазом (23%) и кварцем (25%). Химический состав гранита (%): SiO₂ – 74,55; Al₂O₃ – 13,37; Fe₂O₃ – 0,95; FeO – 1,15; MgO – 0,55; K₂O – 4,70; CaO – 0,82; Na₂O – 4,0; TiO₂ – 0,11; ППП – 0,11.

На гранитах развита кора выветривания. Мощность ее варьирует от 1 до 20 м и составляет в среднем 5,9 м. В выветрелых гранитах сумма содержания оксида калия и оксида натрия колеблется от 3,58 до 8,18%, а их отношение – от 1,58 до 11,43. На коре выветривания гранитов залегают кварцево-глауконитовые песчаники, диатомиты, трепеловые глины, пески и пестро-окрашенные глины общей мощностью от 0 до 6 м, в среднем 2,5 м.

Геологические запасы выветрелых гранитов оцениваются в 52 млн тонн, а полевошпатового концентрата, отвечающего требованиям ГОСТ 7030–75, определены в 13 млн тонн. Сырье хорошо поддается обогащению, содержание оксида железа удается снизить до 0,1–0,2%, а соотношение K_2O к Na_2O колеблется от 5 до 18. Выход качественного полевошпатового концентрата достигает 25%. Изоляторы, с применением гранитной дресвы Кременкульского месторождения, выдержали все испытания, предусмотренные ГОСТом для линейных подвесных высоковольтных изоляторов. При этом среднее пробивное напряжение в масле достигло 168 кВ при норме 110 кВ, а средняя разрушающая нагрузка составила 7,6 тонн при норме 6.

Изоляторы, полученные из фарфоровой массы на основе необогащенной Кременкульской дресвы, имеют высокие электромеханические характеристики. При обогащении из дресвы можно получить еще более высококачественное сырье для производства электротехнического фарфора.

Полевошпатовое сырье в техногенных бразованиях

Наибольшее количество полевошпатового сырья накоплено на территории ОАО «Малышевское РУ». Хвосты обогатительной фабрики представляют собой техногенное образование, состоящее из измельченной до крупности 97% класса 0,315 мм полевошпатовой руды. Средний минералогический состав (%): кварца – 24–32%; полевых шпатов – 65–77%; мусковита – 1,5–2,5%; граната – 0,3%; рудных минералов – 0,10%. Средний химический состав (%): SiO_2 – 70–75; Al_2O_3 – 12–15; Fe_2O_3 – 08–1,2; MgO – 0,1; K_2O – 3,5–4,0; CaO – 0,82; Na_2O – 4,0; TiO_2 – 0,09; ППП – 0,4. Запасы руды составляют 8 млн тонн, в них заключено 1,4 млн тонн флюопита и 2,9 млн тонн полевого шпата. К сожалению, в объеме хвостохранилища отсутствует четкая пространственная обособленность друг от друга участков, сложенных указанными минеральными разновидностями хвостов. Отмечается их перемежаемость, переслаивание, порой перемешивание. Требуется разведка хвостохранилища как техногенного месторождения.

Вторым крупным техногенным образованием является вскрыша карьера «Липовый лог» и карьера «Квартальный». По состоянию на май 2004 г. на складах осталось пегматитовых гранитов 8,3 млн тонн (в виде вскрыши карьеров). Средний минералогический состав пегматоитных гранитов (%): кварца – 28–32; полевых шпатов – 65–70; мусковита – 4,5–5,5; граната – 0,5; рудных минералов – 0,10. Средний химический состав (%): SiO_2 – 74,82; Al_2O_3 – 14,4; Fe_2O_3 – 0,39; FeO – 1,34; MgO – 0,1; K_2O – 4,37; CaO – 0,1; Na_2O – 4,03; TiO_2 – 0,05; ППП – 0,4.

Третьим крупным техногенным образованием, содержащим полевой шпат, являются накопленные пески гранитного карьера «Реж», где накоплено за 20 лет работы попутно полученного песка, в количестве примерно 2 млн тонн. По минералогическому и химическому составу пески гранитного карьера «Реж» отличаются от песков хвостохранилища высокой концентрацией оксидов железа, равной величине 1,3–1,7% и более крупным гранулометрическим составом (крупность 0,8–1,5 мм).

Приведенный анализ полевошпатового сырья показывает, что большинство полевых шпатов Урала вполне удовлетворительного качества и пригодно для использования в керамической и стекольной промышленности при надлежащей его обработке и размоле.

2. КВАРЦЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ УРАЛА

Кварцевыми материалами называют природные материалы, которые в основном состоят из кремнезема (SiO_2).

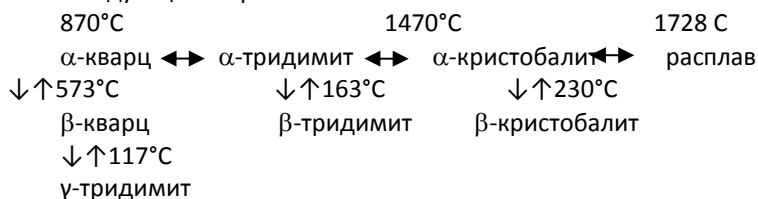
Кварцевые материалы играют важную роль как отошающие компоненты в керамических массах, как составная часть полукислых огнеупорных изделий, как компонент, обеспечивающий протекание необходимых физико-химических превращений в керамике при обжиге (фарфор, фаянс). Наконец, кварцевые материалы являются сырьем для производства огнеупорного кислотоупорного кирпича – динаса (изготавливают главным образом из кварцитов), для производства строительного силикатного (известково-песчаного) кирпича. В глазурях кремнезем служит основным стеклообразующим компонентом. Кремнезем (SiO_2) является главной составной частью большинства промышленных стекол. Он встречается в природе в различных формах: в кристаллической (кварц), скрытокристаллической (халцедон, агат, яшма) и аморфной (опал, трепел, диатомит, маршаллит).

Кварц – одна из разновидностей диоксида кремния или кремнезема, которая наиболее широко встречается в природе и находит широкое применение в керамической, стекольной и огнеупорной промышленности. В природе кварц распространен в виде В-кварца. По внешнему виду представляет собой шестигранные пирамиды. Чистая разновидность кварца называется горным хрусталем. Наличие в кварце красящих веществ придает ему ту или иную окраску. Так, кварц, окрашенный марганцевыми соединениями в лиловый цвет, называется аметистом, темноокрашенный – дымчатым топазом.

Кварц является твердым минералом. Его твердость по шкале твердости равна 7. Плотность кварца – 2,65 г/см³, обладает двойным лучепреломлением и используется в различных оптических приборах. В радиотехнике кристаллы кварца применяют в качестве стабилизатора частоты. Кварц прозрачен для ультрафиолетовых лучей. Он не взаимодействует с кислотами, за исключением фтористоводородной кислоты. Поддается влиянию щелочей. Разновидностью кварца является минерал халцедон, имеющий волокнисто-кристаллическое строение. Разновидности халцедона – агат, кремень, сердолик и «окаменелое дерево».

В природе наряду с кварцем встречаются другие модификации кремнезема: **β-тридимит** и **β-кристобалит**. Ввиду ограниченности их распространения в качестве сырья для керамической промышленности они не применяются. Встречающиеся в природе кристаллические модификации кремнезема при нагревании претерпевают полиморфные превращения.

Последовательность фазовых переходов в системе SiO₂ представляют следующим образом :



Для керамики важным является как наличие той или иной модификации в изделии, так и те объемные эффекты, которые сопровождают указанные превращения. Кривая обжига должна быть построена так, чтобы эти превращения происходили медленно, в противном случае они вызовут разрыв черепка изделия.

Кварцевые пески — зернистый материал с размером частиц от 0,05 до 3 мм, образуется при разрушении кварцсодержащих пород. Обычно

кварцевые пески содержат в своем составе различные примеси: оксиды железа, глинистые материалы, полевые шпаты, карбонаты и другие. Примеси придают песку окраску от желтого до красно-бурого цвета. Чистые кварцевые пески содержат до 99% кремнезема. Кварцевые пески применяют в качестве одного из компонентов некоторых керамических масс, глазурей, а также для изготовления комбинированных добавок – флюсов, способствующих снижению температуры спекания керамических материалов из высокоогнеупорных оксидов, в частности из оксида алюминия.

Водные разновидности кремнезема – к ним относятся природные и искусственные гидраты кремнезема с общей формулой $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где m и n – целые числа. Природные разновидности кремнезема представлены опалом, опокой, трепелом, диатомитом и инфузоритами, они различаются по составу, структуре, плотности и прочности. Характерная их особенность состоит в наличии в них некоторого количества активного кремнезема, способного взаимодействовать с другими веществами при обычной температуре. Это обстоятельство позволяет использовать гидраты кремнезема для производства пуццоланового цемента. В керамической промышленности их можно применять в качестве компонентов для приготовления глазурей и в качестве заменителей кварца в составах керамических масс.

Диатомит состоит преимущественно из микроскопических кремниевых полых внутри панцирей одноклеточных диатомитовых водорослей. В диатомитовой породе присутствуют глинистое и опаловое вещества, зерна кварца, полевого шпата, гипса и иногда глауконита. Плотность диатомита $0,2\text{--}0,25 \text{ т/м}^3$, его используют в производстве пористых и теплоизоляционных изделий.

Трепелы – состоят из тончайших зерен ($0,005\text{--}0,02 \text{ мм}$) аморфного кремнезема неорганического происхождения, связанного с вулканической деятельностью, они содержат примеси глины, оксидов железа, на ощупь нежны и малопрочны, имеют весьма разнообразную окраску светло-бурых и красных тонов. В промышленности используются в направлениях аналогичных применению диатомитов. Встречаются сланцевидные разновидности. Как и диатомиты, трепелы отличаются малой плотностью $0,22\text{--}0,87 \text{ т/м}^3$, большим водозатворением $50\text{--}80\%$, благодаря чему обладают низкой теплопроводностью.

Песчаники. К ним относят осадочные горные породы, состоящие из сцементированных зерен песка. В зависимости от состава цементирую-

щего вещества различают известковые, глинистые, слюдяные, кремнистые и прочие песчаники. В огнеупорной промышленности употребляют только кремнистые песчаники, состоящие из более или менее крупных песчинок кварца, сцементированных преимущественно аморфным или кристаллическим кремнеземом. В технике кремнистые песчаники обычно называют кварцитами.

Кварциты – плотные твердые мелкозернистые горные породы, состоящие в основном из зерен кварца. В кварцитах содержится более 97% SiO_2 , менее 1,6% Al_2O_3 и менее 0,7% Fe_2O_3 , что соответствует огнеупорности около 1770°C; в кварцитах, содержащих менее 8,0% Al_2O_3 и менее 1,5% CaO , огнеупорность около 1750°C.

Общая пористость наиболее плотных кристаллических кварцитов составляет 0,1–2,5%, плотность – 2,65–2,66 г/см³, твердость по Моосу равна 7.

Кремень – представляет собой кристаллическую разновидность кремнезема, встречается в природе в виде кусков различной формы, желваков, натечных образований бурого и серого цветов. После предварительного обжига лучшие сорта кремня применяются в качестве отощителя в производстве тонкой керамики. Кремневую гальку используют в качестве мелющих тел в шаровых мельницах для измельчения керамических масс и глазурей.

Пылевидный кварц (маршаллит) представляет собой природный пылевидный кварцевый материал от серовато-белого до белого цвета, обладающий высокой дисперсностью. Он не является чистым кремнеземом, так как содержит значительное количество оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов. Пылевидный кварц имеет органическое происхождение и состоит из скопления скелетов (панцирей) морских водорослей. Это – рыхлые, землистые, легкие, пористые горные породы, применяющиеся в различных отраслях производства.

При оценке кварцевого сырья существенное значение имеет его чистота. Примеси, встречающиеся в кварцевых материалах, могут быть подразделены на два вида:

– снижающие качество кварцевых материалов, а в случае высокого содержания в сырье исключаящие возможность его применения (окрашивающие примеси – оксиды железа, диоксид титана, слюда (биотит), другие железистые силикаты);

– не вызывающие дефектов изделий, например, не загрязненные железом глины и каолины.

Общих технических условий на естественные кварцевые пески не имеется. Основные требования к естественным кварцевым пескам заключаются в их чистоте: содержание SiO_2 должно быть не менее 98,5%, оксида железа не более 0,2–0,3%.

Кварцевые пески – основной компонент шихты для всех видов стекольной продукции. Требования к стекольным пескам очень высоки, особенно по химическому составу. ГОСТ 2251–77 строго регламентирует содержание кремнезема (не менее 95–99,8% в зависимости от марки песка), оксидов железа (не более 0,01–0,025%), глинозема (не более 0,1–4,0%). Нормируется также влажность (для обогащенных песков до 0,5%, для необогащенных 7,0%), содержание тяжелой фракции (до 0,05%) и зерновой состав.

На Урале кварцевые материалы распространены в Свердловской, Челябинской, Оренбургской, Пермской, Курганской областях и Республике Башкортостан.

Ниже приводится характеристика месторождений кварцевых материалов Урала.

2.1. Жильный кварц и кварциты

Наиболее чистые жильные кварцевые материалы расположены в Билимбаевском, Златоустовском и Невьянском районах. Содержание кремнезема составляет 99%, а сумма полуторных оксидов – до 0,26%. Жильные кварцы Алапаевского, Кыштымского и Нижне-Салдинского районов сильно ожелезены.

Небольский рудник расположен в Новосалдинском районе Свердловской области, в 8 км на юг от станции Новая Салда. Месторождение представлено пологопадающими кварцевыми жилами, залегающими в слюдисто-хлористых сланцах. Жилы имеют мощность 32 м.

Кварц, образующий жилы, имеет молочно-белый цвет, стекловатый вид.

Химический состав его (%): SiO_2 – 94,70–95,78; Al_2O_3 – 0,77–1,26; Fe_2O_3 – 0,5–1,85. Запасы по категориям $\text{A}_2+\text{B}+\text{C}_1$ составляют 101 тыс. тонн. Кварц годен как сырье для огнеупорных изделий.

Месторождение Гора Хрустальная или Билимбаевское расположено в Первоуральском районе Свердловской области, в 3 км на юг от станции Подволжская. Месторождение сложено линзообразным телом

кварцитов, согласно залегающим среди метаморфических сланцев. Кварциты представляют собой породу серого, иногда белого и розового цвета, часто с включениями кристаллов пирита.

Химический состав их (%): SiO_2 – 97,24–98,15; Al_2O_3 – 0,76–1,16; Fe_2O_3 – 0,57–0,91; CaO – 0,05–0,11. Огнеупорность – 1750–1770°C.

Марамзинское месторождение расположено в Белоярском районе Свердловской области, в 2 км к юго-западу от станции Марамзино ЮжноУральской железной дороги.

На месторождении отмечаются три линзообразные кварцитовые жилы мощностью до 10 м. Вмещающими породами являются кварц-серицитовые сланцы, которые с поверхности подверглись выветриванию. Содержание в кварцитах SiO_2 – 98,5–99,45%. Запасы по категории С, 20 тыс. тонн, но не утверждены.

Курманское месторождение находится в районе пос. Нижний Уфалей Челябинской области. Месторождение представляет собой пластообразную залежь кварцитов мощностью более 50 м. Кварциты представляют собой плотную, мелкозернистую породу белого и светло-серого цветов.

Химический состав их (%): SiO_2 – 96,1; Al_2O_3 – 2,18; Fe_2O_3 – 1,21; CaO – 0,16; MgO – 0,11. Запасы утверждены по категориям A_2+B+C_1 в количестве 1320 тыс. тонн.

Баевское месторождение расположено в Багарякском районе Челябинской области, в 1,5 км на северо-запад от села Баевка и в 30 км на северо-запад от станции Багаряк Южноуральской железной дороги.

Кварц обладает молочно-белым цветом. Содержание в жилах SiO_2 – 98,92 %. На месторождении прослежена жила на расстоянии 60 м, мощностью 6,5–2,2 м.

Химический состав кварца в этой жиле (%): SiO_2 – 99,6; Al_2O_3 – 0,4; Fe_2O_3 – 0,11; CaO – следы; MgO – следы. Запасы, составляющие 44 тыс. тонн, не утверждены.

Поимское месторождение расположено в Ново-Покровском районе Оренбургской области, в 5 км к западу от поселка Поим, в 30 км к северо-западу от станции Сара и в 35 км от г. Медногорска. Месторождение приурочено к западной части полосы кристаллических пород. Кварциты залегают в виде пласта в толще сланцев. Мощность пласта 100–200 м. Среди кварцитов преобладают массивные и груборассланцованные разновидности, затронутые выщелачиванием, местами превращенные в квар-

цевую сыпучку. В толще отмечаются прожилки кварца, прослойки филлитов и хлорито-серицито-глинистых сланцев. Мощность таких прослоек не менее 2 м, но местами достигает 10–15 м.

Химический состав кварцитов (%): SiO_2 – 93,48–96,6; Al_2O_3 – 0,7; Fe_2O_3 – 1,4; CaO – 0,1; MgO – 0,3. Запасы утверждены по категориям В+С₁ в количестве 26058 тыс. тонн.

Баженовское месторождение расположено в Свердловской области, в районе железнодорожной станции Асбест. Месторождение сложено жилами кварца.

Химический состав кварца (%): SiO_2 – 98,8; Al_2O_3 – 0,77; Fe_2O_3 – 0,09; CaO – 0,01; MgO – 0,22; ППП – 0,02.

Месторождение «Волчья шишка» расположено в 6 км к юго-западу от станции Катав-Ивановск. Месторождение сложено кварцитом кристаллическим массивным.

Химический состав кварца в этой жиле (%): SiO_2 – 96,19–96,67; Al_2O_3 – 0,89–1,45; Fe_2O_3 – 1,77; CaO – 0,22–0,33; MgO – 0,32–0,33.

Месторождение Буландихинское расположено в Саткинском районе Челябинской области в 1,5 км к юго-востоку от станции Бакал Южноуральской железной дороги. Месторождение сложено кварцитом кристаллическим массивным.

Химический состав (%): SiO_2 – 97,44; Al_2O_3 – 1,15; Fe_2O_3 – 1,29; CaO – 0,08; MgO – 0,16. Запасы составляют 44 тыс. тонн, не утверждены.

Месторождение Бобровское-Левобережное расположено в Троицком районе Челябинской области, на восточной окраине пос. Бобровского. Месторождение сложено кварцитом кристаллическим массивным.

Химический состав кварца (%): SiO_2 – 94,52–99,23; Al_2O_3 – 0,15–2,33; Fe_2O_3 – 0,06–0,79; среднее значение SiO_2 – 97,77; Al_2O_3 – 0,82; Fe_2O_3 – 6,30.

Мурское месторождение расположено в 2–3 км от станции Сатра узкоколейной железной дороги Белорецк–Тузан, на территории Республики Башкортостан. Месторождение сложено кварцитом кристаллическим массивным.

Химический состав кварца (%): SiO_2 – 94,48–98,36; Al_2O_3 – 0,15–2,47; Fe_2O_3 – 0,25–3,22; среднее значение SiO_2 – 97,09; Al_2O_3 – 0,69; Fe_2O_3 – 0,35.

Месторождение «Гора Хрустальная» расположено на восточном склоне Среднего Урала к западу от г. Екатеринбург. Месторождение сложено жильным кварцем молочно-белого цвета.

Химический состав кварца (%): SiO_2 – 98,0; Al_2O_3 – 0,9; Fe_2O_3 – 0,14; CaO – 0,08; ППП – 0,1–0,2.

Кварц может применяться для изготовления оптического стекла, особо чистых видов стеклоизделий, в электронной промышленности, а также хрустalia и качественной сортовой продукции.

Светлореченское месторождение расположено к западу от г. Екатеринбургa и приурочено к эндоконтактовому обрамлению юго-восточной части Верхисетского гранитного массива.

Усредненный химический состав высококачественного кварца (%): SiO_2 – 99,6; TiO_2 – 0,01; Al_2O_3 – 0,14; Fe_2O_3 – менее 0,05; FeO – менее 0,05; MnO – менее 0,02; K_2O – менее 0,05; Na_2O – менее 0,05; R_2O_5 – менее 0,007; Cr_2O_3 – менее 0,001.

Кыштымское месторождение расположено в Кыштымском районе Челябинской области. Из многочисленных участков жильного кварца и кварцитов главнейшими являются: у станции Маук (SiO_2 – 98,1%; Fe_2O_3 – 0,09%); по южному берегу озера Иртяш (SiO_2 – 98,1%; Fe_2O_3 – 0,4%); на западном берегу озера Кызылмаш (SiO_2 – 98,0–96,6%; Fe_2O_3 – 0,2%).

Кыштымский кварц подвергают обогащению, получая продукт с содержанием SiO_2 до 99,5%, который поступает на заводы плавяного кварца.

На территории Челябинской области прогнозные ресурсы жильного гранулированного и прозрачного кварца сосредоточены в Уфалейско-Кыштымском и Ларинском кварценосных узлах. По состоянию на 01.01.2003 года Государственным балансом в Челябинской области учтено 14 месторождений кварцевого сырья. Запасы гранулированного кварца сосредоточены в 10 месторождениях, из которых 5 отрабатываются.

2.2. Кварцевые пески и пылевидный кварц (маршаллит)

Алапаевское или Ниловское месторождение расположено в Коптеловском районе Свердловской области в 23 км на юго-восток от г. Алапаевска. Пылеватый кварц связан с окремненными известняками и представляет рыхлую, тонкую порошокатую массу белого, кремового и местами светло-желтого цвета.

Химический состав чистых разновидностей его следующий (%): $\text{SiO}_2 - 97,32-98,38$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,86-1,00$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,64-0,8$.

Ориентировочные запасы около 18 тыс. тонн. Пылевидный кварц используется как формовочный материал.

Всесвятское месторождение расположено в Чусовском районе Пермской области в 1,5 км от ст. Всесвятская. Месторождение сложено стекольными песками, являющимися продуктом выветривания кварцевых песчаников. Мощность песков колеблется от 5 до 23 м.

Химический состав (%): $\text{SiO}_2 - 92,18-99,02$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,3-7,93$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,05-0,11$. Запасы по категориям A_2+B+C_1 составляют 1022 тыс. тонн.

Воздвиженское месторождение расположено в Челябинской области в Уфалейском районе в 4,5 км на северо-восток от Воздвиженского стекольного завода. Кварцевые пески лежат на речных гальках и глинах и покрыты мелкообломочным материалом, образовавшимся при разрушении кристаллических пород. Мощность продуктивной мощности – 1,5 м.

Химический состав песков (%): $\text{SiO}_2 - 98,62$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,97$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 0,23$. Запасы месторождения требуют переоценки.

Мысовское месторождение расположено в 40 км севернее города Алапаевска Свердловской области, на правом берегу реки Мугай. По гранулометрическому составу пески могут быть отнесены к высоко-сортным пескам, так как почти все пробы содержат более 90% фракции 0,1–0,5 мм.

Химический состав средней пробы (%): $\text{SiO}_2 - 98,25$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,49$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,29$; $\text{TiO}_2 - 0,38$; ППП – 0,19. После обогащения химический состав песка (%): $\text{SiO}_2 - 98,29$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,52$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,047$; $\text{TiO}_2 - 0,042$.

Обогащенные мысовские пески могут быть использованы в производстве полированного стекла.

Кутлугушинское месторождение расположено в Гафурийском районе Башкортостана, в 20 км от ст. Белое озеро. Продуктивная толща представлена телом озерно-аллювиальных песков. Мощность вскрыши составляет 3–15 м, полезной толщи – 15,2 м. Пески среднезернистые.

Химический состав средней пробы (%): $\text{SiO}_2 - 98,25$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,49$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,29$; $\text{TiO}_2 - 0,38$; ППП – 0,19. После обогащения химический состав песка (%): $\text{SiO}_2 - 98,29$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,52$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,047$; $\text{TiO}_2 - 0,042$.

Обогащенные мысовские пески могут быть использованы в производстве полированного стекла. Методом мокрого обогащения содержание оксида железа снижается до 0,09%.

Запасы по категориям A_2+B+C_1 составляют 1019 тыс. тонн.

Козловское месторождение расположено в Макаровском районе Республики Башкортостан, в 15 км к юго-востоку от г. Стерлитамак. Залежь озерно-аллювиальных песков имеет линзообразную форму. Мощность – 20 м. Пески мелко- и среднезернистые.

Химический состав (%): SiO_2 – 97,8–98,63; R_2O_3 – 0,78–1,28. Месторождение не эксплуатируется.

Месторождение Малый Шихан расположено в Макаровском районе Республики Башкортостан, в 10 км к юго-востоку от г. Стерлитамак, на восточной окраине поселка Малый Шихан. Залежь песков озерно-аллювиального происхождения имеет линзообразную форму.

Полезная толща представлена кварцевыми мелкозернистыми, реже средне- и очень мелкозернистыми песками от светло-серого до ржаво-красного цвета. Средняя мощность песчаной залежи – 10 м.

Химический состав (%): SiO_2 – 96,51–98,76; R_2O_3 – 1,0–2,0; CaO – 0,12–0,2; MgO – 0,04–0,11; ППП – 0,10–0,78.

Ориентировочные запасы песков составляют 1,6 млн тонн.

Байгузинское месторождение расположено в Ишимбаевском районе Республики Башкортостан, в 10 км к юго-востоку от станции Ишимбаево. Залежь озерно-аллювиальных кварцевых песков имеет линзообразную форму. Мощность полезной толщи песков – 6–17 м.

Химический состав (%): SiO_2 – 96,32–99,74; Al_2O_3 – 0,10–0,73; Fe_2O_3 – 0,03–1,18; CaO – 0,12–1,04; MgO – 0,0–0,23; ППП – 0,14–0,20.

Запасы по категориям А+В+С₁+С₂ составляют 906 тыс. тонн.

Ерофеевское месторождение расположено в 40 км южнее г. Челябинска. Гранулометрический состав стекольных песков однороден и равномерен. Фракции размером 0,1–0,5 мм составляют 86,3%, менее 0,1 мм – 1,2%, более 0,5 мм – 1,1%. Пески на 95% сложены прозрачными светлоокрашенными зернами кварца.

Средний химический состав (%): SiO_2 – 97,11; Al_2O_3 – 1,45; TiO_2 – 0,12; Fe_2O_3 – 0,24; ППП – 0,15.

Пески легко обогащаются. Получен концентрат с содержанием кремнезема 99,6%, оксида железа 0,04 %, при выходе 82%. Запасы составляют более 17 млн тонн.

Нижнеувельское (Галямское) месторождение формовочных песков расположено в Увельском районе Челябинской области. Продуктивная толща сложена слабоокатанными песками, залегающими в виде пласта.

Химический состав (%): SiO_2 – 96,97; Fe_2O_3 – 0,25–0,3; ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) – 0,5. Коэффициент однородности – свыше 80%.

Пески после обогащения могут быть использованы в производстве строительной и технической керамики.

Кичигинское месторождение расположено в Увельском районе Челябинской области. Пески формовочные. По свойствам сопоставимы с галяминскими песками.

Кварцевые пески Ириклинского, Куликовского, Малышевского месторождений, горы Кременной (г. Магнитогорск), в районе рек Тобола, Исети, Пышмы и Миасса, по берегам озер Сугоякского и Большого Рижского требуют изучения.

В 10–20 км к востоку от г. Копейска находятся два крупных месторождения кварцевых песков – Ивановское и Васильевское. Пески после обогащения пригодны для производства бесцветного стекла. Запасы песков, оцененные по категории С1, составляют 22,6 млн тонн по Ивановскому месторождению, по Васильевскому – 37,3 млн тонн.

В Красноармейском и Еткульском районах выделены перспективные площади с прогнозными ресурсами категорий P1+P2 в количестве 90 млн тонн, P3 – 10 млн тонн.

Губерлинское месторождение (участок Северный) расположено в Гайском районе Оренбургской области, в 10 км на север от г. Новотроицка и в 2,5 км на восток от железнодорожной станции Губерля. Пески, в основном, кварцевого состава. Средний химический состав (%): SiO₂– 88,1–93,43; Al₂O₃– 5,16–8,7; Fe₂O₃ – 0,3–0,54; CaO 0,3; ППП–0,6–2,35.

Мощность полезной толщи колеблется от 0,2 до 20,6 м. Средняя мощность – 7,86 м. Балансовые запасы по категориям А+В+С составляют 217 тыс. м³.

После обогащения пески могут быть использованы в производстве тонкой керамики.

Новоорское месторождение (Юбилейное) расположено в Новоорском районе Оренбургской области, 0,6–1,0 км к востоку от железнодорожной станции Новоорск, на правом берегу реки Кумак. Месторождение сложено мелко- и тонкозернистыми песками эолового происхождения. Мощность полезной толщи колеблется от 1,0 до 7,1 м. Балансовые запасы по категориям А+В+С составляют 1279 тыс. м³. Пески кварцевого состава. Среднее содержание SiO₂ – 91,5%. Среднее содержание илистых, глинистых и пылеватых частиц – 7,15%. Органических примесей и слюды практически нет.

Пески после обогащения могут быть использованы в производстве тонкой керамики.

Адамовское месторождение расположено в Адамовском районе Оренбургской области, в 0,3 км к северу от районного центра Адамовка, на левом берегу речки Джарлы. Месторождение представлено залежью четвертичных аллювиальных средне- и крупнозернистых песков с включением редкой гальки.

Мощность залежи – 0,7–2,0 м.

Пески кварцевого состава. Содержание SiO_2 колеблется от 85 до 95%. Пески пригодны в качестве добавки к кирпичным глинам (в количестве 10%) Адамовского месторождения, при условном отсеве частиц крупнее 3 мм.

По содержанию SiO_2 пески Адамовского месторождения приближаются к требованиям ГОСТ 7031–75. Для решения вопроса об использовании песка в производстве тонкой керамики необходимо провести обогащение технологической пробы в полужаводских условиях.

Балансовые запасы по категориям А+В+С составляют 14 тыс. м³.

На Урале известны месторождения пылевидного кварца (маршаллита): Болотовское, Нагайбакское, Гора Лисья, Гора Временная, Архангельское, Приуральское (Магнитогорское), Тактыбайское и другие. Краткая характеристика этих месторождений представлена ниже.

Болотовское месторождение, расположенное в Кваркенском районе Оренбургской области. Химический состав (%): SiO_2 – 96–98; Al_2O_3 – до 1,7; Fe_2O_3 – до 0,07; ППП – 0,3 – огнеупорность 1650°C. Материал не радиоактивен.

Приуральское месторождение, расположенное в 8–10 км к северо-западу от г. Магнитогорска. Химический состав (%): SiO_2 – 81,2–94,1 (средне-взвешенное 90,8%); Al_2O_3 – 2,4–10,1; Fe_2O_3 – 0,8–2,9; CaO – 0,5–1,0.

Тактыбайское месторождение, расположенное в Чебаркульском районе Челябинской области. Химический состав (%): SiO_2 – 93,9; Al_2O_3 – 2,98; Fe_2O_3 – 0,71; CaO – 0,47; MgO – 0,36; ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) – 0,94; ППП – 0,94. Плотность 2,658 г/см³, огнеупорность 1730°C.

И.И. Китайгородский, на основании своих исследований, обосновал возможность использования маршаллита для изготовления безобжиговых и обжиговых (температура обжига 1100–1200°C) кислотоупорных изделий. Им же доказана возможность использования маршаллита для варки чистого стекла и бесцветных глазурей.

Маршаллиты могут быть использованы не только как формовочные смеси в литейном производстве, но и в фарфоро-фаянсовом производстве, как добавка в производстве динаса, как составная часть мертелей

для растворов, применяемых при кладке огнеупорных кирпичей, для приготовления специальных замазок, для ремонта коксовых печей, для изготовления плотных полукислых огнеупоров для сталеразливочных ковшей и других целей.

2.3. Опал – кристобалитовые породы

В пределах Южно-Уральской подпровинции опал-кристобалитовых пород перспективные участки развития опок расположены к северо- и юго-востоку от г. Эмба, где разведано Кудукское месторождение опок, характеризующихся высокой гидравлической активностью, и Киргизское и Утесайское теплоизоляционных диатомитов, а также к северу от железнодорожной станции Блява и Халилово (Саринское месторождение опок) и на юге Оренбургской области (Ак-Булакское).

Наиболее значимые в Российской Федерации месторождения диатомитов и трепелов выявлены среди эоценовых отложений Зауралья (Гербитское, Камышловское и Потанинское).

По зерновому запасу диатомиты и трепелы обладают близкими технологическими свойствами, поэтому их в технике не разграничивают.

Потанинское месторождение трепела расположено в 16–18 км от г. Челябинска. Трепел – легкая пористая порода из аморфного кремнезема. Естественная влажность колеблется от 38 до 43%.

Химический состав (%): SiO_2 – 76,16; Al_2O_3 – 7,52; Fe_2O_3 – 4,10; CaO – 1,05; MgO – 0,75; SO_3 – 1,23; ППП – 7,5.

Физико-механические свойства: объемная масса – 800–1000 кг/м³; воздушная усадка – 5–7%; огневая усадка – 3–7%; общая усадка – 11–15%. Коэффициент разрыхления – 1,60. Огнеупорность – 1380–1510 °С.

Камышловское месторождение диатомитов расположено в районе г. Камышлов Свердловской области.

Химический состав диатомитов (%): SiO_2 – 76,80; Al_2O_3 – 3,6–4,7; Fe_2O_3 – 6,6–7,6; CaO – 1,3–1,8; MgO – 0,7–1,1; ППП – 4,9–7,0.

Ирбитское месторождение диатомита расположено в районе г. Ирбит Свердловской области.

Химический состав диатомитов (%): SiO_2 – 72,0; Al_2O_3 – 8,2; Fe_2O_3 – 3,92; TiO_2 – 0,4; CaO – 0,95; MgO – 1,36; ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) – 2,1; ППП – 13,07.

Физико-механические свойства пород: объемная масса в куске колеблется в пределах 500–700 кг/м³; пористость – 80–90%; естественная влажность – 7–10%.

Трепелы Потанинского месторождения используются в производстве кирпича в ОАО «ПЗСМ «Полистром».

Диатомиты Камышловского и Ирбитского месторождений используются в производстве теплоизоляционных материалов и изделий Ирбитским и Камышловским заводами строительных материалов.

2.4. Требования, предъявляемые к кварцевым материалам

При производстве изделий тонкой керамики кремнеземистые компоненты вводятся в массу в тонкоизмельченном состоянии как для отощения массы, так и для повышения качества продукции.

В процессе обжига кварц частично растворяется в стекловидной фазе, повышает вязкость расплава и способность изделия к сопротивлению деформирующим усилиям, возникающим в процессе обжига. При производстве грубой керамики кварцевый песок вводится в виде отощающей добавки, которая уменьшает чувствительность сырья к сушке и понижает воздушную усадку. При производстве фаянсовых, полуфарфоровых и фарфоровых изделий применяют главным образом кварцевые пески. Наибольшее применение находит кварцевый песок, представляющий собой отходы, получаемые при обогащении каолина, содержание SiO₂ в которых до 95%, глинистых минералов до 3%, оксидов железа до 0,3%. На песок, являющийся отходом при обогащении каолина, имеется ГОСТ 7031–75 «Песок кварцевый для тонкой керамики».

В керамической промышленности применяют и другие виды кварцевых минералов: жильный кварц, маршаллит, трепелы и диатомиты.

ГОСТ или единых технических условий на природные кварцевые материалы для тонкой керамики не имеется. Но основным требованием является высокое содержание SiO₂ (не менее 98,5%) и минимальное содержание Fe₂O₃ (не более 0,2–0,3%).

Сырьем для изготовления динаса служат обычно кремнеземистые породы – кварциты с содержанием более 95% SiO₂. Особенно вредными примесями в сырье для изготовления динаса являются глинозем и щелочи, сильно понижающие огнеупорность изделий.

Кремнезем – основной компонент стекольной шихты, вводится в виде кварцевого песка, реже песчаника, кварцита, горного хрусталя и жильного кварца. Значение кварцевого песка в стекольном производстве определяется не только его значительным удельным весом в составе шихты, но и его большой ролью в получении бесцветного стекла.

Наряду с химическим составом для оценки качества стекольных песков большое значение имеет их гранулометрический состав. Величина зерен песка и однородность их размеров оказывают существенное влияние на процесс варки стекла. Мелкозернистые пески также почти не используются промышленностью, хотя имеется отечественный опыт применения магнитогорского маршаллита (зерна менее 0,06 мм).

Требования к стекольным пескам очень высокие, особенно по химическому составу. ГОСТ 22551–77 строго регламентирует содержание кремнезема (не менее 95–99,8% в зависимости от марки песка), оксидов железа (не более 0,01–0,025%), глинозема (не более 0,1–4,0%). Нормируется также влажность (для обогащенных до 0,5, для необогащенных 7%), содержание тяжелой фракции (до 0,05%) и зерновой состав.

В других отраслях промышленности (получение абразивных материалов, динасовых огнеупоров, карбида кремния) кварцевые пески применяются в ограниченном количестве и требования к ним обуславливаются ведомственными техническими условиями.

Краткий обзор месторождений кварцевых материалов Урала позволяет сделать следующие выводы.

1. Урал богат жильным кварцем, кварцитами, кварцевыми песками и пылевидным кварцем.

Наиболее чистые жильные кварцевые материалы находятся в Билимбаевском и Невьянском районах Свердловской области, Златоустовском районе Челябинской области. Содержание SiO_2 составляет 99%, сумма полуторных оксидов около 0,26%. Жильные кварцы Алапаевского, Нижне-Салдинского районов Свердловской области и Кыштымского района Челябинской области ожелезнены. Кыштымский кварц обогащается, содержание SiO_2 после обогащения – 99,5%. Кварц поступает на заводы плавленного кварца.

Некоторые разновидности прозрачного и гранулированного кварца (Кыштымское и Баженовское месторождения) отвечают требованиям, предъявляемым к сырью для плавки всех видов кварцевого стекла, и с успехом могут служить заменителем горного хрусталя.

2. На Урале кварцевые пески распространены в Свердловской, Челябинской, Оренбургской областях и Республике Башкортостан.

Обычно пески мелко- и среднезернистые, с высоким (держанием кремнезема и пригодны для литейного производства (Басьяновское, Кодинское), в ряде случаев (Ерофеевское, Сугоякское, Воздвиженское и др.) отвечают требованиям стекольной промышленности.

Перспективны на высококачественные формовочные пески Нижнеуvelьское (Галяминское) и Кичигинское месторождения.

К сожалению, кварцевые пески Урала не исследованы как керамическое сырье. Получены предварительные данные об успешном использовании галяминского кварцевого песка в производстве керамического гранита.

3. Кварциты Урала являются основным сырьем в производстве динасовых огнеупоров.

Крупные месторождения пылевидного кварца могут служить источником кремнеземистого сырья в различных отраслях промышленности (фарфорово-фаянсовой, эмалевой, стекольной и др.).

4. Опал-кристобалитовые породы (трепелы, диатомиты) Урала могут быть сырьем многоцелевого назначения – для производства теплоизоляционных и строительных материалов (кирпич, скорлупа, ячеистое стекло), различных наполнителей, носителей катализаторов, а также фильтров для очистки и обесцвечивания сахарных сиропов, растительных масел, осветления различных нефтепродуктов, осушки жидкостей и газов.

5. В рамках выявления нетрадиционных источников кварцевого сырья необходимо изучить возможность переработки кварцевых песков, являющихся «хвостами» обогащения каолинов Еленинского, Кыштымского и Журавлиноложского месторождений, в качестве сырья для производства керамики.

6. Для принятия решения по использованию того или иного месторождения кварцевых материалов необходимо провести исследования на применимость и доразведку с целью определения запасов.

3. КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ УРАЛА

Карбонатные породы Урала – это широко распространенные осадочные образования, на 50% и более сложенные кальцитом, доломитом и магнезитом. Карбонатные породы в пределах Урала развиты довольно широко. Они представлены известняками, мраморами, мелом, доломитами, магнезитами. Большая часть месторождений карбонатных пород расположена на восточном склоне, что обуславливается геологическим строением Урала. Известняки и доломиты в Уральской геосинклинали составляют около 35% осадочных образований. Северный Урал, хотя и располагает огромными запасами карбонатного сырья, но организация добычи его на многих месторождениях в настоящее время нецелесообразна из-за трудности освоения и удаленности от потребителя. Благоприятные возможности выявления карбонатно-сырьевых баз около Белорецка в Башкирии (2 млрд тонн). Прогнозные запасы в Пермской области превышают 20 млрд тонн.

На Урале разведана также достаточно надежная сырьевая база доломитов. Основные месторождения кристаллического магнезита локализованы в протерозойских отложениях Южного Урала (Саткинская группа). Здесь насчитывается несколько месторождений, находящихся в почти одинаковых геологических условиях и имеющих, несомненно, единое происхождение.

Мраморы Урала имеют общегосударственное значение. Основные месторождения мраморов сосредоточены в Челябинской области. Ниже приводится описание месторождений наиболее чистых разновидностей карбонатных пород.

3.1. Известняки

К известнякам относятся осадочные горные породы белого или светло-серого цвета с желтым или бурым оттенком, реже темно-серые, достаточно твердые и плотные, состоящие в основном из кальцита и некоторого количества различных минеральных примесей (доломит, кварц, минералы группы глин, оксиды и гидроксиды железа и марганца, пирит, марказит, гипс, органические вещества). Плотность 2–2,6 г/см³ (у ракушечников – 1,2–1,5 г/см³).

Химический состав чистых известняков приближается к теоретическому составу минерала кальцита CaCO_3 (56% CaO и 44% CO_2).

По структурным признакам известняки подразделяют на кристаллические, органогенные, обломочные и со смешанной структурой.

Всеволодо-Вильвинская группа месторождений. Район месторождений представляет собой гряду, вытянутую вдоль меридиана $57^{\circ}30''$ и состоящую из отдельно возвышающихся гор: Матюкова, Северо- и Южно-Морозовские, Старая, Северная и др. Известняки расположены вдоль этой гряды в виде узкой полосы (шириной 650–700 м) и протяжением более 75 км.

Гора Северо-Морозовская находится в Александровском районе Пермской области в 8 км на северо-восток от разъезда «Карьер». Пласты известняка горы Северо-Морозовской имеют падение на юго-запад под углом 65° . Мощность отдельных пластов 190 м, из них более или менее чистых известняков 142 м. Известняки, слагающие месторождение, имеют серый цвет, слоистое строение. Иногда в них встречаются прослои кремнистого известняка, мощностью до 0,2 м. Редко отмечаются желваки кремня размером 5×25 см. Содержание в известняке CaCO_3 от 22 до 90%. Пачка известняков, мощностью 134 м, содержит $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 > 83\%$, нерастворимый остаток 0,75–5,86%. Запасы по категориям $B + C_1 = 10,4$ млн тонн.

Чикалинский участок находится в Кунгурском районе Пермской области в 1 км от разъезда Чикалина. Продуктивная толща сложена известняками. Химический состав их (%): $\text{CaO} - 52,13$; $\text{MgO} - 0,23$; нерастворимый остаток – 1,37; ППП – 43,48.

Самское месторождение расположено в Ивдельском районе Свердловской области, в 3 км к западу от ж/д станции Самы, по обоим берегам реки Самы. Известняки, слагающие месторождение, часто карстованы. Химический состав (%): $\text{CaO} - 55,22$; $\text{MgO} - 0,44$; $\text{SiO}_2 - 0,26$; ППП – 42,99%.

Известняки пригодны для целлюлозно-бумажной промышленности, производства извести. Запасы по категориям $B+C_2 = 2,19$ млн тонн. Запасы не утверждены.

Елкинское 2 месторождение расположено в районе г. Нижняя Тура, на южной окраине с. Елкино. Известняки, слагающие месторождение, мраморизованы, имеют светло-серый цвет, однородны, обладают массивной и брекчевидной текстурой. Химический состав (%): $\text{SiO}_2 - \text{следы} - 0,9$; $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3) - 0,4-1,68$; $\text{CaO} - 54,29-55,91$;

MgO – 01–0,66; ППП – 42,32–43,74. Плотность 2,66 г/см³. Запасы по категориям В+С₁ = 344 тыс. м³. Месторождение разрабатывалось на бут, щебень и известь.

Караульское месторождение находится в Ново-Лялинском районе Свердловской области, на правом берегу реки Ляли, по ручью Витюму, в 0,2–0,3 км от его устья. Химический состав (%): CaCO₃ – 96,96–99,0; MgCO₃ – 0,1–1,49; Al₂O₃ + Fe₂O₃ – 0,3–0,6; нерастворимый остаток редко превышает 1%. Ориентировочные запасы категорий С₁ + С₂ составляют 1800 тыс. тонн. Запасы не разведывались.

Савотькинское месторождение находится на речке Савотьке, в 12 км на северо-запад от г. Красноуральска Свердловской области. Месторождение представлено массивом плотных, темно- и светлосерых известняков. Химический состав (%): CaO – 54,25; Al₂O₃ – 0,28; Fe₂O₃ – 0,26; нерастворимый остаток – 1,62. Известняки используются в качестве флюса при плавке меди, а также для приготовления извести, применяемой при переработке цинковых руд. Запасы по категориям В+С₁ = 3,23 млн тонн.

Нейво-Рудяпское месторождение («Паленая гора») находится в 1 км к северо-западу от ст. Нейво-Рудянская. Месторождение вскрыто двумя карьерами. Полоса мраморизованных известняков прослеживается к югу до переезда через железную дорогу. Известняки имеют темно-серый, серый и белый цвета. Химический состав (%): CaO 53,7; SiO₂ – 1,5; Al₂O₃ – 0,8; Fe₂O₃ – 1,1. Запасы по категориям В+С₁ = 6,14 млн тонн. Известняки применяются в качестве флюса.

Невьянское месторождение расположено в 1 км на юго-восток от ст. Невьянская Свердловской железной дороги. Известняки плотные, серого цвета с темными и светлыми оттенками. Средняя мощность полезной толщи – 6,43 м. Химический состав (%): SiO₂ – 0,26–0,94; Al₂O₃ – 0,48; Fe₂O₃ – 0,02–0,12; CaO – 54,31–55,25; MgO – 0,25; ППП – 43,32–43,8. Запасы по категории В – 106,3 тыс. м³. Известняки применяются при производстве извести.

Крыласовское месторождение находится в Билимбаевском районе Свердловской области, в 0,5 км на северо-восток от деревни Крыласово и в 5 км на запад от станции Билимбаи. Продуктивная толща сложена серией пластов известняка, мощностью от 0,6 до 1,5 м. На месторождении выделено 4 типа известняков.

1. Чистые: нерастворимый остаток 0,6–1,5%; CaO – 52,7–54,3%; MgO – 0,5–1,9%; Al₂O₃ – 0,13–1,5%.

2. Доломитизированные: CaO – 50,06%; MgO – 3,48%; SiO₂ – 0,51%; R₂O₃ – 0,19%.

3. Окремненные: нерастворимый остаток – 3,8–13,3%; CaO – 48,64–52,46%; MgO – 0,13–1,05%; R₂O₃ – 1,28–1,04%.

4. Доломиты: нерастворимый остаток 2,37%; CaO – 38,2%; MgO – 18,31%; R₂O₃ – 0,59%. Плотность 2,23 г/см³. Промышленными являются только чистые известняки. Запасы по категориям В+С₁ = 10,07 млн тонн. Применяются в производства извести.

Михайловское месторождение расположено в Нижнее-Сергинском районе Свердловской области, в 1,5 км на север от ст. Михайлово. Химический состав (%): CaO – 44,52–54,6; MgO – 0,8–8,04; SO₃ – 0,22–0,43; SiO₂ – 1,24–2,35; ППП – 43,34–44,48. Запасы по категориям А₂+В+С₁ = 10,55 млн тонн.

Гумишевское месторождение находится в 3 км к северу от г. Полевского и в 60 км к юго-западу от г. Екатеринбурга. Участок представляет северное окончание полосы мраморов, ширина которой в городе достигает 1,5 км. Химический состав (%): SiO₂ – 0,24; Fe₂O₃ – 0,18; FeO – 0,07; CaO – 55,92; MgO – 0,10; Al₂O₃ – нет; K₂O + Na₂O – нет. Запасы по категориям В+С₁ = 4,86 млн тонн. Известняки применяются в производстве Полевского криолитового завода.

Багарякское месторождение расположено в 2–3 км к востоку от ст. Багаряк Южноуральской железной дороги. Полезная толща имеет мощность 220–230 м и представлена известняками и доломитами. Она сложена перемежающимися пачками темносерых толстослоистых, плотных известняков (технологических) с доломитизированными известняками более светлого цвета. Химический состав темносерых известняков (%): CaO – 51,42–58,28; MgO – 1,87–3,37; SiO₂ – 0,37–1,14. Запасы по категориям А₂+В = 3,2 млн тонн.

Месторождение Новая Пристань находится в Саткинском районе Челябинской области, в 7 км к северо-северо-востоку от ст. Сулея. Месторождение сложено известняками. Химический состав (%): CaO – 53,81; SiO₂ – 0,59; MgO – 0,92; Fe₂O₃ – 0,15. Плотность 2,68 г/см³. Запасы по категориям А+С₁ = 33,13 млн тонн.

Месторождение Гора Палениха расположено в Саткинском районе Челябинской области. Продуктивная толща сложена известняками. Химический состав (%): CaO – 51,81; MgO – 2,52; SiO₂ – 0,29; R₂O₃ – 1,29.

Шеинское месторождение находится в Еткульском районе Челябинской области, в 10 км от станции Еманжелинская. Район месторожде-

ния сложен различными сланцами, среди которых отмечаются пачки известняков. Известняки залегают в виде трех полос, вытянутых в меридианальном направлении. Западная из этих полос известняка известна как Шеинское месторождение. Химический состав (%): SiO_2 – 0,43–0,48; Al_2O_3 – 0,26–0,42; Fe_2O_3 – 0,065–0,094; CaO – 54,98–55,33; MgO – 0,50–0,74; MnO – 0,010–0,012; ППП – 43,65–44,04. Запасы утверждены в количестве 6,16 млн тонн. Месторождение разрабатывается для изготовления воздушной извести.

Худайбердинское месторождение расположено в 18 км к северо-востоку от ст. Аргаяш. Известняки, слагающие месторождение, представляют собой пластообразную залежь. Химический состав, (%):

CaCO_3 – 94,41–98,42, в среднем 96,6; R_2O_3 – не выше 1. Плотность 2,6 г/см³. Запасы по категориям $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1 = 271,4$ тыс. м³.

Аккерманское месторождение расположено в 8 км к юго-западу от г. Ново-Троицка Оренбургской области и состоит из двух участков: Центрального и Западного. Месторождение представлено известняками, вертикальная мощность которых составляет 40–50 м. На известняках залегают глины, пески, галечники. Мощность покровных пород – 50 м. Известняки закарстованы. Карсты часто выполнены песчано-глинистым материалом. Известняки являются продуктом осадочного происхождения и состоят из кальцита и различных примесей. Химический состав, (%):

1. Центральный участок: CaO – 54,22–55,35; Al_2O_3 – 0,22–0,35; R_2O_5 – 0,0017–0,17; SiO_2 – 0,38–0,60; MgO – 0,27–0,51; Fe_2O_3 – 0,28–0,45; MnO – 0,031–0,039; S – следы, ППП – 43,40–44.

2. Западный участок: CaO – 52,9–54,65; SiO_2 – 1,48–2; Fe_2O_3 – 0,22–0,46; нерастворимый остаток 1,32–2,70.

Запасы по категориям $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1+\text{C}_2$ по Центральному участку – 37,02 млн тонн; по категориям $\text{B}+\text{C}_2$ по Западному участку – 27,54 млн тонн.

Стерлитамакское месторождение (участок Шах-Тау) находится в Макаровском районе Республики Башкортостан. Гора Шах-Тау сложена рифовыми известняками серого цвета и массивного строения. Основная масса известняков представлена кальцитом, в котором встречаются отдельные зерна доломита до 0,2–0,5 мм в поперечнике. Кроме того, в известняках наблюдаются участки, почти нацело сложенные доломитом. Химический состав (%): SiO_2 – до 1; иногда 3–9; Al_2O_3 – до 1, иногда 6–8; CaCO_3 – 64,5; MgCO_3 – до 2,5; MnO_2 – 0,099–0,21; R_2O_5 – 0,0–0,31. Запасы

не утверждены и составляют по категориям А+ В = 85,6 млн тонн и балансовые – 39,2 млн тонн.

Таким образом:

1. Основная масса известняков используется как естественный строительный материал в промышленном, жилищном, дорожном и гидротехническом строительстве.

2. В цветной металлургии известняк используется в качестве флюса для производства извести, применяемой при обогащении и плавке медных и никелевых руд, как реагент при цианировании золота и серебра.

3. Известняки пригодны для производства портландцемента, соды, при переработке нефелиновых руд, для производства глинозема и воздушной извести.

4. Известняки применяются для производства хлорной извести, хлороформа, хлористого кальция, при производстве азотных и фосфорных удобрений, для очистки и нейтрализации нефтепродуктов.

5. Известняки являются качественным сырьем для металлургической промышленности и промышленности строительных материалов.

3.2. Мел

Мел – осадочная порода, образовавшаяся из остатков микроорганизмов, отлагавшихся в пресноводных морях на протяжении миллионов лет. Мел представляет собой переходную разновидность от органогенных известняков к известнякам химического происхождения, состоящую на 96–99% из CaCO_3 . Основную часть мела слагают органические остатки. Мел по внешнему виду легко отличается от других видов известняков своей мягкостью, землистым изломом, отсутствием слоистости, тонкозернистостью.

Минеральные примеси представлены кварцем, полевыми шпатами, гидрослюдами, каолинитом, гипсом, опалом и другими. Ниже приводится описание наиболее известного месторождения мела в Уральском регионе.

Месторождение Ак-Булак находится в Ак-Булакском районе Оренбургской области, в 11–12 км к северо-востоку от ст. Ак-Булак. Месторождение представлено пластообразной залежью мела, который имеет различную плотность от звонко-плитчатого до рыхлого. Мел состоит из

тонкодисперсного кальцита, среди которого отмечаются обломки раковин. В качестве включений в нем присутствуют зерна кварца, лимонита, рудных минералов, углистые вещества. Размер включений достигает 0,03–0,05 мм. Очень редко отмечаются зерна глауконита, размером до 0,7 мм. Меловой пласт лежит на мергелях и перекрыт трепеловидными породами и опоками. Верхние горизонты мела затронуты выветриванием и поэтому обладают довольно сильной трещиноватостью. Химический состав (%): SiO_2 – 1,18–4,66; Al_2O_3 – 0,52–1,5; Fe_2O_3 – 0,16–1,52; CaO – 43,39–54,66; MgO – 0,16–0,94; TiO_2 – 0,008–0,2; MnO – 0,03–0,04; ППП – 37,88. Содержание CaCO_3 – 70,81–97,45%, среднее – 93,8%. Запасы не подтверждены, но составляют по категориям А+В – 19,18 млн тонн, по категориям $\text{A}_2+\text{B}+\text{C}_1$ – 42,22 млн тонн.

Мел используется для получения строительной извести, в производстве стекла и минеральной подкормки сельскохозяйственных животных и птиц.

3.3. Доломит

Доломитами являются осадочные карбонатные горные породы, состоящие в основном из минерала доломита.

Доломит – двойная углекислая соль кальция и магния. В природе встречается в виде пород разной плотности. Более плотная – доломит, менее плотная – опока. Формула $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, теоретический состав: CaO – 30,41%; MgO – 21,86%; CO_2 – 47,73%.

В природном состоянии доломиты белого, желтоватого или сероватого цвета, мутны, почти непрозрачны, образуют зернистые, часто пористые массы, залегающие в виде огромных глыб.

Наиболее частыми примесями в доломитах являются магнезит, сидерит, кварц, минеральные группы глин, оксиды и гидроксиды железа и ряд других. Доломит хрупок. Плотность 2,8–2,9 г/см³. Твердость 3,5–4,0.

На Урале известно более 15 месторождений доломита, различающихся качеством и запасами сырья. Промышленная добыча в настоящее время осуществляется на 5-и месторождениях в Пермском крае, Свердловской и Челябинской областях.

Месторождение Пашийский Гребешок расположено в районе г. Чусового Пермской области, в 0,5 км от ст. Пашия. Доломиты слагают воз-

вышенность высотой 53 м и прослежены вкрест простираения на 85 м. Истинная мощность доломитов 90 м. Залегают они среди известняков. Доломиты обладают ясным зернистым строением, желтоватым и светло-серым цветом. Они битуминозны, трещиноваты. В пустотах и по трещинам отмечаются кристаллы кальцита. Средний химический состав (%): $\text{SiO}_2 - 0,98$; $\text{R}_2\text{O}_3 - 0,7$; $\text{CaO} - 31,98$; $\text{MgO} - 19,3$. Запасы составляют 15,64 млн тонн.

Чадское месторождение расположено в Озерском районе Пермской области, в 15 км к югу от ст. Чад. Месторождение сложено доломитами. Толща доломитов пройдена выработками на глубину 4,5–13,95 м. В верхней части толщи отмечаются выветрелые доломиты, **Зырянское месторождение** находится в Алапаевском районе Свердловской области, в 12 км к югу от г. Алапаевска. Доломиты залегают среди известняков и по реке Зырянка, образуют скалы до 80 м высотой. Цвет доломитов серый, желтовато-серый. Отмечаются доломиты различного строения: тонкозернистые, плотные и трещиноватые. Мощность доломитовой залежи 40–80 м. Среди доломитов в пределах месторождения встречаются прослои доломитизированных известняков мощностью 1,0–2,5 м.

Мощность вскрышных пород достигает 7–10 м. Химический состав (%): $\text{CaO} - 30,48-39,97$; $\text{MgO} - 17,78-21,99$; $\text{SiO}_2 - 0,55-0,65$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,03-0,5$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,05-0,41$; $\text{S} - 0,012-0,04$; $\text{P} - 0,003-0,007$. Запасы по категориям $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1+\text{C}_2$ составляют 1484 тыс. тонн.

Сухореченское месторождение находится в Билимбаевском районе Свердловской области, в 2,2 км к западу от пос. Билимбай. Месторождение приурочено к полосе карбонатных пород, протягивающихся в северо-восточном направлении от станции Битимки. Длина полосы карбонатных пород 8,5 км, ширина 1,6 км. Карбонатные породы представлены доломитами, кремнистыми доломитами, доломитизированными известняками и известняками. В этих породах широко развиты трещины, выполненные кальцитом и имеющие мощность от 0,05 до 10 см. Химический состав (%): $\text{CaO} - 30,94-32,88$; $\text{MgO} - 17,15-21,63$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,15-0,42$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,04-0,3$. Запасы по категориям $\text{A}+\text{B}+\text{C}_1$ составляют 12,285 млн тонн.

Кваркенское 1 месторождение находится в Кваркенском районе Оренбургской области, в 20 км к северо-западу от станции Айдырля Южноуральской железной дороги. Карбонатные породы представлены доломитами, известняками и доломитизированными известняками в виде большой линзы северо-восточного простираения. Прослежены на глубину в 128 м от поверхности. Выклинивания не установлено. На поверхности

они трещиноваты и разрушены выветриванием до доломитовой муки. Образование порошковой разновидности охватывает слой мощностью 3 м. Химический состав (%): MgO – 13,84–22,96; SiO₂ – следы – 3,82; R₂O₃ – следы – 2,86; CaO – 28,48–33,06; S – следы – 0,023; P – 0,002–0,072; ППП – 44,2–48, нерастворимый остаток – 0,02–7,24. Запасы по категориям А+В+С₁ составляют 41,942 млн тонн.

Красноуфимское месторождение расположено в 3 км от г. Красноуфимска Свердловской области. Месторождение (гора «Казачья») является весьма мощным. Толщина залегания доломита доходит до 80 м с простираем до 3–3,5 км. Толщина вскрыши 3–5 м. Структура доломита плотная, криптокристаллическая, порода содержит остатки фауны, почти полностью замещенные карбонатным веществом. Количество остатков фауны достигает 20–30%. Окраска доломита светло-серая. На поверхности кусков имеется корочка оранжевого, светло-бурого или землистого цвета (иногда с такой же поверхностью как у пемзы) толщиной от 0,5 до 6 мм. Структура доломита под микроскопом кристаллическая, неравномерно зернистая, сложенная прилегающими друг к другу округлыми зёрнами размером 0,002–0,15 мм. Кажущаяся пористость сырого доломита 1,2–7,0%, кажущаяся плотность 2,63–2,73 г/см³, водопоглощение 0,43–2,66%. Химический состав (%): SiO₂ – 0,68; Al₂O₃ + TiO₂ – 0,22; Fe₂O₃ – 0,27; CaO – 30,56; MgO – 21,6; ППП – 46,67.

Месторождение Белый Камень расположено в 4 км от г. Чусового Пермской области. Химический состав (%): SiO₂ – 0,75; Fe₂O₃ – 0,45; CaO – 32,7; MgO – 20,8; ППП – 45,8.

Саткинская группа месторождений расположена в районе г. Сатка Челябинской области.

Карагипское месторождение. Доломит серый, мелкокристаллический. Химический состав (%): SiO₂ – 0,2; Al₂O₃ – 0,25; Fe₂O₃ – 0,43; CaO – 30,66; MgO – 21,73; Mn₃O₄ – 0,01; ППП – 46,74.

Месторождение Волчья гора. Доломит серый, слоистый. Химический состав (%): SiO₂ – 0,42; Al₂O₃ – 0,39; Fe₂O₃ – 0,52; CaO – 30,36; MgO – 21,78; Mn₃O₄ – 0,02; ППП – 46,7.

Белый кристаллический. Химический состав (%): SiO₂ – 0,19; Al₂O₃ – 0,28; Fe₂O₃ – 1,0; CaO – 30,4; MgO – 21,1; Mn₃O₄ – 0,08; ППП – 47,1. **Серый крупнокристаллический.** Химический состав (%): SiO₂ – 0,57; Al₂O₃ – 0,30; Fe₂O₃ – 0,5; CaO – 30,75; MgO – 22,3; Mn₃O₄ – 0,02; ППП – 45,7. На Саткинское месторождение приходится 11,5% суммарных запасов и более 60% всего объема добычи металлургических доломитов России.

Лисьегорское месторождение. Расположено в 4 км к юго востоку от станции Флюсовая Южноуральской железной дороги. Химический состав (%): SiO_2 – 0,6–2,6; CaO – 28–31; MgO – 18–20; ППП – 43–46.

Катайское месторождение расположено в 9 км к северу от г. Белорецка Республики Башкортостан. Химический состав (%): SiO_2 – 2,15; Fe_2O_3 – 0,18; CaO – 30,29; MgO – 20,04; ППП – 45,57.

Основная часть доломитов является сырьем для получения огнеупоров, применяется в металлургии для заправки и подсыпки порогов мартеновских печей, в доменном и агломерационном процессах.

Доломиты используют в производстве строительных материалов, керамических плиток и глазурей, в стекольном производстве, в сельском хозяйстве для известкования кислых почв.

3.4. Магнезит

Магнезит (карбонатная горная порода) состоит почти исключительно из кристаллического минерала магнезита MgCO_3 . Чистый минерал магнезит содержит MgO – 47,6% и CO_2 – 52,4%. Цвет магнезита белый с сероватым или желтоватым оттенком, иногда снежно-белый, блеск стеклянный. Твердость 4–4,5; плотность 2,9–3,1 г/см³. Чаше магнезит образует непрерывный ряд твердых растворов с сидеритом FeCO_3 . При содержании в магнезите более 30% сидерита минерал называют брайнритом. С кальцитом магнезит образует двойное соединение – доломит CaCO_3 , MgCO_3 . Кристаллический магнезит представляет собой продукт изменения известняков или доломитов, полученный при воздействии на них растворов, содержащих двууглекислый магний. Кроме кристаллических, известны аморфные магнезиты, представляющие собой продукты разрушений гидросиликатов магния, например, змеевика или форстерита при воздействии на них воды и углекислоты.

Главные примеси в кристаллическом магнезите: доломит, кальцит, диабаз и кварц, в аморфном – змеевик и кварц. Особенно вредны в сырье примеси минералов, содержащих оксид кальция и кремнезем.

Одно из основных месторождений кристаллического магнезита локализовано в протерозойских отложениях Южного Урала (Саткинская группа). Саткинская группа насчитывает несколько месторождений (Саткинское, Березовское, Никольское и Ельничное), находя-

щихся в почти одинаковых геологических условиях и имеющих, несомненно, единое происхождение. Месторождения магнезитов располагаются вдоль тектонических нарушений на северо-западных крыльях складок, приурочены почти исключительно к доломитовым отложениям верхнесаткинской подсвиты, сложенной в нижней части преимущественно доломитами с подчиненными прослоями мергелистых доломитов и мергелистых сланцев, в верхней – известняками. Магнезит образует пласто- и линзообразные тела, а также гнезда, жилы. Размеры пласто- и линзообразных тел значительные: до 800 м по простиранию, до 600 м по падению, мощностью до 80 м. Благодаря резкому структурному отличию магнезитов и вмещающих их доломитов (последние обычно мелкозернистые) границы магнезитовых тел улавливаются очень четко.

Магнезиты Саткинской группы месторождений представлены кристаллической грубозернистой породой почти целиком сложенной минералом того же названия. Второстепенные минералы – доломит, кварц, графит, пирит; реже отмечается тальк, кальцит, арагонит, серпентин, брусит, магнетит, барит, галенит, сфалерит. Большая часть последних развита преимущественно в приконтактных участках возле диабазовых и пикрит-диабазовых даек.

Саткинские месторождения кристаллического магнезита, уникальные по качеству, условиям залегания и масштабам, представляют собой крупнейшую минерально-сырьевую базу огнеупорной промышленности РФ.

Саткинское месторождение состоит из непосредственно примыкающих друг к другу участков – Карагайского, Мельнично-Паленихинского, Волчьегогорского, Степного, Гологорского, Северо-Карагайского и Каргинского, каждый из которых по запасам соответствует крупному месторождению. На долю Саткинского месторождения приходится 95,2% всей добычи магнезита в России. В 2001 г добыто 2,2 млн тонн при мировой добыче 8–9 млн тонн.

Саткинская группа месторождений (собственно Саткинское, законсервированное Березовское, полностью отработанное Никольское и резервное с забалансовыми запасами Ельничное) расположена вблизи г. Сатка на западном склоне Южного Урала. Обеспеченность запасами для открытой отработки при проектной производительности составляет 26 лет, подземной – 61 год. В настоящее время, на ближайшую и длительную перспективу Саткинская группа месторождений магнезита

является вполне достаточной минерально-сырьевой базой комбината «Магнезит».

Сводная характеристика рудных тел месторождений магнезита Саткинского района и обеспеченность ОАО «Комбинат «Магнезит» собственными сырьевыми ресурсами приведены в таблицах 3.1. и 3.2.

Таблица 3.1. Сводная характеристика рудных тел Саткинской группы месторождений магнезита

Месторождение	Число рудных тел	Преобладающая длина, м		Преобладающая мощность, м	Содержание в запасах, %		
		По простиранию	Но падению		MgO	SiO ₂	CaO
Саткинское	102	1300–3560	38–100	15–34	45,0	0,97	2,03
Никольское	5	115–580	98 – 365	11–17	45,1	1,27	2.03
Березовское	3	170–200	130–160	9–12	45,1	1,06	1,84
Ельничное	4	80– 120	150–360	3–17	43.3	0,84	3,24

Таблица 3.2. Обеспеченность действующих рудников сырьевыми ресурсами по состоянию на 01.01.2000 г.

Место добычи	Балансовые запасы категорий В+С ₁ , млн. тонн	Годовая производительность, тыс. тонн		Обеспеченность с учетом потерь и засорения при производительности, лет	
Карагайский карьер	6,7	2400	1160	3	6,5
Мельнично-Паленихинский карьер	12.2	1200	1200	10	10
Березовский карьер	8,1	600	600	13	13
Шахта «Магнезитовая»	147.1	2400	300	61	488

Ниже приводится краткая характеристика основных участков месторождения магнезита Саткинской группы.

Волчьегорское (гора Волчья) месторождение находится и Саткинском районе Челябинской области в 4 км от г. Сатки. Месторождение представляет собой невысокую гряду, вытянутую в северо-восточном направлении на протяжении около 2,5 км. На участке месторождения развиты доломиты и магнезиты, прорванные жилами изверженных пород. Продуктивная толща состоит из двух пластообразных залежей магнезита, вытянутых параллельно в северо-восточном направлении. Первая залежь «Верхняя» прослеживается на 1700 м; вторая – «Ниж-

няя» имеет длину 1600 м. С поверхности магнезиты в большинстве случаев разрушены до глубины 2 м. Магнезитовые руды делятся на следующие типы.

1. Нормальная руда.
2. Доломитизированная.
3. Углистая.
4. Обломочная.

По внешнему виду магнезиты представляют крупнозернистую породу различных цветов: серого, светло-серого, голубовато-серого, кремового и желтого. Цвет зависит от примесей.

Химический состав (%): MgO – 46,3; CaO – 0,84; SiO₂ – 0,2– Fe₂O₃ – 0,5; Al₂O₃ – 0,5; MnO – 0,15.

Гологоровское месторождение расположено в Саткинском районе Челябинской области. Оно входит в главную магнезитовую полосу, простирающуюся с юго-запада на северо-восток. Магнезитовые тела залегают в доломитах. Магнезито-доломитовая толща прорезана жилами изверженных пород, мощностью 0,2–10,0 м. В доломитах отмечаются карсты размером 100 * 20 м и пустоты 1,5–2,0 м. Карсты заполнены желтой охристой глиной, на стенках пустот которых наблюдаются кристаллы арагонита. Форма магнезитовой залежи пластообразная. Химический состав (%): MgO – 46,11; CaO – 0,8; SiO₂ – 1,29; плотность 2,9 г/см³, твердость 4,5. Магнезит пригоден для производства магнезитового и хромомagneзитового кирпича, магнезитометаллургических порошков.

Карагайское месторождение расположено в черте г. Сатка Челябинской области. Месторождение входит в главную магнезитовую полосу. Пластообразные магнезитовые тела залегают среди доломитов. Мощность магнезитового пласта 10–25 м, длина 100–300 м. Химический состав (%): MgO – 45,8; CaO – 0,8; SiO₂ – 0,94.

Кроме перечисленных разрабатываемых месторождений, в Саткинском районе имеется еще ряд разведанных со следующим химическим составом магнезита (%): MgO – 45,46; CaO – 0,3–1,1; SiO₂ 0,9–1,3. К этим месторождениям относятся: Степное, Мельничное и Палехинское. По качеству и запасам месторождения магнезитов Саткинской группы значительно превосходят все другие известные в настоящее время месторождения этого сырья в Уральском регионе.

В связи с недостатком промышленных залежей магнезита для открытых разработок в 1962–1977 годах разведано Семибратское месторождение, расположенное в 37 км к юго-западу от г. Златоуста, приуроченное к доломитам верхнепротерозойского возраста. Установлено, что

количество высокосортных магнезитов в общей массе не превышает 15%. Селективная их добыча невозможна, поэтому все магнезиты месторождения, среднее содержание SiO_2 в которых составляет 2,69% и CaO 4,02%, требуют обогащения и не представляют в настоящее время практического интереса.

Халиловское месторождение аморфного магнезита находится между 263–274 км ж/д линии Оренбург – Орск на Туберменских горах, в 3 км к северо-востоку от станции Халилово Оренбургской области.

Район месторождения сложен массивом серпентинитов. Магнезиты приурочены к верхним слоям юго-восточной части этого массива. Месторождение связано с магнезитоносными змеевиками, залегающими в виде полосообразных участков. Жилы и прожилки магнезита мощностью 0,05–0,5 м имеют неправильную форму и распределены крайне неравномерно. В основном магнезиты залегают в виде гнезд и линз, средней мощностью 5–6 м. Некоторые из магнезитовых тел тонко рассланцованы. Магнезит представляет собой снежно-белую породу с раковистым изломом. Химический состав (%): MgO – 46,88–53,39; CaO – 2,2–4,0; SiO_2 – с глубиной увеличивается, Fe_2O_3 – с глубиной уменьшается.

По результатам предварительной разведки на 01.01.1962 г. (в более позднее время геологоразведочные работы по оценке запасов не производились) на месторождении запасы магнезита составляют 4,056 млн тонн по категории C_2 и 7 тыс. тонн по категории В.

Для республики Башкортостан характерно наличие многочисленных проявлений аморфного и кристаллического магнезитов. Наиболее крупные проявления аморфного магнезита (Ширмаевское, Чингизовское, Улаинское) представлены гнездами и жилами магнезита среди магнезитоносных змеевиков. Запасы их оцениваются в тысячи тонн.

Месторождения и проявления кристаллического магнезита, расположенные в Белорецком районе, отличаются повышенным содержанием тонко рассеянного кварца с размером зерен менее 0,15 мм, что требует обязательного обогащения сырья. Массовая доля MgO невысокая (40–43%). Магнезиты с повышенной долей MgO (44,3%) имеют распространение на ограниченных участках. Во всех известных проявлениях и месторождениях кристаллического магнезита содержание SiO_2 превышает 2%, достигая в некоторых из них 13%.

Сырьевая база магнезитов представлена магнезитами высокого качества и в достаточном количестве на ближайшие десятилетия. Сырой магнезит добывается для производства магнезитовых огнеупоров и каустического магнезита.

3.5. Мрамор

Мрамор – метаморфическая поликристаллическая горная порода, состоящая в основном из кристаллов кальцита или доломита или тех и других вместе.

Кроме кальцита и доломита в мраморах почти всегда содержатся примеси других минералов: кварца, халцедона, гематита, пирита, лимонита, хлорита, полевого шпата, рутила. Самой вредной примесью является пирит. Среди мраморов наблюдается исключительное разнообразие окраски и рисунка. Отличаясь небольшой твердостью, равной 3–3,5, мрамор хорошо воспринимает полировку.

Основными месторождениями мраморов на Урале являются: Коелгинское, Прохорово-Баландинское, Полоцкое, Редутовское, Хамитовское и Тагильское.

Коелгинское месторождение расположено в 27 км на юго-запад от станции Еманжелинской Южноуральской железной дороги, около поселка Коелга. Мрамор данного месторождения залегает в западной части толщи каменноугольных известняков, которые тянутся широкой полосой в северо-западном направлении. Полоса постепенно суживается к северу. Цвет мрамора белый с сероватым оттенком. Химический состав (%): SiO_2 – 0,12–0,28; CaO – 55,61–55,84 – MgO – 0,12–0,25; ППП – 44,06.

Прохорово-Баландинское месторождение находится в 20 км к северу от г. Челябинска в районе пос. Прохоровское и Большое Баландино. Мрамор обнажается, как на правом, так и на левом берегу реки Миасс. Цвет мрамора – светло-серый, темно-серый, черный. Химический состав (%): SiO_2 – 0,07–0,15; CaO – 54,96–55,18; MgO – 0,38–0,76; ППП–43,89.

Мрамор широко применяется в производстве строительных материалов как декоративный облицовочный камень и щебень, для создания архитектурно-строительных деталей, скульптур, в электротехнической промышленности, в производстве сварочных электродов и санитарно-строительной керамики.

Запасы разведанных месторождений мрамора позволяют говорить о надежной сырьевой базе данного минерала на ближайшие десятилетия.

4. ХРОМИТ

Хромит (хромовая руда) – горная порода, сложенная хромшпинелидом. Минерал состава $\text{FeO}^*\text{Cr}_2\text{O}_3$ также носит название хромит, он содержит 67,9% Cr_2O_3 и 32,1% FeO . В природе минерал хромит в чистом виде обычно не образует залежей.

Группу хромшпинелидов составляют следующие минералы: собственно хромит FeCr_2O_4 , магнохромит $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$, алюмохромит $\text{Fe}(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ и хромпикотит $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$.

В практике использования хромшпинелидов для промышленных целей их называют хромитовыми рудами, хромистыми железняками или просто хромитами. В химическом отношении хромшпинелиды представляют собой твердые растворы и отличаются весьма непостоянным составом. Содержание наиболее важных оксидов в хромшпинелидах колеблется в следующих пределах: Cr_2O_3 – 18–62%; FeO – 0–18%; MgO – 6–16%; Al_2O_3 – 0–33%; Fe_2O_3 – 2–30%. Кроме того, в них часто присутствуют в виде изоморфных примесей TiO_2 , V_2O_5 , MnO , ZnO , NiO , CoO .

Все хромшпинелиды кристаллизуются в кубической сингонии, их структура аналогична структуре шпинели. Цвет преимущественно черный, твердость 5,5–7,5, плотность 4–4,8 г/см³. Температура плавления чистого хромита – 2180°C. Встречаются хромшпинелиды, как правило, в магматических ультраосновных породах в виде вкраплений или скопленных линзообразной или гнездообразной формы. Сопутствующими минералами являются: серпентин, оливин, кальцит, магнезит, хромсодержащие хлориты, гранаты и другие.

Сырьевые ресурсы хромитовых руд во всем мире довольно ограничены. В числе немногих стран Российская Федерация располагает месторождениями хромитов.

Прогнозные ресурсы месторождений хромита в Уральском регионе составляют 240 млн тонн, в том числе в Пермской области – 20 млн тонн, в Свердловской – 170 млн тонн, в Оренбургской – 50 млн тонн. Запасы руд в Челябинской области пока не оценены. Единственным объектом в РФ с разведанными запасами хромовых руд является Сарановская группа месторождений, куда входят эксплуатируемые подземным способом Главное Сарановское месторождение с запасами категорий А+В+С₁ – 2764 тыс. тонн, С₂ – 4262 тыс. тонн и забалансовыми – 2102 тыс. тонн и

Южно-Сарановское месторождение. Среднее содержание оксида хрома в запасах по Главному Сарановскому месторождению – 38,4%; по Южно-Сарановскому – 37,7%. Фактическая ежегодная добыча составляет 120–160 тыс. тонн сырой руды.

На Полярном Урале, в Ямало-Ненецком национальном округе завершена предварительная разведка центрального участка хромитового месторождения Рай-Из, составлено ТЭО целесообразности его отработки. Разведанные запасы категорий С₁+С₂ составляют 30 млн тонн с содержанием Cr₂O₃ – 31%. Кроме того, в районе месторождения имеются прогнозные ресурсы хромитов в количестве 40-45 млн тонн.

В Свердловской области находится более 50 месторождений и рудопроявлений хромовых руд в разных районах с прогнозными запасами около 170 млн тонн. Хромиты залегают в массивах ультраосновных пород. Наибольшие запасы имеют Ключевской и Алапаевский массивы.

Краткая характеристика хромовых руд важнейших месторождений Урала представлена в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Характеристика хромовых руд месторождений Урала

Химический состав, мас. %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	NiO	ППП
Сарановское месторождение, Пермская область								
4,66-6,14	16,0-19,8		33,4-38,3	17,9-20,2	1,13-1,64	14,6-16,7	0,03-0,40	2,53-4,09
4,20	19,7		370	19,4	1,37	14,6	0,03	2,53
5,39-5,42	18,4-19,3		14,5-35,8	17,9-20,2	1,13-1,21	15,1-16,5	0,06	2,69-2,94
Ключевское месторождение, Свердловская область								
2,58-16,33	17,13-27,04		22,47-38,48	14,99-18,92	0,05-5,98	14,3-20,8		2,4-38
Концентраты Ключевского месторождения								
1,84	24,40		39,52	13,52		15,26		
Верблюжегорское месторождение, Челябинская область								
6,5-21,0	6,8-16,1	3,5-14,1	16,1-40,3	4,1-10,7	0,8-1,8	12,6-18,5	0,03-0,05	2,9-3,8
Концентраты Верблюжегорского месторождения								
2,2-7,8	14,0-22,1	11,5-15,3	45,2-47,4	11,5-14,3	0,1-0,3	17,1-18,6	0,02-0,04	0,5-1,6
Кимперсайское месторождение, Актыбинская область								
6,10	7,2	3,75	52,3	10,0	1,3	16,7		2,33

Таким образом:

1. Наиболее важные месторождения хромитовых руд находятся на Урале в Пермском крае (Сарановское), Свердловской (Гологорское, Алапаевское) и в Актюбинской (Кимперсайское) областях. Запасы руд в Челябинской области пока не оценены.

2. Основными потребителями хромитовых руд являются металлургическая, огнеупорная и химическая отрасли промышленности.

5. ГРАФИТ

Графит принадлежит к одной из разновидностей самородного углерода, жирен на ощупь, имеет серый или черный цвет. В промышленности обычно различают кристаллический или аморфный графит, но в действительности и тот и другой имеют кристаллическое строение, а отличие их друг от друга заключается лишь в размерах кристаллов. Среди кристаллических графитов различают плотные или чешуйчатые разновидности. Первые почти целиком сложены кристаллами графита, имеющими форму чешуек, или же их параллельных сростков, которые более или менее равномерно распределены во вмещающих породах: кристаллических сланцах, гнейсах, кварцитах, мраморах и других. По размерности чешуйчатые разновидности руд разделяются на крупно- и мелкочешуйчатые и слоисто-кристаллические.

Аморфные (скрытокристаллические) руды представлены плотноупакованными мельчайшими кристаллами графита с незначительными включениями других минералов. К графитоидам относятся графитистые антрациты и антракосолиты.

Графит обладает целым рядом уникальных физических свойств. Он совершенно непрозрачен, однако легко пропускает X-лучи, что позволяет при помощи рентгеноскопии исследовать его на содержание примесей. Он отличается высокой тугоплавкостью (температура плавления в бескислородной среде $3850 \pm 50^\circ\text{C}$), обладает чрезвычайно большой стойкостью под нагрузкой при высоких температурах. При значительных нагрузках размягчение графита начинается лишь около 2000°C , аморфного углерода – около 1900°C . Графит обладает большой теплопроводностью и электропроводностью благодаря очень плотной упаковке атомов в кристаллах. По теплопроводности он близок к металлам, по элек-

тропроводности относится к проводникам первого рода. Теплопроводность при 80°C составляет 13,4, при 560°C – 100 Вт/м*К. Температурный коэффициент линейного расширения графита в интервале 0–700°C равен $(5-6) \cdot 10^{-6}$ К. Эти важнейшие свойства, однако, резко уменьшаются с увеличением зольности графита.

Твердость кристаллов графита по Моосу равна 1, аморфных разновидностей достигает 5,5. Плотность колеблется от 1,84 до 2,4 г/см³ в зависимости от дисперсности и наличия внутренних тончайших пор. Показатель преломления N_m – 1,93–2,07. В химическом отношении графит является веществом чрезвычайно инертным и стойким к действию как кислот, так и щелочей, весьма устойчив к действию расплавленных шлаков и металлов. Его химическая активность становится заметной только при высоких температурах. Продуктами окисления графита являются оксид углерода и диоксид углерода. Интенсивность окисления зависит от степени измельчения материала, температуры и давления.

Графит не смачивается шлаками и лишь незначительно взаимодействует с некоторыми шлакообразующими оксидами типа FeO, MnO. Для графита характерна способность, подобно жидкостям, образовывать тонкие пленки на поверхности твердых материалов, поэтому графит значительно повышает пластичность формовочных масс.

Основным недостатком графита является его способность к окислению кислородом воздуха при температуре около 700°C. Крупнокристаллический графит окисляется медленно. Для замедления процесса окисления при производстве огнеупорных изделий из графита к нему добавляют огнеупорные глины или каолины, которые создают особую защиту и предохраняют его от выгорания; осуществляют также обжиги графитоглинистых изделий в восстановительной среде. В производстве огнеупоров и керамики применяют чешуйчатый графит, который благодаря форме частиц, их гибкости и жирности увеличивает пластичность масс, облегчает формование, способствует лучшему уплотнению черепка.

Химический состав графита непостоянный, в нем часто присутствует зола, состоящая из различных компонентов (SiO₂, Al₂O₃, FeO, MgO, CuO, P₂O₅ и других), кварцевый песок, полевошпат, глина, слюда, иногда битумы, вода, водород и другие газы. Содержание углерода равно 60–80%, летучих – 0,7– 7,0%, зольность – 2–25%. Химический анализ графита обычно ограничивается определением содержания углерода, летучих и золы.

В промышленности к графитовым рудам единых требований не существует. ГОСТы и ТУ имеются только на товарный графит и графитовые материалы.

Наиболее крупные месторождения графита в Российской Федерации находятся на Урале. На Среднем и Южном Урале в пределах Уральской складчатой системы сосредоточено 34,8% рудных запасов России и 11,1% запасов графита, установлено более 50 проявлений и месторождений графита, однако в настоящее время по технико-экономическим соображениям, особенно в связи с низким содержанием графита или его неблагоприятной микроструктурой, мелкие рудопроявления и небольшие месторождения графита практического интереса не представляют.

На Урале добыча графита осуществляется с 1942 г. в Челябинской области на Тайгинском месторождении кристаллического графита (пос. Тайгинка, г. Кыштым), в котором сосредоточено 22,4% запасов графитовых руд и 7,4% запасов графита РФ. Среднее содержание графита в руде 2,5–2,6 мас. %. Извлечение графитового углерода при переработке в концентрате 80–82%. Среднее содержание графитного углерода в концентрате 92–94%.

Запасы высоких категорий А и В на месторождении, в основном, отработаны, оставшиеся находятся в охранных целиках под пос. Тайгинка и железной дорогой. Запасы категории С₁ на нижних горизонтах месторождения недоизучены.

Тайгинское месторождение образовалось в результате сложного метаморфизма осадочных и осадочно-вулканических пород, содержащих органическое вещество. В результате метаморфизма первичные породы превращены в парагнейсы или кристаллические сланцы с выделением в них графитного углерода. Графит данного месторождения имеет чешуйчатую явно кристаллическую структуру, аналогичную графиту известного Завальевского месторождения (Украина).

В 2001 году добыча графитовых руд производилась только в Челябинской области на Тайгинском месторождении и составила 352 тыс. тонн руды и 10,8 тыс. тонн графита.

ОАО «Уралграфит» выпускает 6 видов графита: тигельный, элементный, литейный, аккумуляторный, электроугольный и карандашный. Тайгинский графит потребляют более 450 предприятий России и стран СНГ.

В 1988–1993 гг. Южноуральским ГПП проведены поисковые работы на Аргазинской площади, включающей Ново-Тайгинское и Аргазинское проявления и охватывающей наиболее перспективные участки, рекомендованные ВНИИгеонерудом для первоочередного изучения.

На Ново-Тайгинском проявлении развиты руды с высоким содержанием графита (до 10% с преобладающими 3–4%), легкообогатимые с запасами категории С₂ – 139,1 тыс. тонн и прогнозными ресурсами в количестве 74 тыс. тонн.

Отрицательными факторами, делающими отработку Ново-Тайгинского проявления нерентабельной, является разобщенность и маломощность отдельных рудных тел.

На Аргазинском проявлении выявлены и прослежены три сближенные рудные полосы. Прогнозные ресурсы наиболее перспективной Западной полосы по категории Р1 (подсчитаны по постоянным кондициям Тайгинского месторождения) составили 650 тыс. тонн графита при коэффициенте рудоносности 0,477 и коэффициенте вскрыши 1,1. По Центральной и Восточной полосам результаты составили 450 тыс. тонн при высоких коэффициентах вскрыши. Содержание графита от долей % до 5,58%, руды легко обогатимы, графит более мелкочешуйчатый, чем на Тайгинском месторождении. Изучение проявления приостановлено из-за расположения в зоне санитарной охраны Аргазинского проявления.

Многочисленные проявления графита известны с прошлого столетия в Кочкарском графитоносном районе (г. Пласт Челябинской области). Особого внимания заслуживает группа Чесменских проявлений графита, расположенных в зоне сочленения Магнитогорского прогиба и Восточно-Уральского поднятия.

В 1985–1989 гг. Южноуральской ГРП проведены поисковые работы на графит на Чесменской площади на перспективных участках: Порт-Артурском, Толстинском и Потаповском. Технологическими испытаниями установлена возможность получения из руд флотацией графитовых концентратов, удовлетворяющих требованиям ГОСТов 5279–74, 5420–74 для сталелитейного производства и ГОСТ 7478–75 «Графит элементный». Прогнозные ресурсы графита по категории Р₂ подсчитаны на Толстинском участке составляют 9,2 млн тонн в том числе в северной части 4,2 млн тонн, в южной – 4,9 млн тонн, на Порт-Артурском – 4,2 млн тонн, на Потаповском – 0,45 млн тонн.

Месторождения указанных участков стратегически связаны с углеродной свитой нижнего карбона; графит этих месторождений скрытокристаллический (аморфный).

Большое промышленное значение имеет Боевское месторождение скрытокристаллического графита (Багарякский район Челябинской области), постоянными спутниками графита являются кварц, тальк, асбест и характерные псевдоморфозы кварца по асбесту. Содержание графита в

руде – до 45%, а в отдельных случаях достигает 78%. Зола Боевского графитового сланца по составу приближается к каолину и имеет температуру плавления 1590–1680°С. Химический состав боевского графита (%): углерод – 30,5; зола – 62,5; летучие – 7,0. Графит имеет внешний вид от землистого до металлического блестящего, цвет – темно-серый, плотность 1,9–2,3 г/см³.

В Верхне-Уфалейском – Шайтанском районе известны мелкие проявления контактово-метасоматического типа.

В Свердловской области разведано крупное Мурзинское месторождение чешуйчатого кристаллического графита, являющееся одной из важнейших сырьевых баз этого минерала в России. Месторождение находится в Пригородном районе Свердловской области в 60 км к северо-востоку от ж/д станции Невьянск или в 45 км к северо-востоку от ж/д станции Реж, в 2,5 км от села Мурзинка.

Мурзинское месторождение является единственным разведанным месторождением графита в Свердловской области. Графитовая руда месторождения представлена биотитовыми и полевошпатовыми гнейсами, обогащенными графитом в разной степени, минеральный состав которых включает кварц (56–65%), плагиоклаз, биотит (17%), полевой шпат (25%), графит, циркон, гранат, пирит и другие. Графит в руде встречается в виде отдельных пластинок или крупных скоплений пластинок размером 0,18 * 1,3 или 0,08 * 1,7 мм, сливающихся почти в сплошные массы. Подсчитанные и утвержденные ГКЗ СССР запасы графитовой руды составляют около 10,5 млн тонн (15% от общего баланса РФ). Месторождение пока не эксплуатируется. Лицензия на недропользование выдана Уральскому научно-производственному предприятию (УралНИПП). Мощность вскрыши пород не превышает 3 м. Оценка качества сырья выполнена в соответствии с кондициями Главнеруда Министерства промышленности строительных материалов в 1953 г. Содержание углерода в руде составляет 5,8%. В результате технологического опробования получен концентрат с содержанием углерода 90,5% при извлечении углерода 92,3%. Концентрат обогащения по качественным характеристикам аналогичен Тайгинскому графиту; руда легко обогащается. При обогащении руды получен полевошпатовый концентрат, выход которого составил 20% от руды.

По состоянию на май 2004 года завершены работы по подготовке карьера к добыче графитовой руды. Полевошпатовый концентрат планируется производить как попутный продукт в количестве 50 тыс. тонн в год (первая очередь).

Для ввода в действие обогатительной фабрики и эксплуатации Мурзинского месторождения требуются инвестиции в сумме 540 млн рублей. При проектной мощности предприятия 5400 тонн графитового концентрата в год рентабельность производства составит не менее 30%.

Таким образом:

1. Урал располагает мощной сырьевой базой кристаллического графита, главным образом чешуйчатого (Боевское, Кыштымское, Полтавское месторождения). Для ввода в действие обогатительной фабрики и эксплуатации Мурзинского месторождения требуются инвестиции в сумме 540 млн руб.

2. Почти 50 % графита применяются в станкостроительной промышленности, 28% в химической, электротехнической и черной металлургии. В небольших количествах он потребляется в нефтедобывающей, геологической, медицинской и легкой отраслях промышленности.

3. В огнеупорной промышленности графит применяют как один из видов углеродсодержащего сырья в изготовлении изделий, предназначенных для выплавки и отливки металлов (тигли, пробки, стаканы, стопорные трубки и др.).

4. Графит – отличный сухой смазочный материал, применяемый в тяжелом машиностроении. Идет в производство специальных пластмасс, стеклогуглерада, используется в других производствах.

6. МАГНЕЗИАЛЬНОСИЛИКАТНОЕ СЫРЬЕ УРАЛА

Силикаты магния, наряду с глинами и кремнеземом, являются одним из наиболее важных видов керамического сырья. В отличие от магнезита, месторождения силикатов магния распространены исключительно широко, причем запасы, как правило, составляют миллиарды тонн, а очень часто вообще могут считаться неисчерпаемыми.

MgO образует с SiO₂ только два безводных силиката: ортосиликат (Mg₂SiO₄), называемый форстеритом, и метасиликат (MgSiO₃). Как правило, природный ортосиликат магния представляет собой твердый раствор ортосиликата оксида железа – фаялита (Fe₂SiO₄) в форстерите. Эти твердые растворы называются оливинами. Их состав отвечает формуле (Mg, Fe)₂SiO₄. Многие природные оливины содержат FeO в количестве до 10–15% и являются прекрасным сырьем для изготовления огнеупоров.

Оливин в определенных случаях образует мономинеральную породу – оливинит, которая, собственно, и является промышленным сырьем. Оливиниты представляют собой изверженную породу. Обычно вследствие воздействия влаги оливиниты с поверхности выветриваются, что сопровождается переходом большей или меньшей части кристаллов оливина в водный силикат магния – серпентин, а также брусит $Mg(OH)_2$ и $MgCO_3$.

Метасиликат магния $MgSiO_3$ (MgO – 40%, SiO_2 – 60%) известен в виде двух модификаций: клиноэнстатита и энстатита. Метасиликат магния, в отличие от форстерита, не является огнеупорным материалом и должен быть при технологической переработке переведен в ортосиликат магния. Подобно форстериту, метасиликат магния в чистом состоянии в природе встречается очень редко. Значительно чаще $MgSiO_3$ образует твердые растворы с $FeSiO_3$, а также и с рядом других силикатов (например, $CaSiO_3$, $MnSiO_3$). Если в твердом растворе присутствует только $FeSiO_3$, то такой метасиликат магния называется бронзитом, если же $FeSiO_3$ содержится в значительном количестве – гиперстеном. Общее название метасиликатных твердых растворов подобного типа – пироксены.

Породы, состоящие преимущественно из пироксенов, называются пироксенитами. Они еще больше распространены, чем оливиниты, но отличаются весьма изменчивым составом и часто содержат очень большое количество примесей, не позволяющих перерабатывать такие породы в огнеупоры. Кроме безводных силикатов известны многочисленные водные силикаты магния. Из них наибольшее значение имеют три гидросиликата: антофиллит – $7MgO-8SiO_2-2H_2O$; серпентин – $3MgO-2SiO_2-2H_2O$ и тальк – $3MgO-4SiO_2H_2O$.

Антофиллит относится к группе ромбических амфиболов, образует иногда волокна (антофиллитасбест).

Серпентин известен в виде двух модификаций: антигорита и волокнистого хризотила (хризотил-асбест). Серпентин является породообразующим минералом, распространенным весьма широко. Иногда он образует почти без примеси других минералов горную породу – серпентинит (змеевик).

Очень большое значение имеют породы, промежуточные по составу между оливинитом и серпентинитом – дуниты.

Тальк является одним из наиболее широко используемых видов керамического сырья.

6.1. Форстеритовое сырье Урала

Сырьем для производства форстеритовых изделий служат: оливиниты $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4 + \text{примеси}]$; серпентиниты $[3(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{примеси}]$; тальк $[3(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{примеси}]$; дуниты, представляющие собой оливиниты в стадии серпентизации, содержащие 45–60% оливинита и 40–55% серпентинита. Примесями во все эти породы входят оксиды NiO, CaO, MnO, Al_2O_3 , Cr_2O_3 и другие. Особенно вредны из них CaO и Al_2O_3 . Наличие CaO приводит к образованию неогнеупорного монтичеллита $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, а наличие Al_2O_3 – к образованию легкоплавкого кордиерита $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$.

Встречающийся в некоторых породах, например, в дунитах, брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ является полезной примесью.

Для оценки качества сырья имеют значения магниезильно-силикатный модуль MgO/SiO_2 , магниезильно-железистый модуль $\text{MgO}/(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ и потери при прокаливании. С увеличением значения модулей возрастает качество сырья, так как при этом порода будет более огнеупорной и потребует добавки меньшего количества оксида магния для связывания всего кремнезема в огнеупорный форстерит, а оксидов железа – в магнизоферрит. Потери при прокаливании характеризуют усадку породы при обжиге.

В наибольшей мере требованиям к сырью отвечают дуниты, состоящие в основном из оливина (иногда частично серпентинизированного) и 3–5% хромита.

Запасы магниезильносиликатного сырья в Уральском регионе практически безграничны. Дунито-серпентинитовый пояс, являющийся основным представителем этого сырья, прослеживается от Полярного до Южного Урала. Ниже представлены краткие данные наиболее интересных месторождений магниезильносиликатного сырья Урала (Иовского (Кытлымского), Уктусского, Нижнетагильского (гора Соловьева), Баженовского, Саратовского, Шабровского и других).

Нижнетагильское (Соловьевогорское) месторождение дунита расположено в 30 км юго-западнее г. Нижний Тагил. В плане месторождение представляет собой вытянутое в субмеридиональном направлении тело, длиной 13 км и шириной до 5,5 км в его средней части (район Соловьевой горы). Площадь составляет около 45 км². Месторождение залегает среди пород основного состава (амфиболитов и габброидов). Центральная часть месторождения сложена дунитами, занимающими более 2/3 его площади. Структура дунитов массивной текстуры варьирует от

мелкозернистых до пегматоидных (гигантозернистых). К крупнозернистым дунитам тяготеет хромитовая и платиноидная минерализация. Дуниты периферической части имеют более железистый состав. Дуниты данного месторождения подвержены серпентинизации, степень ее колеблется от 50 до 100 %, преобладают разности, серпентинизированные на 70–90%.

По минеральному составу дуниты неоднородны, главным образом по соотношению оливина и серпентина. Слабо серпентинизированный (ППП 7,7%), средне серпентинизированный (ППП 10,2%), и сильно серпентинизированный (ППП 15,44%). Дуниты разной степени серпентинизации различаются макроскопически. Слабо серпентинизированный дунит имеет крупнозернистый излом, светло-зеленую окраску. В дуните встречаются отдельные крупные зерна и гнезда хромита. С увеличением степени серпентинизации окраска породы становится более темной, излом – ровным, мелкозернистым. В слабо серпентинизированном дуните наблюдается повышенное содержание FeO и малое содержание Al_2O_3 и TiO_2 (табл. 6.1.). С увеличением степени серпентинизации содержание Al_2O_3 и TiO_2 растет, содержание SiO_2 и MgO уменьшается.

При пересчете на прокаленное вещество количество SiO_2 и MgO в пробах различается незначительно. Магнезиальный модуль (MgO/SiO_2) с увеличением степени серпентинизации уменьшается также незначительно, так как более серпентинизированные дуниты содержат большее количество брусита.

Таблица 6.1. Химический состав серпентинизированных дунитов

№ пробы	Степень Серпентинизации	Содержание оксидов %									
		SiO_2	$Al_2O_3+TiO_2$	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	Cr_2O_3	R_2O	ППП	MgO/SiO_2
1	Слабая	36,54	0,85	4,29	3,21	0,10	47,36	0,52	–	7,70	1,29
2	Средняя	35,78	2,53	4,12	1,62	0,10	45,99	–	–	10,2	1,28
3	Сильная	33,52	2,86	3,86	2,28	0,13	42,61	0,15	10,12	15,44	1,27

В пробе 1 содержится 6,44% брусита и 23,80% серпентина, в пробе 2 – 9,66% и 28,40% и в пробе 3 – 12,50% и 70,0% соответственно.

Кроме того, на основании подсчета баланса MgO в оливине и серпентине и количества этих минералов в породе можно предположить, что у дунита с большей степенью серпентинизации более высокое содержание MgO в оливине. Твердость дунитов по шкале Мооса около 6,5, но они очень хрупкие, истинная плотность – 2,61–2,70 г/см³, пористость – 0,2–4,5; огнеупорность – 1750–1850°C, отношение MgO/SiO_2 – 1,19–1,31%.

В южной части нижнетагильского массива на глубине 440 м встречены несерпентинизированные дуниты. Химический состав несерпентинизированных дунитов приведен в табл. 6.2.

Уктусское месторождение находится к югу от г. Екатеринбурга в междуречье рек Исети и Патрушихи (бывшая р. Уктусс) и Арамилки и занимает холмистую возвышенность, носящую название Уктусские горы. Площадь месторождения оценивается приблизительно в 50 км².

В строении месторождения принимают участие три главных группы пород: дуниты, кальциевые гипербазиты (верлиты и клинопироксениты), габброиды.

Дуниты слагают три крупных тела: Северное, Центральное, Южное. Дуниты Северного тела крупнозернистые до гигантозернистых (размер зерен оливина до 5 см). Железистость варьирует от 12 до 13%, в центре тела до 16–17% в контакте с клинопироксенитами.

Дуниты Центральной части тела однородные, сильно серпентинизированные, средне- крупнозернистой структуры со следами перекристаллизации. Железистость дунитов очень выдержанная (12–13%).

Таблица 6.2. Химический состав несерпентинизированных дунитов Нижнетагильского массива (по материалам О.К. Иванова)

Компоненты	Содержание мас., %			
	Мелкозернистые дуниты		Крупнозернистые дуниты	
SiO ₂	35,82	35,78	34,03	34,43
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	0,12	0,35	0,13	0,40
Cr ₂ O ₃	0,48	0,35	0,68	0,92
Fe ₂ O ₃	2,56	3,29	3,78	3,19
FeO	5,10	5,41	3,22	4,83
MnO	0,14	0,16	0,11	0,14
NiO	0,13	0,13	0,23	0,18
CoO	0,013	0,013	0,013	0,013
MgO	44,15	42,48	42,69	42,73
CaO	0,37	0,38	0,25	0,24
Na ₂ O	0,12	0,16	0,10	0,10
K ₂ O	0,05	0,005	0,05	0,05
CO ₂	0,60	–	0,84	0,72
H ₂ O	10,42	11,01	13,65	11,32
Сумма	100,16	99,57	99,80	99,27

Самое крупное Южное дунитовое тело. Структура дунитов мелко-среднезернистая, степень серпентинизации невысокая, составляет

20–30%, что существенно ниже, чем в дунитах Северного и Центрального тел. Железистость дунитов в центре тела составляет 9–10%, увеличиваясь к краю до 14–15%.

Химический состав дунитов и серпентинитов Уктусского месторождения представлен в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Химический состав дунитов и серпентинитов Уктусского месторождения

Вид сырья	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Cr ₂ O ₃	ППП
Дунит	33,44 – 36,81	0,05 – 2,10	6,33 – 13,43	0,57 – 5,11	Следы – 1,68	39,35 – 41,37	0,38	6,69 – 12,42
Серпентинит	38,14	1,28	3,93	8,30	0,15	41,24	–	8,53

Истинная плотность дунита – 2,77–2,87 г/см³. Пористость – 0,11–1,55%. Огнеупорность – 1750–1830°C. Отношение MgO/SiO₂ – 1,09–1,19.

Истинная плотность серпентинита – 2,80 г/см³. Пористость – 0,4–2,7%. Огнеупорность – 1750°C. Отношение MgO/SiO₂ – 1,17.

Иовское (Кыштымское) месторождение дунита расположено в 8 км к северо-западу от пос. Кытлым, в 40 км к юго-западу от г. Карпинска Свердловской области.

Район Кытлымского месторождения, несмотря на близость к промышленным центрам Северного Урала – городам Карпинску, Краснотурьинску, Серову, относительно труднодоступен. Наиболее крупный населенный пункт – Кытлым – находится внутри Кытлымского кольца гор, у подножия Косьвинского Камня.

Химический состав дунитов, (%): SiO₂ – 38,0–40,3; Al₂O₃ – 0,24–0,82; Fe₂O₃ – 1,79–4,39; CaO – 0,43–0,46; MgO – 45,21–49,03; FeO – 4,11–7,81; Cr₂O₃ – 0,48–0,85; ППП – 0,83–1,81. Фазовый состав дунита, (%): оливина – 80–85; серпентинита – 12–15; хромита – 1,0–1,5; магнетита – менее 1; брусита и других минералов – 1,2. Дунит представляет собой среднезернистую породу с массивной панидиоморфной структурой. Кытлымский дунит характеризуется незначительной степенью серпентинизации и потерями при прокаливании (менее 2%) и может быть успешно использован в качестве бессиликозной составляющей для изготовления теплоизоляционных вкладышей, а также в качестве сырья (без предварительного обжига) при производстве форстеритовых огнеупоров.

Истинная плотность дунита 3,0–3,2 г/см³; пористость 0,1–0,6%; огнеупорность – 1800–1850°C; отношение MgO/SiO₂ – 1,2–1,3.

Применение кыштымских дунитов позволит существенно сократить использование шамотных изделий, снизить расход периклазовых заправочных порошков, ликвидировать расход доломита для заправки, на 30–40% уменьшить расход магнезиальных изделий, существенно улучшить экологическую обстановку в огнеупорном, литейном и металлургическом производствах. До глубины 100 м массы дунитов составляет 50 млн тонн, а прогнозные по глубине тела месторождения, представляющего трубчатую залежь диаметром 1000 м свыше 1 млрд тонн.

Сарановское месторождение серпентинитов. Расположено в 8,5 км от ст. Бисер Свердловской области. В пределах месторождения известны Северный и Южный Сарановский массивы, Церковнорудничный, Теплогорский, Кырминская, Воронковская, Лшкинская и Шишимская группа массивов.

Северный Сарановский массив является самым северным массивом расслоенных интрузий Урала. Он находится в 60 км к северо-западу от г. Кушва, между ст. Лаки и пос. Сараны. Массив имеет меридианальное простирание, сложен серпентинитами, хромовыми рудами, апогаббровыми метаморфитами и секущими их дайками диабазов. Западная часть массива сложена дунитами (дунитовое тело), восточная – расслоенными хромитоносными гипербазитами, которые выходят на поверхность в виде трех изолированных тел. По расположению их относительно дунитов они названы северо-восточным, западным и южным.

Северо-восточное тело наиболее крупное. Породы, слагающее тело, представлены переслаивающимися хромитоносными дунитами, бронзитовыми дунитами, сплошной хромовой рудой, гарцбургитами. Чередование пород ритмичное.

В западном теле расслоенных гипербазитов локализовано месторождение хромитов Кедр. Тело расположено на западном контакте с дунитовым блоком, сложено талькокарбонатными и карбонат-антигоритовыми породами и хромовыми рудами. Локально проявлены полосчатые хромитсодержащие дуниты, бронзитовые дуниты, хромовые руды с пироксеновым (бронзитовым) цементом.

Южное тело расслоенных гипербазитов (месторождение хромитов Малая Выработка) находится в южном окончании северного Сарановского массива. Породы сильно серпентинизированы, хлоритизированы и оталькованы.

Южный Сарановский массив находится непосредственно к северу от ст. Лаки. Гипербазиты, представленные нацело серпентинизированными разностями и хромовыми рудами, слагают пластообразное тело мощностью от 20 до 240 м, длиной с севера на юг более 2 км, Дунитовый

горизонт располагается вдоль всего западного контакта массива и имеет мощность 160 м в северной, 20–40 м в центральной и около 100 м в южной частях. С глубиной мощность горизонта остается постоянной. В целом гипербазиты Южного Сарановского массива полностью серпентинизированы с образованием магнезит-лизардитовых и антигоритовых серпентинов. Антигоритовые серпентины характерны для восточной, а лизардитовые – для западной и центральной частей массива.

Химический состав сарановских серпентинитов представлен в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Химический состав Сарановских серпентинитов

Содержание оксидов, %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Cr ₂ O ₃	ППП
36,7	3,5	8,5	2,0	следы	35,2	–	10,8

Истинная плотность – 2,65 г/см³, пористость – 1,6–6,8%. Огнеупорность – 1510°C; отношение MgO/SiO₂ – 0,96.

Массив Рай-Из. Гипербазиты массива Рай-Из находятся на Полярном Урале, подразделяются на дунит-гарцбургитовый и дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс. Подкомплекс крупных дунитовых тел представлен двумя дунитовыми телами: Центральным, расположенным в южной части массива на водоразделе рек Макара-Рузь и Энга-Ю, и Южным – в юго-западном окончании массива.

Химический состав дунитов Энгайского участка представлен в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Химический состав дунитов Энгайского участка

№ образца	Содержание оксидов, %											
	SiO ₂	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	NiO	MnO	CO ₂	ППП
1	38,92	0,02	0,45	0,45	4,55	4,29	43	0,46	0,27	0,13	0,3	7,52
2	37,62	0,02	0,5	0,3	3,75	4,44	45,36	0,24	0,31	0,12	0,3	7,09
3	38,18	0,02	0,5	0,34	3,24	5,03	46,2	0,26	0,32	0,12	0,18	5,75
4	38,5	0,02	0,4	0,3	3,21	5,18	45,6	0,26	0,31	0,12	0,18	5,87

Ключевской офиолитовый массив находится в окрестностях Двуреченска, в 40 км к юго-востоку от г. Екатеринбурга. Он приурочен к южному обрамлению Мурзинско-Адуйского сиалического блока, сложенного древними породами сиалической коры и крупными гранитоидными массивами позднего палеозоя. Массив состоит из 4 структурно-вещественных комплексов:

- 1) дунит-гарцбургитового;
- 2) дунит-верлит-клинопироксенитового;
- 3) габбрового;
- 4) жильного габбрового.

Дунит-гарцбургитовый комплекс наиболее древний, слагает северную и центральную часть массива и представлен в основном апогарцбургитовыми и аподунитовыми серпентинитами с участками менее серпентинизированных разностей. Среднее содержание дунитов по разрезу составляет 24%, а средняя мощность дунитовых тел около 4 м.

Дунит-верлит-клинопироксенитовый комплекс распространен в южной и юго-западной частях массива. В основании комплекса залегают деформированные дуниты, часто подвергнутые интенсивному будинажу, отальковыванию и карбонатизации. Для дунитов характерны полосчатые текстуры, обусловленные неравномерной вкрапленностью хромшпинелида, мелкие зерна которого группируются вдоль параллельных плоскостей в тонкие полоски или цепочки. **Габбровый комплекс** развит преимущественно в западной части Ключевского массива и представлен вытянутыми в меридианальном направлении телами сильно деформированных полосчатых габброидов. Химический состав горных пород Ключевского массива представлен в табл. 6.6.

Таблица 6.6. Химический состав горных пород Ключевского массива (по материалам Л.Б. Хорошавина и Т.М. Головиной)

Компоненты	Содержание мас. %					
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	41,48	39,12	44,31	48,81	48,01	50,06
TiO ₂	0,01	0,01	0,07	0,12	0,19	1,06
Al ₂ O ₃	1,22	0,36	0,95	1,45	16,16	14,95
Fe ₂ O ₃	3,17	4,79	3,64	3,16	2,13	1,46
FeO	2,12	4,15	2,28	3,91	3,79	9,01
MnO	0,10	0,13	0,14	0,15	0,10	0,17
MgO	37,85	40,06	27,30	21,96	9,55	6,74
CaO	0,11	0,58	12,84	17,54	17,10	7,28
Na ₂ O	0,05	0,05	0,07	0,13	0,46	5,39
K ₂ O	–	0,02	0,04	0,04	0,05	–
P ₂ O ₅	0,03	0,05	0,03	0,03	0,01	0,22
ППП	12,83	10,97	8,98	3,02	2,68	2,55
Сумма	99,04	100,30	100,65	100,32	100,29	98,89

Баженовское месторождение серпентинита расположено в районе ст. Баженово-Асбест Свердловской железной дороги. Месторождение представлено волокнистой разностью серпентина – хризотил-асбестом. Химический состав, (%): SiO₂ – 40,44; Al₂O₃ – 1,40; Fe₂O₃ – 2,80; FeO – 0,18; CaO – следы; MgO – 40,58; ППП – 13,53. Огнеупорность – 1570°C, отношение MgO/SiO₂ – 1,0.

Хризотил-асбест находит широкое применение в различных отраслях промышленности и строительства – без него невозможно развитие современного транспорта и машиностроения. Как составная часть, он используется в изготовлении нескольких тысяч видов технических изделий.

Дуниты и серпентиниты Урала являются вполне доброкачественным сырьем для производства форстеритовых огнеупоров, а их запасы можно условно отнести к неисчерпаемым.

6.2. Тальк и тальковые камни Урала

Тальк – гидросиликат магнезия, химическая формула которого $Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2]$ или $3MgO-4SiO_2-2H_2O$; теоретический состав, (%): 31,70 MgO, 63,5 SiO₂, 4,8 H₂O; оксид магнезия в тальке часто замещается в небольшом количестве оксидом железа (до 2–5 %). Тальк обычно содержит примеси Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, CaO, реже NiO, MnO₂. Твердость талька по шкале Мооса равна 1, плотность – 2,7–2,8 г/см³, он обладает высокой кислотостойкостью и щелочеустойчивостью.

Обычно тальк встречается в природе в виде листоватых, чешуйчатых, волокнистых или зернистых агрегатов. Реже наблюдаются его кристаллы моно- и линейной сингонии, таблитчатого облика с весьма совершенной спайностью по (001). Цвет талька преимущественно белый, серовато-белый, однако в зависимости от наличия примесей изоморфных элементов или окрашенных механических частиц он может быть также зеленым, желто-оранжевым, красным и черным. Тальк редко образует чистые мономинеральные агрегаты. Вместе с ним присутствуют другие магнезиальные силикаты, карбонаты, кварц и др. Природные скопления талька в зависимости от количественного соотношения в них талька и других минералов принято делить на талькиты (не менее 75% талька, обычно 80–90%) и шльковские камни (менее 75% талька). Талькиты в меньшей мере, чем I тальковый камень, загрязнены примесями. Месторождения талька широко распространены в пределах Среднего и Южного Урала. Все месторождения талькитов и талькового камня относятся к гидротермально-метасоматическим образованиям и представлены весьма разнообразными и иногда очень сложными по форме и вещественному составу залежами, имеющими форму жильобразных тел, линз, гнезд, неправильных зон оталькованных серпентинитов и линейно-вытянутых зон тальковых, талько-хлоритовых и талько-хлоритово-карбонатных сланцев. Исключением из этих групп месторождений являются месторождения крупнолистоватого жильного талька.

Особенно много месторождений талька сосредоточено в Миасской тальковой провинции, которая охватывает часть Челябинской области и территорию Башкирии. Менее известна Сысертская провинция, а также районы развития тальковых месторождений: Режевский, Ишановский, Джетыгоринский, Киембаевский, Магнитогорский. В последнее время намечился район, примыкающий к Кара-Кулукскому месторождению (Южный Урал). Заслуживают внимания участки с проявлением маложелезистого талька – Вангырское месторождение асбеста на Полярном Урале и ряд других.

Ниже представлена краткая характеристика тальковых пород **Урала** (табл. 6.7).

6.2.1. Месторождения Миасской провинции

Миасская провинция складывается в основном протерозойскими и палеозойскими отложениями, гранитами и гипербазитами.

Протерозойские образования развиты, главным образом, на западе и антиклинории Урал-Тау. Они представлены кварцитами и слюдястыми сланцами, перемежающимися с гнейсами, амфиболитами, мраморами и другими кристаллическими породами; имеют большую мощность, смяты в складки и прорваны интрузиями гранитоидов. Протерозойские отложения имеют с палеозойскими тектонический контакт. Среди наиболее распространенных интрузивных пород района самыми древними являются гипербазитовые и ассоциирующие местами с ними габбропорфиры, габбро, кварцевые диориты и др. Ультраосновные породы и продукты их метаморфизма преимущественно приурочены к ядрам антиклинальных складок.

Широко развиты в районе гранитоиды (граниты, гранитодиориты, гранит-порфиры и др.). Наиболее крупные гранитоидные массивы в районе Тургорякский и Сыростанский.

Месторождения талька в Миасской провинции распределены неравномерно. С запада на восток выделяются следующие полосы размещения тальковых месторождений: Непряхинско-Чебаркульская, Узункуровская, Миасско-Уйская, Кимперсайская, Медведевская. Три первые полосы расположены в Магнитогорском синклинии, четвертая и пятая – в Восточно-Уральском поднятии. Мощность наносов на тальковых месторождениях изменяется от долей до первых метров.

Таблица 6.7. Характеристика тальковых пород Урала

Месторождение	Химический состав %,						Нерастворимый остаток,	Fe ₂ O ₃ растворимый в HCl, %	Белизна %	Запасы млн. тонн
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	ППП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Куйсаринское	57,0	3,07	6,22	0,76	Миасская провинция			2,16		0,871
					27,76	5,32	88,83			
Сыростанское Тальковый камень природный обогащенный	55,3-58,0 –	0,43–2,14 –	7,3–8,3 2,1–3,23	0,19–1,10 0,08–0,05	28,5–29,5 31,75–30,96	5,3–5,6 5,52–5,83	59,88–61,3	3,82–5,01	76,2–91,0	40,4
Гора Лиственная Талькиты	59,32	7,40	5,77	0,05	29,5	4,26				
Фамбуловское талькиты	58,02	1,99	6,35	0,75	28,45	4,55	90,44	2,03		
Абдул-Касимовское Талькиты	58,15	1,8	5,85	0,17	29,41	5,15	89,60	1,47	72,0	0,262
Кирабинское Талькиты	57,20	3,28	4,46	0,45	29,76	5,44	91,32	1,97		0,180
Западно-Медведское Талькиты	57,39	2,44	5,97	0,29	28,39	5,45		1,78		0,728
Красно-полянские Талькиты	51,08	6,65	7,54	1,89	25,39	7,77	80,75	2,46	78,0	0,486

Пугачевское Талькиты	57,22	2,33	5,67	0,37	28,62	5,79	88,43	1,42	70,4	0,581
Сыратурское Талькиты	56,5	1,75	6,48	0,09	29,67	5,40	86,45	1,88		
Запываловское Талькиты	57,47	2,96	5,94	0,05	27,07	5,14	88,1	2,42		7,485
Каратановские Талькиты	56,8	3,55	6,27	0,02	27,88	5,62	85,79	2,68		1,600
Шабровское Тальковый камень	30,66–	Сл.–1,40	2,81–	Сл.–0,90	Сысертская провинция					Более
	58,65				31,95–	6,25–	64,43				300,0
Хохулинское Талькиты Залежь 1 Залежь 2	59,82	3,25	5,19	0,43	28,74	5,16	90,34	1,01		
	56,74	2,44	5,22	0,33	28,30	4,33				
Киёмбаевское Тальковый камень	33,0–	0,6–0,8	6,0– 7,0	0,0–0,03	Месторождения, вне выделенных районов					110,0
	35,0				34,0–					
Чемпадовское Талькит, тальковый камень	54,46	1,48	9,21	0,26	27,19	5,81	95,5	1,57	86,0	78,0
	36,07	0,75	10,43	1,44	31,82	21,02					62,0	78,0

Непряхинско-Чебаркульская полоса. В Непряхинско-Чебаркульской (или Центральной) полосе расположено около 15 месторождений, большинство из которых можно объединить в две группы: Непряхинскую и Чебаркульскую. Некоторые месторождения (в том числе Кумлякское и у озера М. Еланчик) расположены обособленно.

Непряхинская группа

В эту группу объединены Куйгустинское, Сунукульское, Верхне-Карасинское, Куйсаринское, Непряхинское, Ежовая Гора и др. Для большинства месторождений характерна резкая вытянутость залежей при относительно небольшой мощности, т.е. большой коэффициент сплюсненности, а также типично ограниченное развитие серпентинитов непосредственно в пределах месторождений.

Куйгустинское месторождение расположено в 22 км к северу от г. Чебаркуль, вблизи озер Малое Миассово и Куйгусть (восточные предгорья Ильменского хребта). Выявлено 27 тальковых линз, большая часть которых приурочена к восточной полосе. Самая крупная линза имеет длину 660 м, максимальную мощность – 16,49 м, среднюю мощность – 2,46 м; она простирается вдоль восточной границы полосы. Талькиты, слагающие рудные тела, представлены в основном сланцеватой разностью, местами они плейчатые. Для талькитов месторождений всей непряхинской группы характерна примесь антофиллита. В краевых частях тел местами отмечаются тальк-хлоритовые и тальк-тремолитовые разности, а иногда и тальк-тремолит-антофиллитовые. Показатели преломления талька: $N_d - 1,588 \pm 0,002$; $N_p - 1,538 \pm 0,002$ (по двум образцам). Для талькитов месторождения характерно длиннолистоватое строение, затрудняющее их размол (длина листочков измеряется миллиметрами). Запасы месторождения по категориям А+В+С₁ – 1156 тыс. тонн. Месторождение является одним из крупнейших в районе и может рассматриваться как резервное, с перспективой освоения.

Сунукульское месторождение. Находится на северном берегу озера Малый Сунукуль. На месторождении развиты углистые кварциты, хлорит-серицит-кварцевые сланцы, плагиограниты, амфиболиты и различные продукты метаморфизма гипербазитов; тальк-актинолитовые, актинолит-хлоритовые, тальк-карбонатные породы и т.п. Одна из тальконосных зон простирается на 760 м, в ней выявлено 14 залежей талька; вторая зона простирается на 440 м, расположена к юго-востоку от первой зоны и включает три залежи тальков. По качеству сырья и морфологии залежей месторождение аналогично Куйгустинскому, но запасы его значительно меньше.

Непряжинское месторождение расположено в районе деревни Непряжино. Выделено 6 участков. Ряд линзовидных залежей тальцитов вытянуты на длину от десятков до сотен метров, мощность – 1,5–2,5 м. Кора выветривания местами достигает нескольких метров. Месторождение небольшое.

Куйсаринское месторождение. Объединяет два участка: первый расположен в 1 км севернее истока р. Караси, у восточного берега озера Миассово, второй – в 5 км севернее деревни Верхние Караси, в 3 км от северного берега озера Малое Миассово. На первом участке развиты углисто-кремнистые сланцы, хлоритовые сланцы, серпентиниты; здесь известно несколько вытянутых линз тальцитов длиной 100–300 м при мощности от десятых долей до первых метров; а также залежи тальк-карбонатных пород, из которых центральная имеет мощность около 100 м и длину свыше 1,5 км. Ориентировочные запасы тальцитов участка 24 тыс. тонн. На втором участке, кроме того, развиты зеленокаменные породы. Здесь выявлено 19 залежей тальцитов. Талькиты тесно ассоциируют с тальк-карбонатными породами, нередко окаймляют их вдоль контактов. Длина тальковых линз изменяется от 81 до 608 м, мощность – от 0,8 до 2,6 м. Мощность коры выветривания местами достигает нескольких метров. Средний состав тальцитов, (%): SiO_2 – 57; Al_2O_3 – 3,07; Fe_2O_3 – 6,22; Fe_2O_3 растворимый в HCl – 2,16; CaO – 0,76; MgO – 27,76; ППП – 5,32; нерастворимый остаток – 88,83. Запасы категорий B+C_1 – 683,5 тыс. тонн, категории C_2 – 187 тыс. тонн.

Верхнее-Карасинское месторождение расположено в нескольких десятках метров от деревни Верхние Караси. Здесь развиты углисто-кремнистые и хлоритовые сланцы, кора выветривания, различные талькосодеждающие породы (тальк-карбонатные, тальк-хлоритовые, талькиты). Талькиты тесно ассоциируют с тальк-карбонатными породами. Имеются четыре залежи тальцитов: длина их от 85 до 365 м, средняя мощность – 1,57–2,83 м. Самая крупная залежь расположена в центральной части месторождения. Она имеет субмеридианальное простираение. Мощность колеблется от 0,3–0,5 м до первых метров. Талькиты месторождения отвечают требованиям для керамической и резинотехнической промышленности. Запасы месторождения категории A+B+C_1 – 110,4 тыс. тонн, категории C_2 – 4,57 тыс. тонн.

Месторождение Ежовая Гора. Расположено в 3 км к юго-западу от деревни Верхние Караси. На месторождении имеется несколько залежей тальцитов, преимущественно связанных с площадями развития апогипербазитовых тальк-карбонатных пород.

Месторождения Непряхинской группы в основном небольшие. Залежи их маломощны (0,5 – первые метры), качество сырья – среднее. Благоприятное расположение группы позволяет рассматривать эти месторождения в качестве резервных.

Чебаркульская группа месторождений

К Чебаркульской группе относятся Шахматовское, Травяное, Чебаркульское и др. месторождения.

Шахматовское месторождение. Находится в 8 км к юго-западу от ж/д разъезда Шахматово. На месторождении имеется линза тальцитов в тесной ассоциации с тальк-карбонатными породами и серпентинитами. Длина линзы – 150 м, мощность – 5–15 м. Качество сырья вполне удовлетворительное.

Травяное месторождение. Находится в 3 км к югу от г. Чебаркуль, представлено небольшими телами тальцитов мощностью 0,2–0,7 м.

Чебаркульское месторождение. Расположено в 5 км к западу от ж/д станции Чебаркуль. Представлено несколькими небольшими телами тальцитов мощностью в десятки доли метра. В районе г. Чебаркуля широко развиты тальк-карбонатные породы, которые можно рассматривать как резерв тальковой промышленности.

Узункурская полоса. К полосе гипербазитов относят около 20 тальковых месторождений. Большинство из них имеет небольшие размеры, промышленное значение их сомнительно. Однако в этой же полосе расположено крупнейшее месторождение талькового камня – Сыростанское.

Сыростанское месторождение. Находится в 25 км к западу от ж/д станции Миасс. Месторождение приурочено к зеленокаменной полосе Урала в приконтактной зоне Сыростанского гранитоидного массива. На месторождении широко распространены кварц-хлорит-серицитовые сланцы филлит-кварцевой свиты нижнего палеозоя, углисто-кварцевые (кремнисто-углистые), углисто-глинистые, углисто-карбонатные сланцы и известняки карбона, серпентиниты, четвертичные образования; менее развиты гранитоиды, амфиболиты, хлоритовые сланцы, жильный кварц. Выходы коренных осадочных метаморфизованных пород образуют дугообразные полосы, направленные выпуклостью к юго-востоку. Сыростанское месторождение находится вблизи крупной тектонической линии нарушений, по которой древние метаморфические породы контактируют с зеленокаменными. Осадочные метаморфизованные породы, слагающие месторождение, падают на юго-восток в основ-

ном под углом 40–45°. Пострудные тектонические напряжения проявились в образовании грубой сланцеватости, отчетливо наблюдаемой в тальк-карбонатных породах месторождения. На месторождении выявлены три залежи тальк-карбонатных пород: две линзовидные залежи сравнительно небольшие по размеру и одна крупная пластообразная залежь, представляющая главный промышленный интерес.

Истинная общая мощность залежи (включая и серпентинитовые сланцы) составляет в среднем 58 м. Мощность достаточно хорошо поддерживается на глубину, и на глубине 220–280 м по падению по двум пересечениям в среднем равна 53 м.

Тальк-карбонатная порода имеет порфиробластовую структуру с лепидобластовой структурой основной ткани. Порфиробластами являются зерна карбонатов. Среднее содержание талька в породе составляет 57,8%, карбонатов – 39,4%, хлорита – 1,5%, магнезита и хромита – 1,3%, в незначительном количестве отмечаются гидроксиды железа (они особенно типичны для верхних горизонтов). В переходных разностях в оталькованных серпентинитах отмечается актигорит.

Чешуйки талька и их агрегаты ориентированы часто более или менее в одном направлении, обуславливая сланцеватость породы. Размер чешуек – десятки доли миллиметра (обычно до 0,3 м). Карбонат в основном представлен брейнеритом. Карбонаты образуют ксенобластичные и идиобластичные зерна диаметром в среднем 1,1 мм. Местами карбонаты показывают облачное до мозаичного угасание, что связано с пострудными деформациями. Магнетит образует неправильные выделения диаметром в среднем 0,032 мм (отдельные зерна от тысячных долей до 0,1 мм). В виде единичных зерен отмечаются хромит и хромовая шпинель. В тальк-карбонатной породе наблюдались псевдоморфозы талька по карбонату. Сыростанское месторождение разрабатывалось с 60-х годов XIX века с отдельными перерывами. В настоящее время здесь работает крупный карьер по добыче тальк-карбонатных руд. Сыростанское месторождение разрабатывается ОАО «Уралтальк». Его запасы составляют 17% от общероссийских, а добыча – около 40% от общей добычи талькового камня по Российской Федерации. Запасы по категориям В+С₁ – 22,1 млн. тон. по категории С₂ – 15,1 млн тон.

Петропавловское (Первопавловское) месторождение

Расположено в 24,5 км к югу от ж/д станции Миасс, на западном окончании Ленинского прииска. Приурочено к крупному змеевикомассиву и представлено стеатитовыми жилами. Вблизи жил змеевики перемяты, разбиты трещинами, имеются зеркала скольжения.

Наиболее крупные стеатитовые жилы имели мощность до 2–2,5 м и разрабатывались по простиранию на несколько десятков метров. Простирание жил преимущественно северо-восточное, падение западное, угол 70–80°. Контакты жил и змеевиков резкие, обычно представляют собой поверхности скольжения. Субпараллельно основной жиле расположено несколько более мелких. Месторождение в значительной степени отработано.

Федотовское месторождение. Находится на территории Ленинского прииска, талькиты приурочены к серпентинитам, в которых имеются линзообразные тела сиенит-порфиоров. На одном из участков месторождения прослежено шесть залежей талькитов длиной 20–25 м при максимальной мощности 0,4 м. Талькиты высококачественные – стеатиты. Тальк отрабатывается попутно с золотом. Практическое значение месторождения как талькового ничтожно.

Месторождение Сибирский Лог. Находится в 2 км к востоку от Ленинского прииска. Имеется семь маломощных линз талькитов, связанных с серпентинитами. Наиболее крупные из них имеют в длину 25 м, мощность – 1,5 м.

Малоземское месторождение. Расположено недалеко от Федотовского и с юга ограничено трактом Миасс – Ленинск. Здесь широко развиты хлоритовые и тальк-хлоритовые породы, кварцевые диориты и серпентиниты. Тальковые залежи расположены как среди хлоритовых пород, так и на контактах серпентинитов с кварцевыми диоритами, реже залегают непосредственно в серпентинитах. На месторождении выделено 10 залежей талькитов, имеющих линзообразную форму, длина их 15–50 м, мощность от десятых долей до 3 м, падение крутое. Талькиты представлены в основном стеатитовой разновидностью. Промышленное значение месторождения невелико.

Юртинское месторождение. Расположено в 8–9 км к юго-западу от г. Миасс. Месторождение сложено серпентинитами, туфо-порфировыми сланцами. Залежи талькитов приурочены преимущественно к контакту этих пород. Отрицательным моментом является «разбросанность» талькитов по площади месторождения, которое разрабатывалось до 1954 г. В настоящее время добыча не ведется.

К Узункурской полосе приурочены также небольшие месторождения: Нахаловское (у пос. Каскын), Ильинское (в 28 км юго-западнее г. Миасса), Каскынское (в 200 м к северу от пос. Каскын), Маяк (Мулдашевское – на правом берегу р. Большая Иремель), Чергес (3 км к югу от Ленинского прииска), Горы Медной (вблизи г. Миасс) и другие.

Миасско-Уйская полоса

В пределах полосы расположено свыше 30 месторождений: Кочневское, Краснополянское, Горы Листвяной, Чашковское, Поляков Лог, Ильменское, Бикиляр, Мишин Лог и другие.

Кочневское месторождение. Месторождение талькового камня, находится на юге Миасской провинции в 55 км к югу от ж/д станции Миасс. Разрабатывалось небольшими карьерами. Промышленное значение невелико.

Краснополянское месторождение. Находится в 28 км к югу от г. Миасс. Самая крупная залежь имеет форму сложной линзы, залегает среди углисто-серицит-кварцевых сланцев. Мощность около 75 м, длина по простиранию 215 м. Месторождение в значительной мере выработано. Добыча прекращена в середине 60-х годов прошлого столетия. Оставшиеся запасы по категориям А+В+С₁ – 486 тыс. тонн.

Месторождение Поляков Лог. Находится в 1,5 км от южной окраины г. Миасс. На месторождении развиты серпентиниты, углисто-кремнистые и хлоритовые сланцы, тальк-карбонатные породы, гранито-гнейсы. Состав талькитов очень непостоянен. Месторождение разрабатывалось карьером, но в связи с технологическими недостатками сырья добыча законсервирована. Возможно использование руд для отраслей промышленности, не требующих тонкого помола сырья.

Чашковское месторождение. Находится в 14–15 км к югу от г. Миасс. Приурочено к массиву серпентинитов, вмещающие породы – углисто-серицит-кварцевые сланцы палеозоя. Серпентиниты прорваны в основном крутопадающими дайками гранит-аплитов, на контакте с которыми развивается серия метасоматических зон, одна из которых тальковая. Качество сырья вполне удовлетворительное. Запасы небольшие.

Месторождение Горы Листвяной. Расположено в 10 км к юго-востоку от с. Черновское в северной части западного склона горы Листвяной, недалеко от Чашковского месторождения. Приурочено к массиву серпентинитов, рассекаемому жилами сиенит-аплитов. Мощность аплитовых жил от долей до 5 м. На месторождении развито несколько жилообразных тел талькитов, связанных с зонами контактов. Длина тел от 25 до 60 м, а мощность от долей до 1 м. Месторождение спорадически разрабатывалось старателями. В настоящее время является резервным.

Фамбуловское месторождение. Расположено вблизи тракта Устинове – Кундровы, в 7 км к востоку от деревни Устинове, приурочено к

контактной зоне серпентинитов и гранито-гнейсов. На месторождении широко распространены хлоритовые сланцы, меньше тальк-хлоритовые, тальк-актинолитовые, актинолитовые, а также тальк-карбонатные породы. Тальковые тела имеют линзовидную форму и вытянуты в меридиональном направлении. Установлены три залежи мощностью от десятых долей метра до 1,5–2 м и реже 8 м; по простиранию они прослеживаются на 90–123 м. Мощность залежей крайне не выдержана, нередко резко уменьшается с глубиной. На месторождении велась пробная добыча, в настоящее время представляет резерв.

Устиновское месторождение. Находится в 6 км к востоку от деревни Устинове, на горе Монаковой. Нередко его рассматривают как участок Фамбуловского, геологическое строение аналогично последнему. Запасы по категории C_1 – 190 тыс. тонн.

Месторождение Новое. Находится в 30–32 км к югу от г. Миасс. Талькиты месторождения связаны с серпентинитами, здесь известны как стеатит, так и тальковый сланец. Месторождение эксплуатировалось в небольших масштабах карьером. Запасы по категории $B+C_1$ – 76,5 тыс. тонн.

Месторождение Карпова Заимка. Находится в 30 км к югу от г. Миасс. Талькиты представлены тальковыми сланцами, реже стеатитом. Преобладают талькиты невысокого качества. К югу от месторождения отмечается ряд новых залежей, требующих дополнительных исследований.

Месторождение Бикиляр. Расположено в 7,5 км севернее с. Филимоново, в 7 км юго-восточнее талькового рудника Красная Поляна. Здесь развиты серпентиниты, углисто-кремнистые сланцы и зеленокаменные породы. Талькитами сложены Восточная, Западная, Южная и Архиповская залежи. Талькиты представлены стеатитами и тальковыми сланцами. Месторождение эксплуатировалось карьером. Запасы по категориям C_1+C_2 – 126 тыс. тонн. В настоящее время законсервировано.

Ильменское месторождение. Расположено в 1,2–1,5 км западнее от ж/д станции Миасс. Качество талькового сырья низкое. Месторождение в значительной степени выработано. Добыча прекращена из-за близости города Миасс.

В Миасско-Уйской полосе находится еще несколько небольших месторождений талька.

Кимперсайская полоса. В пределах Кимперсайской полосы выделяются местами «группы месторождений», близкие к категории «рудных

узлов» металлогенической терминологии. Здесь известны Кирыбинская, Козьмо-Демьяновская и Урал-Дачинская группа.

Кирыбинская группа

В эту группу входят широко известные Абдул-Касимовское, Кирыбинское и Пугачевское месторождения, а также несколько более мелких месторождений.

Абдул-Касимовское месторождение. Находится в Башкирии, в 3 км от аула Абдул-Касимова. Месторождение связано с серпентинизированными гипербазитами, залегающими среди хлорит-серицит-кварцевых сланцев предположительно ордовик-силурийского возраста. На контакте тальковой и хлоритовой зон местами развивается актинолитовая, мощность ее достигает первых метров. Актинолит образует игольчатые кристаллы длиной от 0,1–0,2 до 1–1,5 мм. В небольшом количестве наблюдается хлорит, длина листочков которого 0,04–0,2 мм. Тальковая зона представляет промышленный интерес. Ее мощность колеблется от 0,2 см до 7–8 м. В результате разведочных работ установлено 20 тальковых залежей, из них 4 промышленных.

Качество сырья высокое. Запасы по категориям А+В+С₁ – 259 тыс. тонн, по категории С₂ – 3 тыс. тонн.

Кирыбинское месторождение. Находится в Башкирии, в 6 км от с. Кирыбино. Тальковые залежи находятся на контакте гипербазитов и вмещающих пород, но значительное развитие талькиты получили внутри гипербазитового массива, на Центральном участке. Именно этот участок обладает рядом особенностей, присущих особому типу тальковых месторождений, выделяемому иногда под названием Кирыбинского. По качеству талькиты Центрального участка относятся к одним из лучших в Миасской провинции. В настоящее время добыча прекращена. Запасы по категории А+В+С₁ – 174 тыс. тонн, С₂ – 6 тыс. тонн.

Пугачевское месторождение расположено в 3,5 км к востоку от Кирыбинского и в 88 км к юго-западу от г. Миасс. На месторождении выявлено свыше 20 тальковых залежей. Две самые крупные прослеживаются вдоль западного тела (залежь 1) серпентинитов и вдоль восточного тела (залежь 2). Залежи 4, 5, 6 находятся на юго-западе, залежь 3 – в центре, залежь 7 – на северо-востоке месторождения. Почти все тальковые залежи приурочены к зонам контактов серпентинитов и вмещающих их пород. Наиболее протяженная залежь 1 (западная) простирается на 650 м; на поверхности имеет мощность 9 м, а на глубине 30–40 м и возрастает

местами до 17–23 м; залежь имеет сложную линзовидную вытянутую форму с серией апофиз.

Тальковые руды представлены в основном тальковыми сланцами, реже наблюдаются слабо рассланцованные стеатиты; отмечаются также тальк-хлоритовые и тальк-карбонатные разности. Месторождение в небольшом масштабе эксплуатировалось несколькими карьерами в начале 50-х годов прошлого столетия. Запасы по категории А+В+С₁ – 543 тыс. тонн, по категории С₂ – 38 тыс. тонн.

Кунахтинское месторождение. Находится в 8 км западнее с. Кирябинки. Известна всего одна залежь талькита, протяженность ее 65 м, мощность до 1 м. Залежь приурочена к контакту серпентинитов к вмещающим сланцам. Талькит рассланцованный, внешне напоминает кирябинский.

Абдул-Бахеевское месторождение расположено в 3 км северо-западнее от аула Абдул-Бакеево. Из четырех тальковых залежей наиболее крупная имеет протяженность 124 м, мощность 1,1–4 м. Она находится в зоне юго-западного контакта серпентинитового тела. Запасы 14,7 тыс. тонн.

Месторождения Кирябинской группы расположены достаточно компактно, качество сырья среднее. Вблизи проходит линия железной дороги Миасс – Учалы, поэтому целесообразно возобновление разработки месторождений при условии рудоразборки и сортировки на месте.

Козьмо-Демьяновская группа

Эта группа месторождений находится в Башкирии, в районе горы Малые Нурамы, в 38–45 км от ж/д станции Миасс. В группу входят месторождения: Старое Козьмо-Демьяновское, Залежь Юбилейная, Сашелюбинское, Залежь Новогодняя, Барсучий Перевал, Заячий Приют, Максимоны Горки, Ново-Абрамовский участок, Южный участок и др. Эксплуатация этих месторождений велась на протяжении более 30 лет.

Козьмо-Демьяновская группа месторождений приурочена к зоне глубинного Урало-Сакмарского разлома, по которому и внедрились гипербазиты. В центральной и восточной частях площади распространения месторождений талькопроявлений преобладают гипербазиты; к востоку развиты зеленокаменные породы Магнитогорского мегасинклинария. На западе площади преобладают кристаллические сланцы кембро-силурийского возраста, представленные преимущественно хлорит-серицит-кварцевыми сланцами и кварцитами. Кристаллические сланцы имеют в основном юго-восточное падение под углом 60–80°. Более молодые

дайки гранит-порфиров прорываются как гипербазиты, так и кристаллические сланцы. Мощность наносов в районе расположения месторождений Козьмо-Демьяновской группы преимущественно от долей до 1,2 м. Рельеф в районе холмистый.

Месторождение Залежь Юбилейная. Имеет форму сложной линзы, длина ее около 400 м, максимальная мощность 39 м; простирание северо-восточное. Центральная часть залежи, ограниченная с юго-востока и северо-запада гранит-порфирами, представлена стеатитами. От основной залежи отходят ответвления. Наиболее выдержана по мощности и по простиранию апофиза, приуроченная к юго-восточному контакту гранит-порфиров. Длина ее 140–150 м и вдоль северо-западного контакта прослеживается на 100 м.

Тальковые породы состоят из талька с небольшой примесью (6–12%) хлоритов (преимущественно пеннина), единичных зерен карбонатов (редко до 1%), единичных неравномерно рассеянных выделений пирита. Изредка встречаются порфиробласты тремолита, кристаллики сфена. В верхних частях залежи отмечаются в небольшом количестве гидроксиды железа.

Качество сырья Залежи Юбилейной, в особенности ее центрального ядра, высокое. Залежь в основном отработана картером, а затем и шахтой.

Месторождение Максимовы Горки расположено в 2 км к северо-востоку от Козьмо-Демьяновского рудника и в 200 м к юго-востоку от южной части месторождения Барсучий Перевал. На месторождении выделены три полосы тальковых пород. К западной полосе приурочены залежи талькитов 1, 4 и 8; к центральной залежи 2, 3 и 5; к восточной 6 и 7. Длина залежей колеблется от 35 до 150 м, мощность от 0,5 до 11 м; падение согласное с падением вмещающих пород. Расположенная на востоке наиболее крупная залежь, представляющая несомненно промышленный интерес, с глубиной выклинивается, расщепляясь на ряд мелких тел.

Месторождение Богдановы Горушки находится в 300 м к северо-востоку от месторождения Максимовы Горки. Установлены три линзы талькитов, связанные с телом серпентинитов. Наиболее крупная северная линза имеет длину 110 м, мощность в среднем 1,5 м. Южная линза прослеживается на 72 м, мощность ее непостоянна и достигает местами нескольких метров. Длина третьей самой мелкой линзы 60 м. Промышленное значение невелико.

Месторождение Барсучий перевал. Находится на юго-восточном склоне горы Барсучьей, к северу от месторождения Богдановы Горушки. Залежи тальцитов приурочены в основном к зонам контактов двух сложных линз серпентинитов и вмещающих кристаллических сланцев, представленных хлорит-серицит-кварцевыми, глинистыми и другими сланцами и кварцитами. На месторождении наблюдается две дайки гранит-порфиоров и ряд кварцевых жил. Тальковые залежи имеют длину от нескольких десятков до 100 м, мощность от десятых долей до 5–7 м, падение крутое.

Тальковые залежи слагаются талькитами, часть из них стеатиты. Известны также тремолит-тальковые, тальк-карбонатные и тальк-хлоритовые породы.

Месторождение Залежь Новогодняя находится на северо-востоке Козьмо-Демьяновской группы, являясь южным продолжением месторождения Максимовы Горки. Главная залежь тальцитов имеет форму сложной линзы с серией апофиз, длина ее около 160 м, мощность в центральной части 25 м, простирание северо-западное, падение в основном юго-восточное, местами северо-западное. Качество сырья достаточно высокое, но ниже месторождения Юбилейное. Месторождение в течение ряда лет отрабатывалось карьером, разработка прекращена в связи с выработкой части залежи, доступной для открытых работ.

Месторождение Сашелюбинское расположено в западной части Козьмо-Демьяновской группы в 500 м от рудника. Талькиты представлены сланцеватой разностью, содержащей обычно до 5–10% (реже до 20%) хлорита. Простирание пород северо-восточное, преобладающий угол падения 70–80°. Местами тальковые сланцы залежи имеют текстуру, внешне сильно напоминающую текстуру серицит-кварцевых сланцев, местами в таких талькитах отмечаются зерна кварца. Качество тальцитов месторождения хуже, чем залежей Новогодняя и Юбилейная. Месторождение частично отработано небольшим карьером. Возможна его дальнейшая отработка.

Старое Козьмо-Демьяновское месторождение. В состав его входят участки шахты 1, шахты 3 и Южный.

На участке шахты 1 известно пять залежей, они приурочены в основном к контакту массива гипербазитов с кристаллическими сланцами (хлорит-серицит-кварцевыми, углисто-кремнистыми и прочими). Вблизи залежей известна дайка гранит-порфиоров. Залежь Восточная прослежена по простиранию на 250 м и на глубину на 110 м, мощность 0,45–7,7 м (средняя 2,6 м). Залежь Средняя имеет длину 250 м, на глубину прослежена также

на 110 м, мощность 0,2–4 м (средняя 1 м). Три западные залежи прослежены по простиранию соответственно на 250, 500 и 90 м. Мощность первой составляет 0,2–6 м, второй – 0,1–22 м и третьей – 0,1–2,7 м. На глубину две первые прослеживаются на 100–110 м, а третья – на 50 м.

Все залежи имеют линзовидную четко видную форму с частыми переживаниями. Талькиты представлены стеатитами и тальковыми сланцами.

Южный участок находится вблизи шахты 3, которая отработана до горизонта 73 м и законсервирована в связи с небольшими запасами и нерентабельностью дальнейшей отработки. Тальковые залежи приурочены к контакту серпентинитов и кристаллических сланцев. Выявлено 15 линз талькитов, из них 8 отнесены к промышленным, мощность их составляет 0,5–16 м при длине 34–266 м.

Месторождение Заячий Приют находится в 0,8 км северо-западнее от Козьмо-Демьяновского. Установлено шесть линз и жилообразных тел талькитов, приуроченных к контактам серпентинитов и хлоритовых сланцев. Длина западного тела – 60 м, второго – 250 м, третьего – 59 м, четвертого – 100 м, пятого – 220 м, шестого – не менее 50 м; мощность тел от 0,4 до 3,8 м. Талькиты представлены стеатитами и тальковыми сланцами, причем первая разность внешне очень напоминает серпентиниты. Качество тальков среднее.

Сыратурское месторождение расположено в 10 км к югу от Старого Козьмо-Демьяновского. Тальковые залежи локализируются в пределах зоны контакта серпентинитов и кристаллических сланцев (преимущественно хлорит-серицит-кварцевых) и реже непосредственно в серпентинитах.

Расположение месторождений Козьмо-Демьяновской группы и удовлетворительное качество сырья позволяют рекомендовать возобновление здесь эксплуатационных работ.

Урал-Дачинская группа

Данная группа месторождений расположена в 25–30 км к юго-юго-западу от города Миасс, в 2–5 км от пос. Урал-Дача.

В районе развиты кремнисто-хлоритовые и хлоритовые, кварц-хлорит-сланцевые, углисто-кварц-хлоритовые сланцы; карбонатные породы нижне-каменноугольного возраста (известняки, доломитовые известняки, доломиты, мраморы), менее развиты зеленокаменные породы, кварциты, амфиболовые сланцы. Интрузивные породы представлены гранитами Атлянского массива. Серпентиниты развиты в 4–5 км к югу от месторождения, а на большем расстоянии также к северу и востоку. Для месторождений группы характерны следующие особенности.

1. Четкая приуроченность тальк-хлоритовых проявлений к осадочной толще, сложенной карбонатными породами.

2. Развитие среди пород продуктивной толщи метаморфизированных сланцев кварц-хлоритового и кварц-хлорит-серицитового состава.

3. Расположение месторождений вблизи Атлянского гранитного интрузива, хотя влияние последнего на процесс талькообразования нигде четко не отмечается.

4. Приуроченность тальк-хлоритовых образований к гипербазитовой металлогенической провинции, представленной в данном случае Кимперсайским серпентинитовым массивом, который контролируется Урало-Сакмарским разломом. На месторождениях серпентиниты не встречены, однако влияние их сказалось на химическом составе тальк-хлоритовых пород.

5. Пластообразный характер залежей.

6. Полиминеральный состав продуктивной толщи; кроме талька и хлорита развиты доломит, кальцит, кварц, различные плагиоклазы, хромшпинель и другие.

Тальк-хлоритовые породы Урал-Дачской группы слагаются следующими минералами: тальк, хлорит, доломит, кварц, кальцит (обычно магнезиальный), плагиоклаз, хромшпинель, турмалин, гематит, тремолит, магнетит; имеются также серицит, рутил, железистый доломит. Первые пять минералов резко преобладают, последующие редко достигают 1–2% объема породы. Выделяются два вида тальк-хлоритовых пород: кварц-тальк-хлоритовые и кварц-карбонат-тальк-хлоритовые.

Месторождение Урал-Дача. Расположено в 2 км от поселка Урал-Дача. В западной части развиты кварц-хлоритовые и кварц-хлорит-слюдистые сланцы, прорванные интрузией гранит-аплитов и гранит-порфиров. В центральной части месторождения находятся тальк-хлоритовые сланцы. Тальк-хлоритовые породы образуют крупную залежь – прослежена на 850 м, мощность от 10 до 140–150 м. В связи с перекрытием их на востоке четвертичными болотными отложениями истинная мощность не установлена, однако, по данным бурения она не менее 250–270 м. На севере тальк-хлоритовая залежь расчленена на серию более мелких тел, разделенных хлоритовыми сланцами. Сырье месторождения низкого качества, его можно использовать лишь в качестве наполнителя для ядохимикатов, а также, вероятно, в кровельной и в других отраслях промышленности, не требующих сырья высокого качества.

Месторождение Большая Поляна находится в 5–5,5 км к югу от пос. Урал-Дача. Залежь тальк-хлоритовых пород имеет субмеридианальное простирание, прослежена на 1700 м при мощности от 70 до 500 м. Залежь расланцована, падение сланцеватости обычно западное и северо-западное, реже оно меняется на восточное и северо-восточное. Среди тальк-хлоритовых пород встречаются линзы хлоритовых сланцев, доломитов, доломитовых известняков, а вблизи восточной границы выявлена зона брекчированных известково-хлоритовых пород, сцементированных известняковым и кремнистым цементом.

По качеству сырья месторождение Большая Поляна близко месторождению Урал-Дача.

Дунаевское месторождение является как бы естественным продолжением месторождения Урал-Дача. Тальк-хлоритовая залежь прослеживается на 400 м при мощности от 10 м на юге до 230–250 м в северной части. Простирается она в меридианальном направлении; в основном падение западное, реже северо-западное, восточное и юго-восточное. С запада и юго-запада тальк-хлоритовая залежь контактирует с гранитоидами, на юго-западе – с доломитовыми известняками, на востоке – с хлорит-серицит-кварцевыми и углисто-кремнистыми сланцами и гранитоидами. По составу и качеству сырья аналогично месторождению Урал-Дача.

Архангельское месторождение находится в 1–1,5 км к юго-востоку от месторождения Большая Поляна, отделяясь от него широкой заболоченной поймой реки Атлян. Тальк-хлоритовая залежь простирается в северо-западном направлении на 750 м, мощность ее колеблется от 80 до 240 м. С запада и северо-востока залежь контактирует с доломитами, с юго-востока – с гранитами. В результате выветривания верхней части залежи тальк-хлоритовые руды представлены дресвой, в остальном же их состав и качество аналогичны другим месторождениям Урал-Дачинской группы.

Кроме вышеохарактеризованных, к Кимперсайской полосе относится еще ряд месторождений, промышленное значение которых в большинстве случаев невелико: Марков Лог, Валежная Гора, Харитоновское, Погудина Гора, Атлянское и другие.

Медведевская полоса

Наибольшей известностью в пределах полосы пользуется Медведевская группа тальковых месторождений. Главнейшие месторождения:

Западно-Медведевское, Восточно-Медведевское, Запываловское, Южно-Медведевское. Кроме того, в нее включены талькопроявления Казабаевского участка и некоторые другие.

Западно-Медведевское месторождение расположено в 2,5 км от ж/д станции Бишкиль. Тальковые тела имеют сложное строение и залегают на крутом западном склоне серпентинитового массива, прослеживаясь с небольшими перерывами на протяжении 3150 м. Выделены четыре тальковые залежи, простирание их северо-западное, падение юго-западное, местами северо-западное (залежь 4), угол падения колеблется в пределах 40–88°. Залежи имеют форму вытянутых сплюснутых линз с местными раздувами до 11 м и пережимами до 0,15–0,2 м, часто расщепляющихся и выклинивающихся. Непрерывно наблюдаются включения вмещающих пород (серпентинитов, эффузивных пород, углисто-кварцевых и хлоритовых сланцев), которые усложняют форму тела. Основные рудные залежи сопровождаются обычно мелкими тальковыми линзами длиной от 10 до 135 м и мощностью от долей до 2 м.

Талькит представлен стеатитом и тальковым сланцем. Качество талька высокое. Разведанные запасы талькитов по месторождению утверждены ГКЗ, составляют 728 тыс. тонн.

Восточно-Медведевское месторождение. Здесь насчитывается 53 тальковых линзы, которые концентрируются в зоне непосредственного контакта серпентинитового массива с вмещающими породами или вокруг небольших тел серпентинитов среди углисто-серицит-кварцевых сланцев. По этому признаку часть линзы сгруппирована в тальковые залежи. Так, линзы талька 1–6, залегающие на контакте с породами сланцевой толщи, объединены в тальковую залежь 5, а линзы 7–24, приуроченные к серпентинитовому телу в юго-восточной части месторождения, образуют самую крупную тальковую залежь 6. Остальные тальковые линзы 25–50 также приурочены к небольшим телам серпентинитов в центральной части месторождения.

Условия залегания тальковых тел сложные, они имеют неправильную линзообразную форму, отличаются непостоянством простирания и распространением на глубину, часто обнаруживая резкие колебания мощности, которые приводят к быстрому выклиниванию или к большим раздувам местного значения. Размеры их самые различные, длина от нескольких десятков до 800 м, мощность от долей до 35 м с поверхности. Глубина залегания тальковых тел колеблется от 10 до 130 м по падению, при этом с глубиной уменьшается мощность. Наиболее крупные тела –

тальковые линзы 9–14 залежи 6, линзы 1 и 2 залежи 5 и линзы 27–31 в промежутке между залежами 5 и 6.

Тальковые тела на месторождении сложены четырьмя разновидностями талькитов: стеатитом, тальковым сланцем, «карбонизированным» тальком и обохренным рыхлым тальком, представляющим собой продукт выщелачивания тальк-карбонатной породы. Запасы талькитов по категориям $A+B+C_1$ – 2,02 млн. тонн, по категории C_2 – 11,3 тыс. тонн; запасы тальк-карбонатных пород категорий $A+B+C_1$ – 4,96 млн тонн, категории C_2 – 1,299 млн тонн. Имеются перспективы увеличения запасов.

Запываловское месторождение является наиболее крупным, как по размерам, так и по запасам талька среди месторождений Медведевской группы. Находится в 17 км к западу от Западно-Медведевского, северной границей непосредственно примыкает к юго-восточной окраине пос. Запывалово и протягивается от него в южном направлении.

Месторождение расположено на двух незначительных по высоте залесенных увалах, вытянутых в меридианальном направлении вдоль контакта порфиритов и зеленокаменных пород с породами метаморфической толщи, прорванной серпентинитами.

В пределах месторождения насчитывается 76 тальковых линз; они залегают субпараллельно, иногда кулисообразно. Размеры линз по простиранию варьируют от 26 до 1125 м, средняя мощность от 1,22 до 16,32 м. Большинство рудных тел обладает четко видимым строением и крутыми углами падения. Тальковые тела характеризуются сложными условиями залегания, непостоянством простирания и распространения на глубину, часто обнаруживают резкие колебания мощности, которые обуславливают быстрое выклинивание или значительные раздувы локального характера. Нередко тальковые тела по простиранию и, особенно, по падению ветвятся на несколько апофиз, которые либо выклиниваются, либо сливаются в одно общее тело.

На месторождении выделяются три разновидности талькитов:

– тальк рыхлый, светло-серого, иногда белого цвета, с желтоватыми и бурыми оттенками, в той или иной степени рассланцованный; эта разновидность возникла за счет воздействия гипергенных процессов в зоне окисления на тальк-карбонатные породы;

– талькит зеленовато-серого и серого цвета, рассланцованный, в приповерхностных частях рудных тел выветрелый;

– стеатит светло-зеленого цвета, массивный, иногда грубо рассланцованный.

Состав тальковых тел неоднороден, так как представлен несколькими разновидностями полезного ископаемого, в расположении которых не намечается какой-либо закономерности.

Запасы месторождения (без учета Южно-Запываловского участка) составляют 3,86 млн тонн. Прогнозные запасы Южно-Запываловского участка – 3,63 млн тонн. Запываловское месторождение является крупнейшим среди месторождений Медведевской полосы. Перспективы этой полосы и Медведевской группы не исчерпаны. Поиски следует проводить в южных частях Казбаевского массива и Запываловской тальковой зоны, для которой особенно типичны порошокватые разности талькистов.

Южно-Медведевское месторождение расположено у южного берега урочища Камыш-Куль и занимает незначительную возвышенность. Выделяют две тальконосные зоны, приуроченные к восточному и западному контактам серпентинитового массива. В восточной зоне расположена залежь 8, в западной – залежь 7. Обе тальконосные зоны протягиваются субмеридианально. В пределах залежи 7 выделяют тальковые тела 1–9, в пределах залежи 8 тела 10–14.

В строении тальковых тел месторождения не наблюдается никаких закономерностей в расположении различных по качеству участков полезного ископаемого. Это характерно не только для Южно-Медведевского месторождения, но и для всей Медведевской группы тальковых месторождений в целом.

Учитывая сложное строение тальковых тел и выклинивание многих из них с глубиной, следует считать перспективы Южно-Медведевского месторождения ограниченными.

Тальковые месторождения Казбаевского участка расположены в южной части Казбаевского массива серпентинитов. К ним отнесены: Северо-Казбаевское, Западно-Казбаевское, Каратановское.

Северо-Казбаевское месторождение расположено в 1,5 км к северо-востоку от с. Казбаево. Протяженность тальковой линзы 130 м, мощность от нескольких метров до 13 м. Линза сложена стеатитом, среди которого нередки псевдоморфозы талька по жилам хризотил-асбеста. Вторая линза залегает частично на контакте серпентинитов и вмещающих сланцев, частично непосредственно в сланцах; длина ее 650 м, мощность 10–25 м. Ориентировочные запасы не менее 400 тыс. тонн, в том числе около 300 тыс. тонн стеатита.

Западно-Казбаевское месторождение расположено в 1,9–2 км к западу от с. Казбаево. Установлено 12 линзовидных тел талька, приуроченных к западному контакту массива серпентинитов; отдельные из них

удалены во вмещающие породы, но не более чем на 130 м. Рудные тела слагаются рассланцованным тальком, иногда перемытым и выветрелым. Ориентировочные запасы (до глубины 20 м) 219 тыс. тонн.

Каратановское месторождение находится в 2–2,5 км к югу и юго-западу от с. Каратаново. Выявлено 7 талькитовых тел, тесно связанных с тальк-карбонатными породами. Эти тела имеют вытянутую линзовидную форму. Протяженность 300–1050 м, мощность 30–120 м, перспективные запасы велики — порядка 1–1,6 млн тонн.

Месторождения Медведевской группы представляют собой значительную сырьевую базу для тальковой промышленности. Запасы талька и талькового камня составляют 9,6 млн тонн.

Таким образом, среди тальковых месторождений в пределах Миасской тальковой провинции выделяют два основных типа:

- месторождения, приуроченные к зонам разломов, расположенных непосредственно в серпентинитах вне контакта их с вмещающими осадочными породами;

- месторождения, приуроченные к контакту серпентинитов с активными вмещающими их или включенными в них осадочными породами.

Все месторождения талькистов и талькового камня относятся к гидротермально-метасоматическим образованиям и представлены весьма разнообразными и иногда очень сложными по форме и вещественному составу залежами.

Балансовые запасы талька и талькового камня сосредоточены, в основном, в двух месторождениях: Сыростанском (тальковый камень 22,1 млн тонн) и Медведевском (тальк и тальковый камень 9,6 млн тонн). Сыростанское месторождение разрабатывается ОАО «Урал-тальк», добыча – около 40% от общей добычи талькового камня по Российской Федерации.

Куйгустинское месторождение является одним из крупнейших в районе и может рассматриваться как резервное, с перспективой освоения.

Качество талька Западно-Медведевского месторождения высокое. Залежи 1, 2, 3 и 4 наиболее благоприятны для открытой добычи.

Запиваловское месторождение является крупнейшим среди Медведевской полосы. Талькиты месторождения в основном относятся к керамическим сортам.

По качеству талькиты Центрального участка Кирыбинского месторождения относятся к одним из лучших в Миасской провинции. Подав-

ляющая часть разведанных руд (75,2%) относятся к керамическим и резиновым сортам. Качество сырья Абдул-Касимовского месторождения также высокое.

Качество сырья Сыратурского месторождения удовлетворительное, позволяет рекомендовать возобновление эксплуатационных работ.

6.2.2. Месторождения Сысертской провинции

В Сысертской провинции, более известной по месторождениям антофиллит-асбеста, находится целый ряд тальковых месторождений. Месторождения талькового камня разрабатывались еще в XIX веке. Здесь расположены Шабровское, Черновское, недавно разведанное Сысертское месторождения. Тальк-карбонатные породы, нередко содержащие характерную примесь антофиллита, широко распространены на многочисленных месторождениях антофиллит-асбеста. Ниже представлена краткая характеристика месторождений тальковых пород Сысертской провинции.

Шабровское месторождение расположено в 25 км от г. Екатеринбург. Месторождение связано с метаморфизованными гипербазитами, залегающими согласно среди углисто-серицит-кварцевых сланцев с линзами мраморизованных известняков и других пород Сысертской свиты. Гипербазиты в основном перешли в серпентиниты и тальк-карбонатные породы. Последние образуют сложную вытянутую линзу, разделенную на три залежи:

1. Большую Линзу – наиболее северную.
2. Новую Линзу, на юго-западе.
3. Старую Линзу – апофизу Большой Линзы.

Большая Линза имеет длину 2 км при мощности до 250 м. Внутри линзы имеются тела оталькованных серпентинитов, амфиболитов, хлоритовых пород. Верхняя часть залежи интенсивно выветрела и превращена в глиноподобные породы, которые ниже переходят в тальк-карбонатную дресву, а еще глубже дресва сменяется плотными тальк-карбонатными рудами. Мощность зоны выветривания обычно 5–15 м, но местами возрастает до 25–30 м. Линза слагается из талька, брейнерита; примесями являются хлорит, серпентинит, магнезит и прочие примеси.

Новая Линза имеет длину 600 м, мощность 150–350 м. Минеральный состав ее аналогичен Большой Линзе.

Старая Линза простирается на 1,8 км, мощность ее 50–180 м. Тальк-карбонатные породы состоят из талька, брейнерита, хлоритов. В качестве примеси – магнетит, гидроксиды железа, хромит, спекулярит.

Тальк-магнезитовый камень Шабровского месторождения имеет светло-серую окраску, слабо рассланцован, местами имеются прожилки карбонатов и талька; к прожилкам иногда приурочены хорошо образованные кристаллы спекулярита.

Месторождение относится к крупнейшим, запасы талькового камня на месторождении по категориям А+В+С₁ – 87,01 млн тонн, Сг – 52,5 млн тонн. Месторождение эксплуатируется Шабровским тальковым комбинатом.

Сысертское месторождение находится к северу в 3–12 км от г. Сысерть, в 12 км от Шабровского талькового комбината. Месторождение связано с меридианальной зоной тальк-карбонатных пород, развитых среди серпентинитов и амфиболитов. Выявлены четыре участка: Черемшанский (в 12 км к северу от города Сысерть), Южно-Черемшанский (в 6 км к северу от г. Сысерть), Северо-Каменский (к югу от Южно-Черемшанского) и Каменский. В пределах участков выявлено 140 линз талькитов, залегающих среди тальк-карбонатных, хлоритовых, актинолит-хлоритовых и других пород. Длина линз колеблется от 100 до 400 м (реже до 1100 м), при мощности 0,5–7 м. Залежи тальк-карбонатных пород прослеживаются в субмеридианальном направлении на сотни метров при мощности от 2 до 110 м. Данное месторождение подготовлено к эксплуатации. Запасы талькитов составляют 0,5 млн тонн, тальк-карбонатных пород – 25 млн тонн.

Чертовское месторождение находится в 5 км к западу от г. Сысерть. Представляет вытянутую крупную линзу тальк-карбонатных пород, залегающих среди графито-слюдистых сланцев. Запасы составляют ориентировочно 10 млн тонн.

Марайское месторождение находится в 10 км к юго-востоку от Шабровского. Приурочено к контакту серпентинитов и хлоритовых сланцев. Две линзовые залежи слагаются тальк-карбонатным камнем. Запасы сырья – 43,4 млн тонн.

Месторождение реки Каменки находится в 19 км к юго-востоку от разъезда Приискового Южноуральской железной дороги. Тальковые сланцы выходят в виде полосы меридианального простирания среди кристаллических сланцев. Месторождение не разведывалось, но эксплуатировалось разрезом длиной 125 м.

В Сысертской провинции известен еще целый ряд мелких или недостаточно изученных месторождений талька и талькового камня. К их числу относятся месторождения: 267 квартал Нижне-Исетской дачи (в 15 км от дачи Малой Седельниковой), 101 квартал Сысертской дачи

(восточная часть квартала), Кособродское (ж/д разъезд Косой Брод), Мраморское (2 км к востоку от ж/д станции Мраморское), 52 квартал Северо-Полевской дачи (2 км к северо-востоку от ж/д ст. Сысерть) и ряд других. Большое количество залежей талькового камня и ряд залежей талькистов вскрыто горными выработками в процессе поисково-разведочных и поисковых работ на антофиллит-асбест. В связи с наличием в районе крупного Шабровского месторождения талькового камня разведка этих месторождений в настоящее время нецелесообразна, их следует рассматривать как резерв отдаленного будущего.

Шабровское месторождение тальк-магнезитового камня относится к крупнейшим в Российской Федерации, в связи с этим разведка и разработка других месторождений Сысертской провинции в настоящее время не целесообразны и их следует рассматривать как резерв отдаленного будущего.

6.2.3. Режевский тальковый район

В Режевский тальконосный район объединены (с известной степенью условности) месторождения, расположенные на территориях Режевского, Алапаевского и Кировоградского районов Свердловской области. Здесь известны месторождения талька, местами образующие отдельные группы, местами разрозненные. Одна из групп тальковых месторождений сосредоточена непосредственно в районе г. Реж; в нее входят Режевское, Хохулинское и Каменское месторождения.

В районе развиты девонские и каменноугольные отложения, представленные карбонатными породами, глинистыми и кремнистыми сланцами, вулканогенно-осадочными пирокластическими породами и прочими; здесь широко развиты массивы серпентинизированных гипербазитов и более поздние гранитоиды.

Режевское месторождение расположено в 4 км к западу от ж/д ст. Реж. В строении месторождения принимают участие серпентиниты, серицит-кремнистые сланцы, а также различные продукты метаморфизма серпентинитов, небольшое количество даек гранитоидов.

Залежи талькистов находятся как в серпентинитах, так и в апосерпентинитовых тальк-карбонатных породах, в тальк-хлоритовых сланцах и на контакте серпентинитов с вмещающими серицит-кремнистыми сланцами. Наиболее крупными являются восемь залежей. Залежь 1 простирается на 200 м, мощность от 0,3 до 4,1 м. Залежь 2 простирается на

120 м, мощность 1,0–5,5 м. Залежь 3 имеет мощность 0,3–1,5 м, предполагается, что она простирается на 80 м. Остальные пять залежей по морфологии и размерам близки охарактеризованным. Качество сырья удовлетворительное. Месторождение весьма мелкое – запасы составляют 21 тыс. тонн.

Хохулинское месторождение находится на левом берегу реки Реж, в 15 км к северу от устья реки Острая. Здесь развиты серпентиниты, залегающие среди слюдисто-кварцевых сланцев карбона. Серпентиниты пересекаются дайками аплитовых амфибол-плагиоклазовых пород, вокруг которых развиты хлоритовые оторочки. Талькиты приурочены к зоне контактов этих оторочек с серпентинитами; при этом между талькитами и серпентинитами имеются апосерпентинитовые тальк-карбонатные породы. Тальковые тела отмечаются и с висячего, и с лежащего боков даек. Отдельные тела талькитов слагают на месторождении две основные залежи и ряд обособленных линз. Длина 1 залежи – 200 м, 2 залежи – 400 м, мощность отдельных линз, входящих в 1 залежь – 0,3–5 м, а во 2 залежь – 0,5–8 м. На месторождении преобладают талькиты, удовлетворяющие требованиям резинотехнической промышленности. Запасы до глубины 40 м по категориям C_1 и C_2 – 108 тыс. тонн. В настоящее время месторождение в резерве.

Месторождение Каменское 1. Месторождение находится в 1,5 км на юг от д. Каменки в Режевском районе. Здесь одна залежь талькового камня прослежена по простираению на 175 м, мощность 0,75 м.

Месторождение Каменское 2. Расположено к северо-западу от Каменское 1. Здесь широко развиты тальк-карбонатные породы, на контакте с дайкой гранитов выявлена залежь талькового сланца мощностью 0,2–0,8 м при длине 135 м. Запасы незначительны (5 тыс. тонн).

Месторождение Кшненское 3. Расположено в 2,5 км на юг от д. Каменки. Выявлено 8 залежей талькитов, приуроченных преимущественно к контактам тальк-карбонатных пород и даек гранитоидов. Длина залежей от 50 до 230 м. Запасы четырех залежей 52,6 тыс. тонн. Качество талькитов удовлетворительное. Месторождение находится в резерве.

Глухаревское месторождение. Оно находится в 1,5 км на северо-восток от д. Глухаревка Режевского района. Здесь имеется залежь талькового камня, запасы которого 14,2 млн тонн.

Соколовское месторождение. Месторождения Соколовские 1, 2 и 3 находятся соответственно в 1, 2 и 2,5 км западнее д. Соколовой Режевского района. Здесь имеются залежи талькового камня.

Месторождение Режевское 2. Находится в 13 км западнее ж/д ст. Реж. Вскрыта пластообразная залежь талькового сланца мощностью 1 м, прослежена она на 1,5 км.

Месторождение 13 квартала Монетной Дачи. Имеется линза талькита мощностью 1,2–2 м.

Месторождение Точильный Ключ. Находится в 16 км северо-западнее ж/д ст. Реж. На месторождении имеется залежь талькового камня.

Месторождение Верхне-Салдинское (Черноеское). Расположено в 4 км на юго-запад от ж/д ст. Верхняя Салда. Линзообразная залежь талькового камня приурочена к массиву серпентинитов, залегающих среди гнейсов и гранитов. Запасы – 23,3 млн тонн.

Месторождение Нижне-Салдинское находится в 2 км на юго-запад от ж/д ст. Нижняя Салда. Здесь рассланцованные тальковые породы залегают среди амфиболитов и мусковит-рогообманковых сланцев.

Месторождение Черный Мыс расположено в 3 км к юго-востоку от ж/д ст. Верх-Нейвинский. Мощная линза талькового камня в значительной мере отработана.

В Режевском тальконосном районе имеется еще ряд месторождений: Верхний Угол в 5 км к югу от ж/д ст. Мурзинка – имеется залежь талькового камня; Мурзинское в 5 км к юго-востоку от ж/д ст. Верх-Нейвинский – залежь талькового камня; Нейво-Шайтанское в 2 км от ж/д ст. Нейво-Шайтанский завод – залежь талькового камня; Теглев Мост – в 7 км к северо-востоку от Шайтанского Завода – тальковый камень.

Наряду с преобладающими месторождениями талькового камня, в районе имеется и целый ряд месторождений талькитов. Перспективы района на тальковое сырье большие, но в настоящее время здесь не известно крупных месторождений талькитов, заслуживающих внимания промышленности.

6.2.4. Оренбургский Урал

Месторождения и проявления талькитов в пределах Оренбургского Урала связаны с ультраосновными породами. Широкое распространение гипербазитов перидотитовой формации, претерпевших в ходе развития Уральской геосинклинали метаморфические преобразования различной интенсивности, обуславливает перспективность на тальковое орудне-

ние. По условиям размещения и генетическим особенностям месторождения и рудопроявления тальцитов отчетливо разделяются на две большие группы:

а) приуроченные к краевым частям в разной степени серпентинизированных гипербазитовых массивов на контактах с гранитоидами, сланцами и эффузивами (Киембаевский, Буруктальский, Аккаргинский и др.);

б) развитые по перекристаллизованным серпентинитам мелких тел и вмещающих их зеленым сланцам среди регионально метаморфизованных толщ Центрально-Уральского поднятия.

Ишановская группа месторождений

Рудопроявления и небольшие месторождения расположены в Кувандыкском районе Оренбургской области у поселков Ишаново, Карагай, Аптулла и Марченков. Ишановская группа месторождений объединяет ряд разрозненных тальконосных площадей, различных по размерам, но однотипных по строению рудных залежей, минеральному составу и генезису (Боевое, Сухой лог и др.).

Наибольшее количество тальковых залежей приурочено к сравнительно небольшой площади у д. Ишаново (20 км к северо-востоку от ж/д ст. Сара), где отмечаются наиболее крупные массивы оталькованных серпентинитов. Рудные тела залегают непосредственно в серпентинитах и на контактах последних со сланцами; реже наблюдаются среди сланцев. Преимущественно развиты линзо- и жилообразные тела, гнезда и скопления с неправильными очертаниями границ. Часто наблюдаются пережимы, прерывистость и раздувы на небольших расстояниях. Размеры и мощность рудных тел колеблются в широких пределах, но главная масса обладает небольшими размерами: по простиранию 40–250 м, по мощности 1–5 м. На глубину оруднение прослежено до 20 м.

Минеральный состав руд более или менее однообразен. Кроме талька, составляющего главную рудную массу, довольно часты карбонаты, хлориты, актинолит, фуксит, редок турмалин и рудные (лимонит по пириту, магнетит, хромшпинелид). Тальковые залежи крайне неоднородны по строению и невыдержанны по составу: талькиты перемежаются с тальк-хлоритовыми, хлоритовыми, актинолитовыми сланцами; встречаются участки тальк-карбонатных (тальк-магнезитовых) пород, прослой вмещающих слюдястых сланцев и тела серпентинитов.

Талькиты представлены двумя разновидностями: мелкочешуйчатым тальковым сланцем и стеатитом. Запасы талька, подсчитанные по

28 разрозненным линзам до глубины 20 м, составляют 249 тыс. тонн. Технологические испытания руд не проводились.

Киембаевское месторождение приурочено к северному контакту одноименного массива гипербазитов. Он расположен в восточной половине Оренбургской области на территории Светлинского района, в междуречье рек Славенка и Киембай, в 7 км юго-восточнее г. Ясного. В структурном отношении массив приурочен к Восточно-Уральскому прогибу и расположен в зоне сочленения Еленовско-Кумакского синклинория с Восточно-Ушкотинским антиклинорием. Киембаевское месторождение тальк-магнезитов приурочено к серпентинитам северной части плутона вблизи контакта с гранитоидами Акжарского массива.

С поверхности тальк-карбонатные породы представляют собой залежь крючкообразной формы длиной около 550 м и мощностью от 20 до 80 м. В вертикальном разрезе залежь имеет столбообразную форму с крутыми контактами. Линия контактов тальк-карбонатных пород с вмещающими серпентинитами неровная, извилистая. На глубине 200–300 м мощность залежи возрастает до 250 м, глубина выклинивания залежи не установлена.

По химическому составу киембаевские тальк-магнезитовые руды аналогичны шабровским и могут использоваться в производстве огнеупоров, тальк-магнезитовой муки и флотированного талька.

Общие запасы тальк-магнезитовых руд 110 млн тонн, в том числе кондиционных по категории С₂ – 83,8 млн тонн.

По условиям залегания и запасам для рентабельной добычи талька месторождения Ишановской группы не пригодны. Не исключена возможность кустарной добычи старательским способом отдельных рудных тел всех месторождений для нужд местной промышленности.

Киембаевские тальк-магнезитовые руды аналогичны шабровским и могут быть использованы в производстве огнеупоров, тальк-магнезитовой муки и флотированного талька.

6.2.5. Месторождения вне выделенных тальконосных районов Урала

В пределах Урала известны месторождения и проявления, не вошедшие в выделенные тальконосные районы. Причиной этого является недостаточная исследованность районов месторождений для обоснования новых тальконосных районов или провинций, или специфика геологических условий, ограничивающая количество месторождений рассматриваемого сырья в том или ином районе.

В целом Урал настолько богат тальконосными районами, провинциями, месторождениями, что его, вне сомнения, следует рассматривать как одну из важнейших тальконосных областей России. Ниже приведена характеристика отдельных месторождений, не вошедших в те или иные районы.

Черниговское месторождение расположено в Магнитогорском районе Челябинской области, в 6 км на восток от пос. Черниговка и в 10 км от ж/д станции Субутак. На месторождении имеется линза тальк-карбонатных пород (талькового камня), приуроченная к серпентинитам. Мощность линзы 30–65 м, длина 600 м. Запасы талькового камня по категориям В+С₁ – 4,23 млн тонн.

Джетыгаринское месторождение находится на территории г. Джетыгора Кустанайской области Казахстана. Запасы стеатита составляют миллионы тонн.

Кара-Кудукское месторождение находится в Актюбинской области Казахстана в 35 км к юго-востоку от ж/д станции Домбаровка Южно-уральской железной дороги. Запасы тальк-карбонатных руд по категории С₂ – 82 млн тонн.

Чемпаловское месторождение расположено в 15 км от г. Пласт Челябинской области в 3 км к востоку от пос. Чукса. Месторождение связано с Чемпаловским ультрамафитовым массивом, локализуясь в зоне его эндоконтакта с гранитоидами Коелгинского массива, и является продуктом гидротермально-метасоматического преобразования серпентинитов при формировании гранитоидного массива.

На всем протяжении (11 км) восточный контакт серпентинитов осложнен Чемпаловским разломом север-северо-восточного направления, который создал необходимую в массиве пористость, благоприятную для метасоматоза. Формирование тальковой залежи происходило под воздействием кремнекислых растворов, источником которых явился Коелгинский гранитоидный массив. В результате образовалась пластообразная залежь талько-магнезитовых пород мощностью 50–90 м, уходящая на большие глубины. Залежь прослежена на 2 км. Не исключено, что тальковые породы могут быть развиты на протяжении всего контакта, то есть 11 км. Наиболее детально залежь изучена на протяжении 800 м, изготовлении бытовых фарфоро-фаянсовых изделий, плиток для полов, показывающих максимальные сроки службы по сравнению с плитками из других видов керамики и стенового кафеля.

Для керамической промышленности наибольшую ценность имеют талькиты, которые используют без предварительного обогащения. Предпочтительно применение талька с низким содержанием оксидов железа, оксидов кальция и высокой дисперсностью.

В основном для керамики используется тальк с содержанием прокаленного, нерастворимого в соляной кислоте остатка от 80 до 90–93%, оксида магния в лучших сортах до 30% с белизной на уровне 60–70%.

Основным свойством талька, как сырья для керамической промышленности, является способность после обжига давать плотный и механически прочный черепок, отличающийся малой влагоемкостью, незначительной усадкой, химической стойкостью, низким термическим расширением, малой тепло- и электропроводимостью.

Промышленность строительной керамики применяет тальк для повышения термической стойкости капсельных масс, изготовления кордиритовых плит, стоек, гребенок и др. Для этих целей вполне пригодны тальки Шабровского и Сыростанского месторождений.

Большая часть низкосортного талькового сырья идет на изготовление периклаз-форстеритовых огнеупоров (до 1800°C), для футеровки металлургических печей, а также талько-магнезитовых огнеупоров (1400–1500°C) – цельнопиленых кирпичей для футеровки вращающихся цементных печей, топок тепловых агрегатов, где футеровка подвергается сильному разъеданию и, в частности, разъедающему действию основных и железистых шлаков.

В текстильной промышленности тальк используется для отбеливания хлопка и вывода жирных пятен, создания непромокаемых тканей, он увеличивает скольжение ниток шпагата и полотна.

Тальк идет на производство мягких цветных карандашей, асбестовых набивок, сухих огнетушительных смесей; в кондитерской промышленности применяется как полировочный материал – придает конфетам блеск и служит обсыпкой для дешевых сортов с целью предохранения их от слипания.

Этот материал является хорошим средством против слипания автомобильных камер и листов резины, рубероида и толи, применяется в виде смазок, необходимых при размоле цементного клинкера, в литейном деле и автотранспорте, в фармакологии как наполнитель и для изготовления детских присыпок.

Для промышленного получения талька в настоящее время широко применяется талькомагнезитовая руда, в состав которой входит около 50% талька, около 40% магнезита и небольшие количества хлорита, магнетита и хромита.

7. ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТОЕ СЫРЬЕ УРАЛА

7.1. Бокситы

Для производства высокоглиноземистых огнеупоров применяют как природное, так и искусственное сырье: гидраты глинозема, входящие в состав боксита (гидраргиллит, бемит, диаспор), корунд, минералы силлиманитовой группы – кианит (дистен), андалузит, силлиманит; искусственный, технический глинозем и электроплавленный корунд.

Бокситы – представляют собой продукты гидролитического разложения алюмосиликатов в процессе выветривания; они содержат рудные минералы в виде гидроксидов алюминия различной степени гидратации (гиббсит, бемит, диаспор) и оксида алюминия – корунда. Количество этих минералов в бокситах колеблется в широких пределах. Почти всегда в них содержатся водные силикаты алюминия (каолинит и реже другие минералы каолиновой группы).

Химический состав бокситов (табл. 7.1) непостоянный и колеблется в широких пределах: содержание глинозема – от 36 до 80%, оксида железа – от долей до 30%. Наиболее вредной примесью является кремнезем, содержание которого изменяется от долей до 10% и более; он присутствует в виде геля, кварца, а также составной части алюмосиликатов. Кроме того, в боксите присутствуют CaO, MgO, MnO, реже K₂O, Na₂O и другие оксиды.

Структура боксита: оолитовая, бобовая, плотная (яшмовидная), юмлистая. Цвет – темно-красный, красный, розоватый, серый, зеленовато-серый. По внешнему виду боксит похож на глину, но отличается от нее тем, что с водой не дает пластичной массы. Иногда боксит нельзя отличить от землистого бурого железняка; в таком случае необходимо произвести химический анализ. Боксит представлен химической осадочной породой, по другим данным – конечным продуктом выветривания магматических, метаморфических и осадочных пород в жарком тропическом климате (латеритное выветривание) или осадочным продуктом после растворения известняков атмосферными водами.

Месторождения бокситов на Урале сконцентрированы на Северном, Южном и Приполярном Урале и простираются полосой вдоль восточного склона, на котором боксит встречается в виде залежей неправильной формы. На Северном Урале – в трех бокситорудных районах – Северо-Уральском, Ивдельском, Карпинском, – в разное время открыты десятки месторождений и проявлений.

Из месторождений Северного Урала наибольшее значение приобрело месторождение Красная Шапочка. Боксит этого месторождения отличается малым содержанием SiO_2 , оно приурочено к полосе девонских известняков. Средняя мощность бокситового тела около 4 м. На Северном Урале месторождения бокситов известны вблизи Алапаевска – Соколовское, Богословское и другие.

В пределах района Южноуральских бокситовых рудников выделяют две пачки: нижнюю рудную и верхнюю – терригенно-карбонатную. Нижняя в районе Ново-Пристанской и Кукшинской групп месторождений, расположенных на северо-востоке Южноуральских бокситовых рудников, сложена внизу красно-коричневым, выше – серым слоистым бокситом и аллитом. К западу от этих месторождений нижняя пачка представлена железистыми бокситовыми породами с бобовинами и оолитами, затем оолитовыми пестроцветными бокситами Вязовской группы рудопроявлений и бемит-шамозитовыми железистыми рудами западного борта Сулеймановской брахиантиклинали.

На Южном Урале известны Кукшинское месторождение бокситов, недалеко от станции Сулея, Усть-Катавское, Варненское и другие. В Южноуральском районе бокситовых рудников предусмотрено проведение разведки на Улуирском месторождении. В связи с этим запасы бокситов в районе будут увеличены и обеспеченность рудника значительно повысится. Предусмотрено проведение общих поисков бокситов на Саткинской площадке и в зонах погружения формаций верхнего девона.

В Северо-Уральском бокситорудном районе предусмотрены продолжение разведки глубоких горизонтов Черемуховского и Кальинского месторождений и оценка перспектив месторождений до глубины 2000–2500 метров. Предусмотрено также проведение разведки бокситорудных участков в Ивдельском районе в целях обеспечения прироста запасов бокситов, пригодных для открытой добычи.

С позиций формационного анализа детальнее других изучен Северо-Уральский район. Здесь уже установлено, что к западу от Крутоловско-Коноваловского надвига, в Петропавловской зоне, бокситы образуют крупные месторождения, а к востоку, в Турьинской зоне, удалось обнаружить лишь бокситовые рудопроявления. Промышленные месторождения Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское, Сосьвинское и Северное разведаны детально. Все эти месторождения образуют Северо-Уральский бокситовый бассейн, который уникален в том плане, что здесь встречаются практически все известные среди девонских бокситов разновидностей руд, все формации бокситоносного комплекса, весь широкий спектр пород, входящий в состав рудных, рудовмещающих формаций.

К югу от Северо-Уральского – в Карпинском районе, известно полтора десятка бокситовых месторождений и рудопроявлений (Богословское, Талицкое, Тотинское, Западно-Тотинское, Шайтанское, Любвинское и др.). Из них промышленное значение имеет лишь Тотинское.

Ивдельский район насыщен бокситами больше, чем Карпинский. В нем известны месторождения сравнительно качественных бокситов, значительных по масштабам оруднения. В Ивдельском районе известно три десятка бокситовых месторождений и рудопроявлений (Суеватское, Лозьвинское, Люльхинское, Пешинское, Новое, Вижайское, Талицкое, Северо-Тошемское, Тошемское, Юртищенское, Наталовское, Горноставевское и другие).

На обширных площадях вблизи известных рудопроявлений Суеватского, Лозьвинского, Люльхинского, Вижайского, а также Талицкого месторождения могут быть открыты новые бокситовые залежи. Не исчерпаны перспективы открытия новых рудных залежей и к западу от Крутоловско-Коноваловского надвига, восточнее месторождений Северо-Тошемского, Парминского, Юртищенского и др.

Исследования последних лет, проводимые на Приполярном Урале, непосредственно к северу от известных промышленных скоплений девонских бокситов Северо-Уральского и Ивдельского районов, позволяют положительно оценить девонские образования Тагильской структуры с точки зрения возможной бокситоносности.

Девонские карбонатные образования северной части Тагильского среднепалеозойского погружения по возрасту и условиям залегания аналогичны бокситоносным формациям Северо-Уральского бокситового района.

На Приполярном Урале, в центральной части Северо-Сосьвинского бассейна (реки Манья, Лопсия, Нахор), толща девонских красных сланцев по положению в разрезе соответствует субуровневому бокситовому горизонту и служит его аналогом и перспективным районом на девонские бокситы. Выявлены проявления бокситов и высокоглиноземистых пород в пределах Карского синклинория – самого северного на западном склоне Урала.

В Южноуральском бокситорудном районе предусмотрено проведение разведки на Улуирском месторождении.

В Северо-Уральском бокситорудном районе предусмотрено продолжение разведки глубоких горизонтов Черемуховского и Кальинского месторождений и оценка перспектив месторождений до глубины 2000–2500 м.

Предусмотрено проведение разведки бокситорудных участков в Ивдельском районе в целях обеспечения прироста запасов бокситов.

7.2. Природный корунд

Система Al – O включает ряд кислородных соединений алюминия. Важнейшим из них является Al_2O_3 (глинозем). В природе оксид алюминия встречается в кристаллическом состоянии в виде минерала корунда ($\alpha-Al_2O_3$) и гидратов оксида алюминия. Корунд является порообразующим минералом. В природе корунд встречается как в чистом, так и (более часто) в загрязненном виде. Разновидности, окрашенные в различные цвета, представляют собой драгоценные камни (сапфир, рубин, лейкосапфир и др.) – в виде примесей в корунде находятся микроскопические включения магнетита (Fe_3O_4), железного блеска – гематита-магнетита (Fe_2O_3), оксида хрома Cr_2O_3 . Кроме того, встречаются, хотя и в значительно меньших количествах, кварц, известняк, рутил, хлорит, цианит, слюда и др. Зернистый корунд в смеси с магнитным железняком и небольшим количеством кварца называется наждаком. Более чистые разновидности корунда содержат 95–98% Al_2O_3 .

Корунд растворим в H_2SO_4 при температуре выше $200^\circ C$. Нерастворим в минеральных кислотах и щелочах.

Твердость корунда 9 (по Моосу), истинная плотность 3,9–4,1 г/см³ (в зависимости от примесей), огнеупорность, в зависимости от содержания оксида хрома Cr₂O₃, колеблется 1850 до 2030°C.

Образование корунда в основном связано с магматическими процессами, контактным или региональным магматизмом. Корунд обнаружен в некоторых бокситах (Северный Урал), он накапливается в россыпях – зерна и метакристаллы до 15–20 см в поперечнике (в районе Рай-Из, Полярный Урал), в корундо-полевошпатовых жилах (верховье реки Березовка, Кыштымский район), в пегматитах Ильменских гор, вдоль восточного берега озера Лертяш. В хлоритовых сланцах месторождения Косой Брод Свердловской области обнаружен наждак. Рубины и сапфиры встречаются в россыпях на территории Свердловской области. Однако содержание корунда в породе невелико, и эти месторождения не имеют промышленного значения.

В пегматитах Урала в россыпях по рекам Санарке и Каменке выявлены розовые топазы, а в Ишимских и Назямских горах – шпинель MgAl₂O₄.

Природный корунд используется для оптико-механической, подшипниковой и стекольной промышленности, в производстве абразивной бумаги и точильных кругов. Сведений о применении в настоящее время природного корунда для производства огнеупоров и керамики в Российской Федерации и за рубежом нет.

Борзоевское месторождение корунда расположено в 12 км от станции Кыштым Челябинской области. Месторождение приурочено к полосе гранито-гнейсов. Центральная часть месторождения сложена оливино-бронзитовыми породами и продуктами их метаморфизации (штинолитом и серпентинитом), в которых находятся жилы корундовых плагиоклазов. Последние состоят главным образом из плагиоклазов, корунда и шпинели. В меньших количествах присутствуют: биотит, пирит, хлорит, рутил, кальцит, апатит, титанит, циркон и другие минералы.

Содержание корунда в породе составляет около 60–70%. Месторождение почти совершенно выработано.

Химический состав бокситов и природных корундов Урала приведен в табл. 7.1.

Таблица 7.1. Химический состав бокситов и природных корундов

Урала

Месторождение	Содержание оксидов, %									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn O	CaO	MgO	R ₂ O	R ₂ O ₅	ППП
Бокситы										
Красная Шапочка	2,82	1,35	59,76	27,13						
Саршшское	До 8,9 88,8,9	–	52,7	10,27						
Соколовское	3,70	–	36,7	37,0						20,0
Алапаевское	До 13 1113	–	37,0	До 22						
Усть-Катавское	27,0– 29,08	1,22– 1,37	25,45 –6,31	28,24– 31,85						10,52 – 10,81
Корунд										
Ильменские горы			84,3	10,7	4,3					
Прииртошское	13,25		66,82	11,23		1,21	0,41	0,41	3, 18	2,25
Борцовское: Корундовый анортит Марундит	22,52 16,94	0,24	63,82 68.44	2,20 1,32	0,21	6,64 5,98	1,34 0,95	1,58 1,83		1,58 4,54

7.3. Кианиты Урала

В последние годы все больший интерес вызывают кианитовые (ди-стенновые) породы – кианит, андалузит и силлиманит. Минералы группы кианита являются модификациями одного и того же алюмосиликатного соединения $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ или $AlSiO_5$, и, следовательно, имеют один и тот же химический состав. Однако, несмотря на общность химического состава, эти минералы значительно различаются вследствие структурной индивидуальности по некоторым важным свойствам (табл. 7.2).

Таблица 7.2. Важнейшие свойства минералов кианитовой группы

Минерал	Сингония	Цвет	Удельная масса, г/см ³		Твердость по Моосу	Показатель преломления				Увеличение объема при перерождении, %	Температура начала кристаллизации муллита, °С
			до обжига	после обжига		n _g	n _m	n _p	n _g -n _p		
Кианит (дистен)	Три-клинная	Голубой, синий	3,56–3,68	3,0	4,5–7,0	1,728	1,722	1,713	0,016	16–19	1200–1350
Андалузит	Ромбическая	Серый, желтый	3,10–3,20	3,02	7,0–7,5	1,639–1,647	1,633–1,644	1,629–1,640	0,011	3–6	1350–1400
Силлиманит	То же	Серый, светло-зеленый	3,23–3,25	3,02	6,0–7,0	1,677	1,658	1,657	0,021	6–8	1500–1550

Между всеми тремя формами минералов кианитовой группы возможны полиморфные превращения при изменении температуры и (или) давления. Закалка всегда позволяет стабилизировать переход и сделать его необратимым. Однако наиболее активно такие превращения протекают в порошковых материалах в присутствии жидкой фазы и поэтому не могут иметь особого значения при промышленном обжиге кианита с целью получения тонкокерамических и огнеупорных материалов. Все три минерала при нагреве выше 1300°C с большей или меньшей скоростью разлагаются на муллит и кристобалит (или силикатное стекло). Конкретная температура фазового перехода зависит от дисперсности материала и наличия примесей. В идеале прошедшая до конца реакция может быть представлена следующим образом:



Именно эта реакция имеет практическое значение при производстве муллитокремнеземистой керамики и огнеупоров из минералов кианитовой группы.

Наибольшее использование находит кианит. При обжиге он значительно расширяется, в связи с чем при изготовлении муллитового кирпича его обычно подвергают предварительной термообработке. Так, при обжиге до 1500°C кианит увеличивает свой объем примерно на 11–16% только в том случае, если в состав массы он был введен в сыром состоянии в виде зерен размером от 0,54 до 3–4 мм.

Если тот же кианит был измельчен (до зерен размером в сотые доли миллиметра), то рост его объема при обжиге не превышает 2,0–2,5%. На этом и основан метод производства кианитовых изделий без предварительного обжига.

Огнеупоры, изготовленные из кианитовых концентратов, обладают преимуществами перед кварцевыми, высокоглиноземистыми и другими огнеупорными материалами.

Вследствие высокого содержания глинозема кианит может быть использован в производстве алюмокремниевых сплавов (силумина), а также металлического алюминия.

Введение кианита или его аналогов (силлиманита, андалузита) в количестве от 30 до 65% в состав фарфоровой массы позволяет получить после обжига при 1400–1550°C изделия с большим содержанием муллита, высокой прочностью (до 140 МПа при изгибе), термостойкостью и со значительным электрическим сопротивлением при повышенной температуре. Идея использования природных силикатов алюминия состава

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ в качестве сырья для изготовления огнеупоров, химически стойкой керамики, электротехнического фарфора и других видов тонкой керамики относительно нова.

Кианитовые минералы находят широкое применение в США в качестве добавки при изготовлении электротехнического фарфора, в производстве огнеупорных изделий. В Великобритании искусственный силлиманит используют для производства высокоогнеупорных изделий: из плавленного муллита получают стеклобрус для стекловаренных печей. В Германии на основе кианитовых пород получают высокоогнеупорные материалы.

В бывшем СССР производство огнеупоров из высокоглиноземистого природного сырья едва превышало 50 тыс. тонн в год. Россия и другие республики СНГ обладают большими запасами сырья группы кианита. Крупнейшие месторождения сосредоточены на Кольском полуострове, в Карелии. Забайкалье, Туве, на Алтае, в Якутии, в Казахстане, в Средней Азии, на Урале, Кавказе и Украине. Их суммарные запасы составляют 1 млрд тонн, что многократно превышает ресурсы всех остальных стран, взятых вместе.

По крайней мере, 20 рудопроявлений кианита, представляющих потенциальный промышленный интерес, расположены на Урале. Из них более 5 находятся в Челябинской области. Все они были открыты в 30–50-х годах прошлого века. Детальному изучению и доразведке большая часть рудопроявлений не подвергалась.

На Урале высокоглиноземистое сырье представлено только кианитом, лишь в районе Косулино (Свердловская область) обнаружены запасы лучистого андалузита. Прогнозные ресурсы на перспективных площадях Урала приведены в табл. 7.3.

Только на Сосновско-Абрамовской, Сысертской, Брусаянской и Карабашской кианитовых площадях запасы оценены в 28 млн тонн, что существенно для огнеупорных и других предприятий промышленно развитого Урала.

Согласно данным Восточного института огнеупоров (г. Екатеринбург) для основных металлургических и огнеупорных предприятий Урала (Богдановичский огнеупорный завод, Нижне-Тагильский, Челябинский, Магнитогорский металлургические комбинаты) в настоящее время требуются маложелезистый боксит и кианитовое сырье для изготовления ковшовых изделий специального назначения (продувка и вакуумирование стали), воздушнонагревательного и насадочного кирпича, легковесных

изделий, огнеупорных масс и заполнителей, производства стекловолоконистых огнеупорных материалов.

Таблица 7.3. Прогнозные ресурсы кианита

Перспективные участки кианитов		Среднее содержание кианита, %	Прогнозные ресурсы, млн тонн по категориям	
Название	Площадь залегания, км ²		P ₁	P ₂
Карабашский	25	17	–	1,9
Иткульский	11	8	–	1,7
Шумихинский	86	15,0	–	16,8
Сысертский	8	28	–	1,4
Брусянский	46,8	16	2,4	20,2
В т. ч Мало-Брусянский	1,8	16	2,4	–
Сосновско-Абрамовский	36	31	–	4–5
Борисовский	20,8	8,5	–	1,8
Синарский	29	8,5	–	3,4

Потребность предприятий Урала в высокоглиноземистом огнеупорном сырье составляет 300–400 тыс. тонн, в том числе для изготовления стекловолоконистых материалов – 50–70 тыс. тонн в год.

Все уральские месторождения кианита доступны для разработки. Практически все они расположены в экономически развитых районах, вблизи автомобильных и железных дорог.

Химический состав кианитов приведен в таблице 7.4.

Кианиты этих месторождений требуют обогащения из-за сравнительно низкого их содержания в добываемых породах. Руды имеют простой минеральный состав (кварц + кианит 90-95%, пирит + магнетит 5–10%), что существенно упрощает обогащение и позволяет создать на их основе безотходное производство концентратов (кианит – для получения глинозема, огнеупоров, силумина и керамики; кварц – в качестве формовочного песка, для стекольной и керамической промышленности, производства динаса; пирит – для выработки серной кислоты).

Содержание кристаллов кианита в породе **Борисовского месторождения** колеблется от долей до 26% и в среднем составляет 7,1% для россыпей и 8,5% для коренных залежей. Мощность россыпей 1,5–2,5 м, мощность вскрыши в среднем 0,7 м. Общие разведанные запасы кианита достигают 75 тыс. тонн, или 53 тыс. тонн чистого кианита.

Таблица 7.4. Химический состав кианитов

Месторождение кианитов	Массовое содержание, %								
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	щелочи	ППП
Борисовское	54,4	0,6	44,4	0,5		0,7	Следы То же	–	0,5
	35,8	0,4	63,0	0,7	–	0,6			0,5
	44,1	0,6	55,0 63,44	0,6		0,8			0,4
	33,25			9,48	0,05	5,54			
Михайловское	48,9 56,19	0,3 1,5	50,0 30,73	0,3 7,45	0,3 0,55	0,4 2,6	0,2 0,27	–	–
Мало-Каслинское	38,3	0,4	57,0	1,0					
	42,4		52,2	1,9					
	37,0		58,7	2,7		–			–
	28,2		59,4	8,9					–
34,3		62,9	0,8						
Карабашское (Егустинское)	37,42	–	56–60	1,0	–	–	–	0,3	–
Косулинское (лучистый андалузит)	36,73		61,7	0,2	–	–	–	–	1,76
Обогащенный концентрат	42,53	1,14	54,67	1,24	–	0,68	следы	–	0,92

– Теоретический состав кианита – 37,10% SiO₂, 62,90% Al₂O₃

Михайловское месторождение представлено непрерывной полосой кианитсодержащих сланцев. Мощность вскрыши 0,8 м, среднее содержание кристаллов кианита в руде 4,5–5%. Запасы кристаллов кианита на глубину разведочных выработок свыше 200 тыс. тонн, что в пересчете на чистый кианит составит 133 тыс. тонн.

Мало-Каслинское месторождение имеет две линзы сланцев, обогащенных кианитом. Средняя мощность вскрыши около 0,7 м. Грунтовые воды выступают на глубине 2,0–5,0 м, поэтому эксплуатация месторождения затруднена. Запасы – 5,5 тыс. тонн.

Карабашское (Егустинское) месторождение в настоящее время наиболее детально исследовано. Прогнозные ресурсы по категориям P_1+P_2 , рассчитанные до глубины 50 м с коэффициентом надежности прогноза 0,3–0,6, составили для Егустинского участка 587 тыс. тонн. Среднее содержание кианита в руде 21,2%, минеральный состав руд прост – кварц + кианит + мушкетит + магнетит, пирит, рутил (до 3%). Кианит мелкозернистый.

В пределах рудопроявления выделен участок с оптимальными горно-геологическими параметрами (минимальный объем вскрышных работ, выдержанный рудный горизонт при пологом залегании), пригодный для закладки в самое ближайшее время опытно-промышленного карьера.

Руды данного месторождения были многократно исследованы на обогатимость, а кианитовый концентрат и изделия из него – на огнеупорность и термостойкость.

В 1987 году шесть проб кианитовых кварцитов были изучены на обогатимость в лаборатории ПГО «Уралгеология» (г. Екатеринбург). Из всех проб получены концентраты с содержанием 45,09–57,73% Al_2O_3 и 0,86–2,0% Fe_2O_3 .

В последние годы ОАО «Уралмеханобр», ТОО «Алкам», лабораторией обогащения Уралгеолкома исследованы вещественный состав и обогатимость кианитов ряда уральских месторождений.

В процессе исследований, с учетом достигнутых технологических показателей, затрат на добычу и обогащение сырья и мировой цены на кианит, определено содержание глинозема, связанного с кианитом, для рентабельной переработки руд. Расчеты показали, что для рентабельной переработки кианитовых руд содержание Al_2O_3 в руде должно составлять не менее 15–20% (по кианиту 25–30%).

В табл. 7.5 приведены результаты обогащения кианитовых россыпей класса 25–2 мм в тяжелых суспензиях плотностью 2,8 г/см³ и термическим разупрочением кварца.

Таблица 7.5. Результаты обогащения кианитовых россыпей

Метод обогащения	Выход концентрированных кианитов % от россыпи	Массовое содержание, %					Извлечение Al ₂ O ₃
		Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	ППП	
Разделение в тяжелых суспензиях	2,0 0,8*	5,50 0,80	0,75 0,70	47,80 55,00	0,10 0,10	1,50 0,60	90,0 40,0
Термическое разупрочение	1,0**	1,00	0,75	54–56	0,10	0,40	50,0

*после доводки доизмельченного до 0,3–0,00 мм концентрата методом магнитной сепарации при напряженности поля 1200–1300 кА/м;

**материал крупностью 25–2 (1) мм, состоящий в основном из кварца и кианита, нагревают до температуры 700–900°C и резко охлаждают в воде, затем измельчают с выделением кианита класса 6 (10) – 2(1).

Таблица 7.6. Качественная характеристика кианитовых концентратов

Кианитовый концентрат	Выход, %	Массовое содержание, %					Извлечение, %	
		Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO		ППП
Проба 1, содержание Al ₂ O ₃ 17,8%	18–19	1,54	1,65	56,10	0,10	0,10	0,30	60–65
Проба 2, содержание Al ₂ O ₃ 10,1%	8–9	6,60	2,45	51,30	0,11	0,10	0,90	55–60

В табл. 7.6 показан выход и приведена качественная характеристика кианитовых концентратов Карабашского месторождения, полученных методом флотации.

При обогащении карабашских кианитов может быть попутно получено 2–3% слюдяного (мусковитового) продукта и 50–55% кварцевых песков, отвечающих требованиям ГОСТ 7031–75, в основном марки ПК–93 (>93% Al₂O₃, <0,3% Fe₂O₃ и TiO₂, <1% CaO).

Магнитной сепарацией в поле высокой интенсивности 1300 кА/м можно получить концентраты, содержащие: Fe₂O₃ – 0,7–1,5%; TiO₂ – 0,8–1,0%; Al₂O₃ – 52,0–57,0%. При этом выход кианита снижается на 0,5–1,0%.

Абрамовский участок (Сосновско-Абрамовская кианитовая залежь) относится к перспективным как для организации производства

обогащенного кианита, так и по прогнозным запасам сырья. Сосновский участок характеризуется пониженным содержанием глинозема в кианите (41–41,5%).

Кианитовые руды Мало-Бруснянского участка имеют линзообразную форму длиной 100–600 м, шириной до 60 м и мощностью 10–50 м. Они перекрыты зоной выветрелых пород, содержащих суглинки с включениями обломков кварца и кианита. Кианитовая минерализация связана с кварцитами, слюдисто-кварцевыми сланцами и амфиболитовыми гнейсами.

Лабораторией обогащения Уралгеолкома испытаны на обогатимость три пробы с содержанием Al_2O_3 от 13,1% до 16,2%. Основные породобразующие минералы – кварц, полевые шпаты, мусковит. Рудные минералы присутствуют в незначительном количестве, кианит представлен зернами флотационной крупности (0,3–0,03 мм).

На основании проведенных исследований предложены две технологические схемы обогащения: гравитационная с промежуточной магнитной сепарацией и без нее, и флотационная с доводкой кианитового концентрата и хвостов (кварцевого продукта) магнитной сепарацией в сильном поле. Лучшие результаты достигнуты при использовании флотационной технологии, которая позволяет получить кианитовые концентраты с содержанием Al_2O_3 50–55%, при извлечении 68–78%, при выходе 18–21%. Хвосты флотации рекомендованы для производства изделий тонкой керамики, изготовления сварочных материалов и др.

В Восточном институте огнеупоров из необогащенных кианитов, в основном кварцевого состава, получены алюмосиликатные изделия общего назначения, отвечающие требованиям ГОСТ 390–83. Изготовлены также огнеупоры марок ШУС и ПВ, которые могут применяться при температурах до 1250°C.

Кианитовое сырье можно также использовать в технологии производства шамотных огнеупоров без предварительного обжига (на Сухоложском, Богдановичском и др. заводах).

На основании проведенных исследований может быть разработан технологический регламент и выполнено технико-экономическое обоснование обогащения уральских кианитов, выбрано месторождение и определена мощность горно-обогатительного комбината. Проведенные работы дают возможность считать, что основными источниками сырья для производства обогащенного кианита на Урале могут стать Сосновско-Абрамовская и Бруснянская кианитовые залежи.

Для оценки и определения запасов кианита, уточнения содержания Al_2O_3 в сырье необходима постановка геологоразведочных работ, проведение укрупненных технологических испытаний с целью определения возможности использования полученных концентратов в производстве, как огнеупоров, так и тонкой керамики.

8. ПИРОФИЛЛИТ И ПИРОФИЛЛИТОВОЕ СЫРЬЕ УРАЛА

Пирофиллит – слоистый водный алюмосиликат ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$). Теоретический состав минерала: SiO_2 – 66,7%; Al_2O_3 – 28,3%; H_2O – 5,0%. В природных разновидностях пирофиллита отмечается наличие MgO (до 9%), FeO (до 5%), а также незначительных примесей CaO , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MnO и других компонентов. Разновидности пирофиллита представлены псевдопирофиллитом (содержащим до 9% MgO) и агальматолитом (пагодитом) – плотным агрегатом пирофиллита.

Кристаллы пирофиллита таблитчатые, пластинчатые, игольчатые; агрегаты – чешуйчатые и радиально-лучистые. Цвет пирофиллита белый с желтоватым или зеленоватым оттенком, бледно-голубой, сероватый, коричневатый до яблочно-зеленого. Твердость по шкале Мооса 1–2, после обжига повышается до 7–8. Плотность 2,66–2,90 г/см³. Пирофиллит жирный на ощупь, в порошке обычно обладает высокой белизной, достигающей 80% и более, причем его белизна повышается с повышением дисперсности. Пирофиллит гидрофобен, обладает низкой теплопроводностью и высокой огнеупорностью, химически инертен к действию сильных кислот и щелочей.

По своим физическим, технологическим и техническим свойствам пирофиллит близок к тальку. Тальк и пирофиллит различаются взаимодействием с нитратом кобальта, после прокаливания с которым тальк приобретает бледно-красную окраску, а пирофиллит – синюю. Отличают их также и по величине рН тонкоизмельченных образцов: для талька – 9, для пирофиллита – 6.

В природе чистые мономинеральные пирофиллитовые породы почти не встречаются. В зависимости от содержания минерала пирофиллита (в %), породы разделяют на пирофиллитовые (85–100%), кварц-пирофиллитовые (50–84%), пирофиллит-кварцевые (30–49%), диаспор-пирофиллитовые (50–70%), серицит-пирофиллитовые (50–80%), каолинит-пирофиллитовые (41–51%). По текстуре в России выделяют массивные

(агальматолиты) и сланцевые разности. В Уральском складчатом поясе известны все типы пиррофиллитового сырья, но наибольшее практическое значение имеют метасоматиты колчеданных месторождений и колчеданосных вулканогенных толщ. В числе основных объектов, подлежащих более детальному исследованию, необходимо рассмотреть Чистогоровское, Культ-Юрт-Тауское, Гайское и другие месторождения.

Чистогоровское месторождение расположено в 20 км к юго-западу от г. Миасс на западном борту Круглогорской синклинали, ограниченной одним из швов Главного Уральского разлома. Крылья синклинали сложены вулканогенными породами, представленными лавами и туфами андезитобазальтового, реже риолитового состава с линзами известняков и **фтанитов**.

Главные порообразующие минералы чистогоровского пиррофиллита – кварц, пиррофиллит; второстепенные – каолин, слюда, карбонаты, альбит, апатит, рутил, пирит, турмалин, серицит, хлорит. На верхних горизонтах залежи широко развиты гидроксиды железа. По результатам геологоразведочных работ на Чистогоровском месторождении усредненный минеральный состав сланцев представлен пиррофиллитом – 73,55%; кварцем – 23,9%; слюдой – 1,68%; карбонатами – 0,8%.

Пиррофиллит образует чешуйки, реже листочки длиной до 0,1 мм, толщиной 0,03–0,06 мм, которые формируются в агрегаты от тончайших (менее 0,01 мм) до крупночешуйчатых (более 0,2 мм). В сланцах агрегаты пиррофиллита образуют полосочки и линзочки, чередующиеся с полосочками кварца.

Кварц в сланцах наблюдается трех типов:

- 1) реликтовые вкрапленники кварца раздробленные и смятые;
- 2) кварц, распределенный равномерно по всей породе в виде мелких зерен;
- 3) кварц, расположенный полосами согласно сланцеватости. Чередование полосок разноразмерных агрегатов пиррофиллита и кварца обусловили структуру сланцев. Полосы волнисты и часто выклиниваются.

Выклинивание пиррофиллитовых полос происходит обычно тонкими клиньями с заостренными концами, кварцевых – толстыми клиньями с тупыми концами. По всей видимости, каркас из тонких, но крепких полосок кварца придает жесткость сланцам, но в то же время создает впечатление повышенных содержаний кварца при визуальном его определении.

Каолинит и серицит образуют неправильной формы чешуйки и линзочки, местами прослойки.

Рутил и апатит образуют местами скопления мельчайших кристалликов среди пиррофиллитовых агрегатов.

Химический состав кварц-пиррофиллитовых сланцев Чистогоровского месторождения представлен в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Химический состав кварц-пиррофиллитовых сланцев

Содержание оксидов, %											
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	ППП
70,82	0,551	21,01	0,64	н/о	н/о	0,87	1,37	н/о	н/о	н/о	3,94
71,27	0,57	21,11	0,94	н/о	н/о	0,82	1,02	н/о	н/о	н/о	4,06
72,73	0,45	21,01	0,19	н/о	н/о	0,83	0,65	н/о	н/о	н/о	3,50
73,52	0,29	20,80	0,21	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	4,16
80,03	0,38	15,04	0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,12	0,20	0,20	0,09	3,29
77,15	0,73	17,27	0,05	<0,05	<0,05	0,18	<0,1	0,18	<0,2	0,14	3,70

Пиррофиллит Чистогоровского месторождения отличается от пиррофиллитов месторождений Куль-Юрт-Тау и Гайского более крупным размером чешуек (0,01–0,2 мм) и окраской в агрегате (серые и темно-серые цвета).

Среднее содержание SiO₂ и Al₂O₃ в кварц-пиррофиллитовых сланцах Чистогоровского месторождения ниже теоретического в пиррофиллите на 1% и 2,4% соответственно. В четверти частных проб кварц-пиррофиллитовых сланцев содержание SiO₂ значительно ниже (до 44%), а Al₂O₃ значительно выше (до 42%) теоретического в пиррофиллите. Это указывает на присутствие в кварц-пиррофиллитовых сланцах Чистогоровского месторождения примесных минералов с повышенным содержанием глинозема.

Для кварц-пиррофиллитовых сланцев Чистогоровского месторождения характерен широкий разброс в содержании оксидов железа и титана от сотых долей % до первых %, составляя в среднем по месторождению 0,33% и 0,79% соответственно.

Технологические испытания кварц-пиррофиллитовых сланцев Чистогоровского месторождения проводились, главным образом, в «НИИ-Стройкерамика» в 1955–1956 гг. Установлено, что кварц-пиррофиллитовые сланцы могут быть использованы в керамической промышленности для изготовления технического фарфора, санитарного фаянса, облицовочной плитки и плитки для полов.

Лабораторно-технологические испытания кварцево-пиррофиллитовых сланцев данного месторождения были проведены в 1955 г. в

Уральском политехническом институте. Исследования показали, что химический состав проб кварцево-пиррофиллитовых сланцев, при условии тонкого измельчения, позволяет рекомендовать их для бумажной, резиновой и парфюмерной промышленности. Кроме того, они могут найти применение (в количестве 50–60% от общего состава масс) в производстве электрофарфора, хозяйственного фарфора, облицовочной плитки, для изготовления шамотных и полукислых огнеупорных изделий с низкой кажущейся плотностью. При этом разница в химическом составе проб не оказывает существенного влияния на качество продукции. Более того, изделия из проб с относительно пониженным содержанием глинозема и повышенным – кремнезема, характеризуются большей огнеупорностью.

В лабораторных условиях Южноуральского фарфорового завода также проведены работы по использованию кварцево-пиррофиллитовых сланцев Чистогоровского месторождения в составе фарфоровых масс. Результаты положительные.

Проведенные технологические испытания сланцев с различными соотношениями основных компонентов показали широкий диапазон возможного их применения. Однако эти результаты можно считать лишь ориентировочными. Требуется более детальное изучение месторождения и проведение испытаний с целью получения продукции, соответствующей современным требованиям. Суммарные запасы по категориям А+В+С₁ – 924 тыс. тонн до глубины 100 м.

Северная залежь расположена в 600 м северо-восточнее разведанной залежи Чистогоровского месторождения, на правом борту реки Татутарчанки. По своему строению Северная залежь подобна залежи Чистогоровского месторождения. Залежь прослежена по простиранию 4 канавами через 80–120 м; имеет установленную протяженность более 300 м и среднюю мощность 6 м. По простиранию данная залежь не оконтурена, по падению – не изучалась.

Форма залежи линзообразная. Вмещающие породы – порфириды и их туфы. Слагающие Северную залежь кварцево-пиррофиллитовые сланцы неоднородны, с непостоянным количественным соотношением кварца и пиррофиллита, различной степени рассланцованности. Сланцы весьма жесткие за счет значительного количества кварца, от тонко- до груборассланцованных. Цвет их от серого до темно-серого, в выветрелых разностях они окрашены гидроксидами железа в желтовато-бурый цвет.

В табл. 8.2 приведен химический состав кварцево-пиррофиллитовых сланцев Северной залежи.

Таблица 8.2. Химический состав кварцево-пиррофиллитовых сланцев Северной залежи

Компоненты	Содержание оксидов, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	ППП
Средний состав	67,29	20,94	1,27	0,559	1,64	1,64	4,34
Колебания от до	55,74	15,61	0,04	0,3	0,04	0,04	2,28
	75,94	27,84	3,6	1,02	5,58	5,58	6,94

Разведку Северной залежи целесообразно проводить лишь в случае получения положительного результата по Чистогоровскому месторождению и отметим, что геологические материалы по Чистогоровскому месторождению кварцево-пиррофиллитовых сланцев недостаточны. Для проектирования и ведения добычных работ. Для разведки предлагается участок недр площадью 15 га, включающий собственно Чистогоровское месторождение и вмещающие породы в пределах максимально возможного разноса бортов карьера при отработке месторождения на полную глубину.

Месторождение Куль-Юрт-Тау находится в 6 км от г. Баймак Республики Башкортостан. Месторождение совместно с отработанными золото-полиметаллическими месторождениями Графское, Троицкое, Новотроицкое образует единое рудное поле размеров 2 x 4 км. Большая часть его территории закрыта делювиальными отложениями. Широтные границы обусловлены выклиниванием зон рудоносных метасоматитов.

Рудовмещающие образования Баймак-Бурибайского комплекса представлены лавами дацитового, риолитового и андезитобазальтового состава, чередующимися с вулканомиктовыми тефроидами типа псаммитовых и псефилитовых туффитов. Лавы кислого состава фельзитовые и мелкопорфировые, зеленовато-серого и фиолетово-серого цвета, имеют подушечное сложение. Вкрапленники представлены кварцем и плагиоклазом. Зеленовато-серые риолиты характеризуются повышенным содержанием K₂O; фиолетово-серые разности чисто натриевые. Туффиты сложены обломками лав кислого и основного состава, кристаллов кварца и плагиоклаза, заключенными в алевритовый цемент. Среди субвулканических интрузий преобладают силлы кварц-роговообманково-плагиоклазовых риолитов. Более ограниченно развиты дайки диабазов и плагиоклазовых андезитов.

Важными элементами структуры рудного поля являются две зоны интенсивно расланцованных и гидротермально измененных пород. В восточной зоне серицит-хлорит-кварцевых метасоматитов, прослеживающейся на 2500 м при ширине 50–100 м, располагались небольшие линзо- и жилообразные залежи медно-цинковых руд. В западной зоне пиррофиллит-кварцевых сланцев и кварцитов располагается серно-колчеданная линза месторождения Куль-Юрт-Тау и развита прожилковая молибденитовая минерализация. Данная зона залегает субвертикально, имеет ширину 100–250 м и протяженность около 4 км. В ее составе выделены полосы апориолитовых пиррофиллит-кварцевых сланцев, аподацитовых хлорит-серицит-кварцевых сланцев с вкрапленностью пирита. В подошве залежи располагается полоса сульфидизированных кварцитов мощностью 3–10 м. В кровле рудного тела развиты апоалевритовые диаспор-серицит-пиррофиллитовые сланцы с будинами пиррофиллит-диаспоровых пород. Мощность этого горизонта, включающего отдельные потоки измененных подушечных риолитов, достигает 20 м.

Рудовмещающие метасоматиты на месторождении представлены пиррофиллит-кварцевыми сланцами, пиррофиллит-серицитовыми кварцитами, кварц-серицит-пиррофиллитовыми сланцами с линзами диаспоровых пород, сульфидизированными кварцитами. Строение сложенных ими тел изучено в пределах карьера.

Пиррофиллитовое сырье месторождения Куль-Юрт-Тау представлено следующими основными типами.

1. Пиррофиллит-кварцевыми и кварц-пиррофиллитовыми сланцами с переменным соотношением кварца и пиррофиллита и с незначительной примесью серицита.

2. Серицит-пиррофиллит-кварцевыми, пиррофиллит-серицит-кварцевыми и серицит-пиррофиллитовыми сланцами с содержанием щелочей 1,5–4%.

3. Диаспор-пиррофиллитовыми, диаспор-пиррофиллит-кварцевыми породами, пиррофиллитовыми и кварц-пиррофиллитовыми сланцами с содержанием Al_2O_3 более 20%.

Необходимость выделения данных типов пиррофиллитового сырья на месторождении Куль-Юрт-Тау определяется требованиями потребителей. Все типы сырья маложелезистые, средние содержания $Fe_2O_3 + FeO - 0,82-0,93\%$; $TiO_2 - 0,24\%$ (для диаспорсодержащих пород $TiO_2 - 0,75\%$). Таким образом, ценность сырья и его технологические свойства определяются содержанием глинозема и щелочей. Поэтому, помимо ря-

дового сырья – пиррофиллит-кварцевых сланцев с содержанием пиррофиллита 40–45% (Al_2O_3 – 11,7–12,3%), выделено высокоглиноземистое сырье с содержанием Al_2O_3 более 20%. Присутствие в пиррофиллитсодержащих породах щелочей исключает возможность их применения в производстве огнеупорных изделий, но улучшает их показатели как керамического сырья, в связи с чем было выделено щелочесодержащее сырье ($K_2O + Na_2O$ – 1,5–4,0%).

Химический состав наиболее распространенного типа пиррофиллит-кварцевого сырья месторождения Куль-Юрт-Тау представлен в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Химический состав пиррофиллитсварцевого сырья месторождения Куль-Юрт-Тау

Содержание оксидов, %							
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
83,15	0,25	11,0	0,21	1,98	0,07	0,06	2,22
83,59	0,23	10,77	0,10	2,01	0,08	0,07	2,13
83,76	0,23	11,62	<0,10	1,91	0,010	0,06	2,21
81,53	0,23	12,68	<0,10	1,73	<0,010	0,05	2,63
81,54	0,24	12,79	<0,10	1,69	0,05	0,08	2,77
81,42	0,25	12,78	<0,10	2,05	0,96	0,40	2,05
81,58	0,27	12,98	<0,10	1,62	0,14	0,12	2,70
81,99	0,27	13,26	<0,10	1,44	0,06	0,09	2,55
81,84	0,24	12,39	0,45	1,15	0,13	0,14	2,60
80,49	0,27	13,95	<0,10	1,08	0,14	0,14	2,90
82,24	0,25	12,41	<0,10	1,51	0,12 0,10	0,10	2,49

На месторождении Куль-Юрт-Тау в пиррофиллит-кварцевых сланцах содержание кварца составляет 50–55%, пиррофиллита – 40–45%, кремнезема – 79–82%, глинозема – 10–12%, суммы щелочей – 0,5–1,0%, суммы оксидов железа, марганца, титана – 0,8–1,2%.

Технологические исследования пиррофиллитового сырья месторождения Куль-Юрт-Тау, выполненные в последние годы, показали возможность его использования в керамической и огнеупорной промышленности. По данным НИИ Стройкерамика установлена пригодность пиррофиллит-кварцевого, низкощелочного сырья для производства облицовочной и фасадной плиток, санитарных керамических кислотоупорных изделий.

Сотрудниками Уфимского филиала Росортгехстром установлена возможность использования пиррофиллитового сырья в производстве термокислотоупорной плитки марки ТКШ - ПС-7 в соответствии с требованиями

ГОСТ 961-79 для первой категории качества. В состав массы вошли: электрокорунд – 65%; кварц-пиррофиллитовые сланцы – 23%; фосфатное связующее – 12%. В Уральском политехническом университете проведены испытания пиррофиллитсодержащих пород с получением опытной партии плиток на конвейерных линиях Екатеринбургского завода керамических изделий. Лучшие свойства показали образцы на основе массы следующего состава: кумакская глина – 50%, кварц-пиррофиллитовые породы – 30%, нефелиновый сиенит – 20%.

На Южноуральском фарфоровом заводе пиррофиллитсодержащее сырье опробовано в составе бытового фарфора. Качество изделий удовлетворяет требованиям ГОСТ 28390–89.

В 1991–1992 годах на рудном поле Куль Юрт-Тау проведены поисково-оценочные работы. По их результатам запасы пиррофиллитового сырья по категориям C_2+P_1 , подсчитанные в контурах предполагаемых карьеров, составляют 18 млн тонн.

Гайское медно-цинко-колчеданное месторождение расположено в 30 км к северу от г. Новотроицка Оренбургской области. В центральной части рудного поля месторождения откартированы в промышленных масштабах пиррофиллитсодержащие метасоматиты. Они приурочены к периферии экструзивно-эффузивного купола дацито-риолитового состава. Эта часть купола характеризуется пестрым фациальным составом пород, превращенных в серицит-кварцевые и кварц-пиррофиллитовые метасоматиты. Среди них выделяются массивные апориолиты с псевдоморфозами серицит-кварцевого состава по плаггиоклазу, рассланцованные серицит-кварцевые и пиррофиллитовые метасоматиты с прослоями апотерригенных пород.

Основная залежь пиррофиллитового сырья прослежена по простиранию на 240 м и имеет мощность 50–65 м. В поперечном разрезе залежи выделяются две части: *восточная* – протяженностью 150 м и мощностью до 50 м, имеет однородное строение и сложена метасоматитами кварц-пиррофиллитового состава, а в *западной* – преобладают метасоматиты кварц-серицит-пиррофиллитового состава с пластовыми телами подушечных апориолитов (превращенных в серицит-кварцевые метасоматиты), линзами пиррофиллит-диаспоровых пород и пиррофиллитов.

Серицит-пиррофиллитовые сланцы желтовато-серого цвета характеризуются однородносланцеватой текстурой. Основная масса представлена листоватым или чешуйчатым агрегатом пиррофиллита и серицита с лепидобластовой структурой. Диаспор-пиррофиллитовые метасоматиты

представлены массивными породами розовато-серого цвета. Содержание диаспора в породе достигает 15%, что отражает повышение глиноземистости этих разновидностей метасоматитов. Химический состав пиррофиллитового сырья Гайского месторождения представлен в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Химический состав пиррофиллитового сырья Гайского месторождения

Содержание оксидов, %											
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + FeO	MnO	MgO	CaO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O ₅	ППП
75,29	0,52	16,15	2,35	0,05	0,22	LS ⁵⁷		0,21	0,52	0,08	3,84
71,78	0,86	20,46	0,63	0,05	0,19	0,20	0,10	0,32	2,55	0,06	3,12
75,94	0,52	13,42	3,16	0,02	0,04	0,53	i_0J3	0,25	1,10	0,05	3,75
77,91	0,55	14,51	1,99	0,02	0,06	0,40	0,62	0,09	0,43	0,05	3,04
75,35	0,59	16,64	1,87	0,02	0,04	0,49	0,29	0,13	0,50	0,06	3,57

Выделенные части залежи различаются по химическому и минеральному составу, что позволяет выделить два типа сырья: низкощелочное и с повышенной щелочностью. Первый тип (восточная часть залежи) является умеренно железистым (Fe₂O₃ + FeO – 2,3%) и умеренно глиноземистым (Al₂O₃ – 16%), содержание в нем оксидов щелочных металлов Na₂O + K₂O составляет в среднем 0,7%. Второй тип сырья слагает западную часть залежи и характеризуется низкими значениями Fe₂O₃ + FeO + TiO₂ – в среднем 1,5%, содержание Al₂O₃ достигает 20,5%, щелочность 2,9% при отношении K₂O/Na₂O – 7,0.

На Гайском месторождении содержание кремнезема в породах составляет 69–79%, глинозема – 15–21%, суммы оксидов железа – 0,4–2,5%. Сульфиды и карбонаты в оконтуренных залежах практически отсутствуют.

Пиррофиллитсодержащие метасоматиты Райского месторождения были использованы в различных производствах. В НИИСтройкерамика проведены исследования пиррофиллитового сырья для производства керамической облицовочной плитки. Введение этого сырья в состав шихты в количестве 21–25% позволяет получать плитки, обладающие повышенной термической стойкостью, пределом прочности при изгибе, малой усадкой.

В Уральском государственном техническом университете (УГТУ–УПИ) проведены испытания пиррофиллитовых пород в составе плиточных масс. Введение пиррофиллитового сырья снижает усадку плиток до 1,5%, увеличивает предел прочности при изгибе до 36 МПа.

В производстве электротехнического фарфора пиррофиллитовое сырье также испытано в Уральском государственном техническом университете. Материал пробы был представлен диаспор-серицит-пиррофиллитовыми породами западной части залежи. Шихта содержала 14% этих пород. После обжига при 1220°C получен материал, который по своим физико-техническим характеристикам (тангенс угла диэлектрических потерь, объемное сопротивление, диэлектрическая проницаемость) превосходит фарфор Южноуральского арматурно-изоляторного завода.

На Нижне-Тагильском металлургическом комбинате испытаны кварц-пиррофиллитовые породы в производстве шамотных огнеупорных изделий. Введение в составы масс этого сырья в количестве 25–30% позволяет снизить пористость и повысить механическую прочность изделий (изделия общего назначения, для сифонной разливки сталей и футеровки ковшей).

В составах масс кислотоупорных изделий кварц-пиррофиллитовые породы испытаны в УГТУ–УПИ. В состав шихты вводилось от 50% до 60% пиррофиллитового сырья. Полученные кислотоупорные изделия отличались высокой кислотостойкостью (98,6%), механической прочностью (60–65 МПа), водонепроницаемостью (более 72 часов), водопоглощением в пределах 5,0–5,3%, и удовлетворяли требованиям ГОСТ 474–80.

Испытанные горные породы поставляются в количестве 1000 тонн в год в керамический цех Райского ГОКа. Годовая производительность цеха 250 тыс. м² плитки различных расцветок.

В передлах Южного Урала в Уйском районе Челябинской области отмечено месторождение, сложенное минералом, сходным с пиррофиллитом. Месторождение связано с интрузивными породами и представлено светло-серыми плотными породами, в виде неправильной формы тел, залегающих в метаморфических породах. Мощность продуктивной толщи 50 м. Запасы не подсчитаны.

Химический состав породы Уйского месторождения представлен в табл. 8.5.

Таблица 8.5. Химический состав породы Уйского месторождения

Проба	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
1	44,02	37,44	0,54	0,26	2,83	8,23	1,66	4,94
2	46,76	42,76	0,41	0,53	0,40	3,68	0,88	4,59
3	46,39	40,66	0,49	0,55	0,32	6,08	1,04	4,44
4	44,4	41,66	0,56	0,81	0,31	6,34	1,72	4,8

Рентгенофазовым анализом установлено, что порода состоит в основном из гидрослюд и глинистых минералов, кроме того содержит тонкодисперсный кварц. Огнеупорность 1540°С.

8.1. Пирофиллитсодержащие метасоматиты домбаровского рудного района (Южный Урал)

Домбаровский рудный район расположен в южной части восточного крыла Магнитогорского синклинария.

Сложное геологическое строение района обусловлено его положением на сочленении двух крупных мегаструктур Магнитогорского синклинария и Восточно-Уральского поднятия. Северная часть района носит название Мазарского. В пределах района отложения представлены в основном лавами базальтов с прослоями туфов и экструзивными телами липарито-дацитов. На Мазарском участке эти образования слагают клиновидный блок на севере площади.

В процессе проведения поисковых работ на колчеданное оруднение были вскрыты пирофиллитсодержащие породы и каолинит-серицит-кварцевые и установлено, что западная часть Мазарского участка является перспективным объектом на пирофиллит и щелочные каолины. Зона пирофиллитсодержащих пород протягивается в субмеридианальном направлении и прослежена на 800 м при мощности от 30 до 80 м. Преобладают породы серицит-пирофиллит-кварцевого состава. Цвет светло-серый, серый, буровато-серый с лиловыми оттенками в случае присутствия гидроксида железа. Породы тонко рассланцованны (иногда до листоватых разностей). Над зоной пирофиллитсодержащих пород и на ее флангах отмечается мощная кора выветривания. Непосредственно над зоной кора выветривания имеет каолинит-серицит-пирофиллит-кварцевый состав, а на флангах в полосе шириной около 300–400 м – каолинит-серицит-кварцевый и каолинит-кварцевый. Каолинизированные серицит-пирофиллит-кварцевые породы представлены сыпучей массой светло-серого и желтовато-серого цвета с фрагментами более плотных рассланцованных пород. Наличие каолинита подтверждено рентгенографически. Химический состав характеризуется высокой чистотой по содержанию вредных оксидов. Мощность зоны каолинизации над пирофиллитсодержащими породами составляет 15–35 м.

8.2. Месторождения Кабанского и Красноуральского колчеданоносных районов

Кабанский рудный район находится в западном крыле Тагильского мегасинклинария в пределах Левихинско-Шемурской рудоносной зоны.

Рудоносная свита расчленяется на три толщи. Нижняя сложена андезитами и андезито-дацитами с прослоями слоистых туфов и вулканических брекчий и в виде полосы шириной 600–1500 м тянется вдоль извилистого контакта с плагиогранитами Арбатского массива. Вторая толща сложена риолитами и дацитами, имеющими мощность 250–280 м, и быстро выклинивается в северном направлении. Третья толща сложена базальтоидами. Все породы района подвержены зеленокаменным изменениям, на участках месторождений интенсивно рассланцованы и гидротермально изменены с развитием в околорудных метасоматитах зон светлоокрашенных пород, сложенных высокоглиноземистыми минералами – корундом, андалузитом, диаспорой, пирофиллитом.

Пирофиллитсодержащие породы являются частью гидротермально измененных пород, среди которых выделяются корундо-андалузитовые, диаспор-андалузитовые, пирофиллит-диаспоровые, зунит-диаспоровые, серицит-зунитовые, зунит-кварцевые, топаз-кварцевые, топаз-серицитовые и другие.

Пирофиллитсодержащие породы светло-серого, серого цвета, тонкорассланцованные, состоящие в основном из мелкочешуйчатых агрегатов пирофиллита в сочетании со сноповидными выделениями из чешуек длиной 0,1 мм. Содержат рассеянную вкрапленность рутила, зунита, апатита. При возрастании количества зунита и диаспора порода становится мелкозернистой. В пирофиллитовом мелкочешуйчатом базисе содержатся идиоморфные зерна зунита размером до 0,01 мм, агрегат зерен диаспора – до 0,3 мм и более крупные по отношению к базису сноповидные пучки и сферолиты пирофиллита размером 0,2–0,5 мм. Второй разновидностью пирофиллитсодержащих пород являются диаспор-пирофиллитовые породы с содержанием пирофиллита 20–70%. Прожилки существенно пирофиллитового состава чередуются с диаспоровыми при толщине тех или других в десятые доли миллиметра. Иногда порода состоит из агрегатов удлинённых идиоморфных лейст диаспора размером 0,5–0,7 мм, а в интерстициях наблюдается пирофиллит в виде мелкочешуйчатого агрегата и микросферолитовой

массы с поперечником сферолитов 0,2–0,3 мм. В небольшом количестве пирофиллит встречается в серно-колчеданной руде в ассоциации с серицитом и хлоритоидом.

На Кабанском месторождении четко проявлена, хотя и не всегда идеально, зональность в околорудно-измененных породах, выражающаяся в симметрично построенных ореолах метасоматитов с развитием во внутренних зонах высокотемпературных, высокоглиноземистых минералов – корунда и андалузита, сменяющихся к периферии диаспоровыми и пирофиллитовыми агрегатами, а далее зуниитовыми и серицитовыми, переходящими в частично измененные породы. Повсеместно присутствуют в метасоматитах такие галоидсодержащие минералы, как топаз, зуниит, апатит, флюорит.

Красноуральский рудный район расположен в восточной части Тагильского вулканического пояса. На западе он ограничен Туринским разломом, на востоке – Серовско-Маукским, к которым приурочены тела гипербазитов. Отложения рудоносной формации натриевых базальтов – риолитов в районе Красноуральских месторождений представлены лавами от основного до кислого состава; в подчиненном количестве развиты пирокластические и вулканомиктовые образования. Отмечается грубая зональность: в восточной части рудного поля преобладают породы основного состава; в западной части развиты кислые лавы и пирокластические образования, прорванные субвулканическими телами и дайками базальтов и риолитов. Зоны околорудных метасоматитов сложены серицито-кварцевыми, кварц-хлоритовыми и пирофиллитсодержащими породами, подверженными рассланцеванию. Мощность зон кварц-серицитовых сланцев вблизи крупных колчеданных линз составляет 30–50 м, а в участках раздувов достигает 100 м. Зоны чередуются с линзами рассланцованных кварцитов, серицитовых, кварц-хлорит-серицитовых и кварц-хлоритовых сланцев. Во внешних зонах эти породы переходят в зону пропиллизации с альбитом, эпидотом, хлоритом.

Пирофиллит обнаружен в околорудно-измененных породах и рудах четырех месторождений: Красногвардейского, Старо-Левинского, Чернушинского, Заводского.

Кварц-серицитовые сланцы представляют собой сильно измененные породы с очковой, лепидобластовой, лепидогранобластовой структурами, обусловленными наличием крупных зерен кварца и чешуек серицита. Пирофиллит отмечается в виде агрегатов чешуек в основной ткани породы и в виде тонких прожилков и просечек в серицитовых слан-

цах. Вторичные кварциты, являясь внутренней зоной гидротермально измененных пород, распространены на Красноуральских месторождениях локально. Это существенно кварцевые породы с серицитом, пирофиллитом, зуннитом, топазом, рутилом. Серицит и пирофиллит заполняют микротрещины, образуют скопления неправильной формы в базисе мелкозернистого кварца.

В районе Старо-Левинского рудника в одном из шурфов вблизи контакта измененных вулканитов и штока гранитов была отмечена пирофиллит-диккитовая порода. На выклинивании главной линзы Красногвардейского месторождения, в западном ее контакте, находится зона пирофиллитсодержащих пород мощностью 10–12 м. В западной части зоны преобладают кварц-серицитовые сланцы с желваками серицит-топазовой породы. Внутренняя зона сложена диаспор-пирофиллитовыми породами с участками диаспоритов. Пирофиллит отмечается в виде чешуек размером до 2 мм и в маломощных (до 1,5 см) линзовидных прожилках шестоватого строения.

Оценка пирофиллитсодержащих пород колчеданных месторождений Среднего Урала как полезного ископаемого не проводилась. В связи с этим целесообразна ревизия кернавого материала, полученного при поисках и разведке на пирофиллит. Актуальность этой задачи обусловлена тем, что после отработки сульфидных руд может оказаться рентабельной добыча пирофиллитового сырья.

8.3. Фарфоровые камни Урала

Фарфоровые камни – это продукт гидротермально-метасоматического изменения кремнеземных палеовулканических пород, тонкозернистость которых, низкое содержание красящих оксидов и благоприятный минеральный состав позволяет использовать их без обогащения в качестве основного или корректирующего компонента в составах керамических (фарфоровых) масс.

Изучение фарфоровых камней – измененных кремнекислых вулканитов севера Урала, – показало, что они относятся к двум основным типам: капканвожскому (серицит-кварцевому) и свиягинскому (кварц-микроклиновому).

Наиболее перспективными на поиски месторождений фарфоровых камней являются участки развития измененных пород в бассейнах рек

Изъяшор, Пайпудыны, Лемвы, Балбанью, Лимбекаю, Няртасюю, в верховьях реки Косью (г. Манарага, ручей Капкан-Вож) и другие.

Фарфоровые камни капканвожского типа – плотные и рассланцованные мелкозернистые светлые породы белого, желтоватого и голубоватого цвета, часто с сохранившейся кварц-порфировой структурой. Состав пород серицит-кварцевый или пиррофиллит-серицит-кварцевый. Таким образом, фарфоровые камни относятся к пиррофиллитовому и серицитовому минеральным типам. Местами среди пород пиррофиллит-серицит-кварцевого состава наблюдаются мономинеральные кварцевые жилы, иногда ассоциирующиеся с мощными (до 10 м) линзовидными телами пиррофиллита (северный склон г. Манараги, истоки реки Лимбекаю и другие). Наибольшее развитие фарфоровые камни получили в истоках рек Манараги, Лимбекаю, Балбанью, Няртасюю и в районе хребта Пайпудынского, где они слагают либо отдельные измененные зоны среди кремнекислых вулканитов, либо целиком штоко- и цайкообразные тела измененных вулканитов, имеющие длину от нескольких метров до 2–3 км.

Фарфоровые аповулканиты капканвожского типа севера Урала содержат почти все необходимые компоненты фарфоровой и фаянсовой массы (глинозем, кремнезем, щелочи), отличаются однородностью состава. В их состав входит много кремнезема и щелочей при очень высоком калиевом модуле, количество глинозема наблюдается в большинстве случаев на уровне японских фарфоровых камней и ниже китайских и гусевских (12–13%). Обращают на себя внимание низкие потери при прокаливании. В зависимости от типа фарфора и состава используемого камня в керамическую массу, по-видимому, будет необходимо добавлять некоторое количество каолина и пластичной глины.

Фарфоровые камни сивягинского типа представляют собой тонкозернистые породы голубовато-зеленовато-серого и светло-кремового цвета, имеющие почти мономинеральный калишпатовый состав; в незначительных количествах присутствуют кварц и серицит. Ближе всего они к полевошпатовому минеральному типу, однако выгодно отличаются от известных представителей этого типа низким содержанием свободного кварца. Сивягинские фарфоровые камни встречаются в истоках рек Б. Усы, Пайпудыны, Грубею, Лемвы, Седью, Потемью, Сивяги, Няртасюю и др. Калишпатовые вулканиты образуют экструзивные тела или эндоконтактовые залежи в пределах этих тел, маркирующих зоны тектони-

ческих нарушений. Тела эти обычно выдержаны по мощности, простиранию и падению, размерами от первых метров до 200*100*30 м и более, с объемом до 1,5 млн м³.

Оценивая химический состав сивягинских фарфоровых камней, полезно иметь в виду не только валовое содержание оксидов в породе, которое в целом находится в пределах кондиций. Поскольку эти породы состоят в основном из полевых шпатов, с подчиненным содержанием свободного кварца, следует обратить внимание также на состав полевых шпатов, используемых в составе керамических масс.

Большие запасы (по предварительной оценке, 80 млн м³ в пределах капканвожского участка, до 1000 млн м³ – в районе Пайпудынского липаритового массива и 3 млн м³ в пределах экструзии в истоках р. Сивяги), поверхностное залегание (возможна разработка открытым способом) и близость к железной дороге повышают экономическую целесообразность эксплуатации данного вида минерального сырья.

Результаты химического анализа фарфоровых аповулканитов севера Урала, а также результаты проведенных огневых проб с образцами минерального сырья позволили сделать заключение о пригодности нового сырья для получения керамических масс.

Химический состав проб фарфоровых камней севера Урала приведен в табл. 8.6 и 8.7.

Для выявления участков, перспективных на обнаружение фарфоровых аповулканитов в других районах Урала, задача сводилась к тому, чтобы найти формации, содержащие породы, состав которых в наибольшей степени приближался бы к составу кондиционных фарфоровых камней. Важнейшим критерием качества сырья является содержание щелочей. Наиболее дефицитными разновидностями фарфоровых камней являются щелочные калиевые ($K_2O + Na_2O > 3$, $K_2O/Na_2O > 3$).

Помимо уже описанных месторождений фарфорового камня, к ним можно отнести липариты г. Константинов Камень, хр. Хахарем-Пе и г. Борзовой на крайнем севере Полярного Урала, субвулканические интрузии верховий рек Погурей и Кок-Пела, более древние липариты в верхнем течении р. Хельмерью, в районе г. Мартай, на правом берегу р. Торговой, на хр. Кваркуш, на хр. Басег (щегровийская свита), в Верхне-сергинском районе (билимбаевский комплекс), Учалинской зоне развития улутайской формации, верховье р. Урал (область развития Березовской и Кизильской формаций), Еманжелинском районе (карьер на берегу р. Бергильды и обнажения к юго-западу от с. Ново-Троицкого), Кунашакском районе (близ оз. Урукуль), в районе р. Пышма (левый берег ниже Рудянского Лога) и другие.

Таблица 8.6. Химический состав аповулканигов севера Урала, мас. %

Оксиды	Капканвожский тип														Сивягинский тип		
	руч Капканвож, район Манараги											руч. Нартасюю, район г. Тельроз-Из		б-Хата- камба	хр. Пай- пу- дын- ский	р. Грубелю	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	69,82	65,97	74,9	78,28	77,7 2	78,5 4	76,5 0	76,5 0	77,6 2	78,1 3	77,83	79,58	76,0 7	77,79	76,94	78,4 0	78,50
NiO ₂	0,16	0,91	0,15	0,15	0,21	0,15	0,20	0,15		0,21	0,18	0,20	0,10	0,28	0,27	0,08	0,11
Al ₂ O ₃	13,46	19,65	12,52	11,67	12,5 9	11,5 4	11,6 0	12,2 8	11,2 2	11,6 3	11,45	11,35	12,8 4	12,94	12,67	11,5 9	10,83
Fe ₂ O ₃	0,75	1,44	0,89	0,68	1,06	0,79	0,72	1,40	0,43	0,11	1,08	0,75	0,87	0,64	0,37	0,77	1,02
FeO	1,58	1,03	0,49	0,60	0,50	1,03	0,24	0,26	0,80	0,43	0,44	0,11	0,43	0,14	0,29	0,06	0,06
CaO	0,14	необ.	0,21	0,22	0,36	0,43	1,24	0,39	0,62	0,20	0,08	0,37	0,60	0,25	0,21	0,27	0,03
MgO	0,7!	0,78	0,87	0,43	0,61	0,98	0,94	1,59	0,11	0,28	0,97	0,46	0,21	0,60	0,30	0,06	0,18
K ₂ O	4,77	6,39	8,12	5,82	4,24	3,96	6,56	3,96	5,32	8,79	4,33	1,50	4,50	3,72	5,84	5,48	7,86
Na ₂ O	4,10	0,16	0,19	0,12	0,52	0,11	1,69	0,11	2,75	0,08	2,56	4,31	3,68	2,75	1,75	1,77	0,54
ППП	2,75	3,18	1,57	1,66	0,20	2,28		2,99	0,66	0,12	0,59	0,87	0,87	1,15	0,67		
Сумма	99,76	99,56	99,95	99,65	100, 03	99,5 8		99,6 8	99,6 5	100, 0	99,53	99,51	100, 28	100,28	99,37	99,5 3	99,58
K ₂ O+ Na ₂ O	8,87	6,55	8,31	5,94	4,76	4,07	8,25	4,07	8,07	8,87	6,89	5,81	8,18	6,47	7,59	7,25	8,40
K ₂ O/ Na ₂ O	1,16	39,9	40,6	48,5	8,1	36,0	3,8	36,0	1,9	109, 9	1,6	0,3	1,2	1,4	3,7	3,1	14,0

Таблица 8.7. Химический состав аповулканитов севера Урала исходный состав и после магнитной сепарации, мас. %

Оксиды	Исходный состав (кап-канвожский тип)			После магнитной сепарации				Исходный состав (сивягинский тип)			После магнитной сепарации			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	74,40	77,49	78,47		78,76	70,19	74,28	76,34	71,48	79,96	77,46	77,0	79,66	75,90
NiO ₂	0,32	0,21	0,14		0,24	0,37	0,33	0,24	0,50	0,38	0,33	0,29	0,27	0,31
Al ₂ O ₃	16,14	14,08	12,66		13,55	18,97	16,31	13,12	13,94	9,62	10,47	11,88	10,50	12,16
Fe ₂ O ₃	0,94	1,43	0,76		0,70	1,23	0,98	0,75	0,74	0,40	1,48	0,51	0,48	1,02
FeO	0,04	0,06	0,13		0,07	0,06	0,06	0,65	0,14	0,04	0,14	0,09	0,14	0,13
CaO	0,24	0,25	0,06		0,18	0,18	0,24	0,67	0,60	0,60	0,54	0,36	0,24	0,36
MgO	0,25	0,70	0,21		0,18	0,35	0,22	0,34	0,51	0,17	0,21	0,31	0,22	0,09
K ₂ O	4,16	2,36	5,41		3,49	4,97	4,32	4,37	9,04	5,57	6,40	7,20	6,09	7,10
Na ₂ O	0,57	0,27	0,18		0,50	0,62	0,54	1,02	1,56	2,08	1,72	1,40	1,47	2,06
ППП	2,67	2,82	1,61		1,76	2,45	2,12	1,99	1,09	1,12	0,75	0,46	0,33	0,15
Сумма	99,73	99,59	99,63		99,43	99,39	99,40	99,49	99,60	99,94	99,50	99,50	99,40	99,28
K ₂ O+ Na ₂ O	4,73	2,63	5,59		3,99	5,59	4,86	5,39	10,60	7,65	8,12	8,60	7,56	9,16
K ₂ O/ Na ₂ O	7,30	8,74	30,06		6,98	8,02	8,00	4,28	5,80	2,68	3,72	5,14	4,14	3,45

Имеются сведения о локальных проявлениях среди липаритов и туфов магнитогорского синклинария интенсивных поствулканических процессов; крайнее развитие этих процессов приводило иногда (г. Соколок и др. районы) к почти полному выносу щелочей и красящих оксидов из исходных вулканитов и к накоплению глинозема, к образованию пород, по валовому химическому составу приближающихся к каолину или кварц-пироксилитовых пород. О существовании на Урале месторождений таких пород нелишне здесь вспомнить еще и потому, что они также представляют собой керамическое сырье.

Наибольший интерес представляет Покровский участок (окрестности с. Покровского, Сухоложский район). Развитые здесь ультракалиевые липариты характеризуются пониженным содержанием SiO_2 и повышенной щелочностью, что позволяет считать их аналогами свиягинского типа. Наличие в аповулканитах избыточного калишпатового компонента является не недостатком, а достоинством данного типа пород как исходного минерального сырья для фарфоровых камней, так как в технологических схемах для производства бытового и хозяйственного фарфора в сырьевую смесь вводится до 25% полевого шпата, который в нашем случае в достаточном количестве уже имеется в исходной породе.

Таким образом, Покровский участок можно рекомендовать в качестве одного из первоочередных объектов на разведку фарфорового камня, с отбором проб для промышленных испытаний, тем более что этот участок расположен в непосредственной близости от главных центров Уральской фарфоро-керамической промышленности.

Из всего вышеизложенного следует, что Урал можно рассматривать в качестве новой геологической провинции фарфорового камня. Проведение специализированных поисково-разведочных работ приведет к расширению сырьевой базы керамического сырья.

9. МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАРИТОВЫХ РУД УРАЛА

Барит (тяжелый шпат) представляет собой природный сульфат бария (BaSO_4), содержащий 65,7% BaO . В качестве наиболее часто встречающихся примесей отмечают: изоморфные – Sr, Ca, Pb, Ra; механические – оксиды железа, марганца, сульфиды цветных металлов и железа, глинистое и органическое вещество. Количество и состав примесей обуславливают разнообразие окраски барита, которая бывает белой, серой

до черной, голубой, желтой, розовой, бурой, коричневой, красной; прозрачные бесцветные кристаллы крайне редки. Кристаллы – таблитчатые, реже – призматические, столбчатые со штриховкой на гранях. Блеск – стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый. Твердость 3–3,5 (по Моосу). Плотность химически чистого барита 4,48 г/см³ при 25°С, у природных баритов – 4,3–4,7 г/см³.

Барит наблюдается в виде зернистых агрегатов или конкреций, изредка образует хорошо ограненные таблитчатые кристаллы ромбической сингонии; хрупок; химически инертен, практически не растворяется в воде, плохо растворяется (даже при нагревании) в соляной кислоте, незначительно (10–12 %) в концентрированной серной кислоте.

Барит относится к числу распространенных в природе и имеющих большое практическое значение минералов сернокислотных соединений.

Барит встречается в рудных жилах вместе с сернистыми минералами. Кроме того, барит находится и среди осадочных горных пород вместе с кальцитом.

Промышленные баритовые месторождения Урала обычно представлены жилами и гнездами барита и виверита, залегающими в различных породах; размеры жил различны – до нескольких километров в длину и десятки метров мощностью. В состав жил часто входят, кроме барита, сульфиды, кварц, карбонаты, флюорит. На Урале отмечается около 35 баритовых месторождений.

Промышленный интерес в настоящее время представляют: на юге – осадочное Кружинское (Республика Башкортостан) и остаточное – Медведевское (Челябинская область) месторождения, на севере – Хайлинская группа (Пальникское, Хойлинское, Акьюдовское) вулканогенно-осадочных месторождений на западном склоне Урала. Образования барита метасоматического типа с замещением известняком известны в Бакальском районе Челябинской области.

Медведевское месторождение расположено в Кусинском районе (Челябинская область) близ дер. Медведевка. В выветрелых кварц-карбонатных породах барит встречается в виде мелких кристаллов, гнезд, линз, желваков, крупных обломов и глыб массой до 100 кг.

Барит месторождения кристаллический, прозрачный, голубого и желтого цвета. На месторождении выделяются три участка: Главная залежь, Северо-Западная и Юго-Восточная россыпи.

На Главной залежи наблюдается пластообразная залежь барита. Барит образует мелкорассеянную вкрапленность, гнезда и прожилки. Среднее содержание барита 13–23 %.

Северо-Западная и Юго-Восточная россыпи занимают соответственно площадь 8,7 и около 20 га, мощностью до 8 м.

Красносельское месторождение расположено в Увельском районе (Челябинская область) в 5 км на юго-запад от большого разъезда Кулляр Южно-Уральской железной дороги.

Месторождение представлено рядом баритовых и кварцево-баритовых жил, приуроченных к толще изверженных пород. Всего выявлено 8 жил, длиной от 15 до 130 м, мощностью от 0,5 до 4 м.

Химический состав баритовых руд (%): $BaSO_4$ – 65,45–86,5; SiO_2 – 7,0–29,76; Fe_2O_3 – 0,24–0,74; CuO – 0,0–0,16.

Барит – полезное ископаемое многоотраслевого назначения, сферы использования которого постоянно расширяются, а объемы потребления увеличиваются. Основные потребители барита, определяющие масштабы его производства – нефтегазодобывающая (80% мировой добычи) и химическая промышленность.

Барит используют в стекольной, керамической, резиновой, бумажной отраслях промышленности, в производстве высокосортных эмалей, строительных материалов, в красочной и полиграфической промышленности и др. Намечаются широкие перспективы применения барита в алюминиевой промышленности – для получения чистого оксида глинозема.

Открытия в последние десятилетия ряда крупных месторождений создают благоприятные предпосылки для возрождения на Урале баритодобывающей промышленности. Перспективы расширения сырьевой базы баритов Урала следует связывать с опосредованным поиском кремнисто-сланцевой формации, которая с перерывами прослеживается по всему западному склону Урала.

10. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИТАНОВЫХ И ЦИРКОНОВЫХ РУД

10.1. Месторождения титановых руд

Диоксид титана (TiO_2) в чистом виде в природе встречается редко. В большинстве случаев для получения TiO_2 служит минерал ильменит, по химическому составу представляющий собой метатитанат железа ($FeTiO_3$).

Диоксид титана – мелкодисперсный порошок белого цвета с желтоватым оттенком. Как природный, так и искусственный диоксид титана обнаруживает полиморфизм. Модификациями диоксида титана являются анатаз, брукит и рутил. Характеристики этих модификаций приведены в табл. 10.1.

При нагреве анатаз и брукит переходят в рутил. При переходе анатаза в рутил обычно происходит агрегирование частиц. Размер частиц увеличивается от 1–2 до 5–15 мкм.

Анатаз (TiO₂) – минерал химически устойчив. Цвет бурый, коричневый, черный. Блеск алмазный.

Встречается в пегматитах и кристаллических сланцах (хлоритовых, слюдяных). Хорошо образованные кристаллы наблюдаются на кварце в жилах альпийского типа на Северном Урале. Встречаются в Атланских золотоносных россыпях на Южном Урале, около г. Миасс и в других местах.

Таблица 10.1. Свойства различных модификаций диоксида титана

Наименование модификации	Сингония	Плотность г/см ³	Твердость по шкале Мооса	Показатели преломления		Температура		$\alpha^* \cdot 10^6$ град ⁻¹	Относительная диэлектрическая проницаемость
				Ng	Np	плавления	перехода в рутил		
Анатаз	траго-нальная	3,9	5–6	2,55	2,49	–	915	4,7–8,2	31
Брукит	ромбическая	3,9–4,0	5–6	2,70	2,58	–	650	14,5–22,9	78
Рутил	траго-нальная	4,2–4,3	6	2,90	2,61	1560– 1825 в зависимости от чистоты		7,1–9,2	↓оси 89 ||оси 173

Брукит (TiO₂). Цвет брукита желто- или красно-бурый до черного. Блеск алмазный. При прокаливании плотность его увеличивается и становится равной плотности рутила (очевидно, происходит перестройка

кристаллической структуры). Превосходные кристаллы брукита встречаются в Атланской золотоносной россыпи: близ г. Миасс и в жилах альпийского типа в ряде мест Урала.

Рутил (TiO₂) является наиболее устойчивой модификацией TiO₂ как при высоких, так и при низких температурах. Рутил образуется, главным образом, эндогенным путем при магматических, пегматитовых и гидротермальных процессах, а также при региональном и контактном метаморфизме и экзогенных процессах.

Происхождение магматогенное – в основных и щелочных изверженных породах. Метаморфическое – в гнейсах и сланцах. Гидротермальное – в кварцевых жилах и особенно жилах альпийского типа, где рутил образует отдельные кристаллы и друзы. Встречается в россыпях.

Кристаллы рутила – призматические, столбчатые до игольчатых. Часто на гранях кристаллов наблюдается шероховатость. Двойники обычно коленчатые. Сетчатые сростки двойников игольчатого рутила называются сагенимом. Цвет темно-желтый, бурый, красный, черный. Блеск алмазный, у непрозрачных черных разновидностей – металловидный.

Крупных скоплений рутил в природе не образует.

Рутил содержит 96–99% TiO₂. Наиболее обычные примеси FeO (до 1,4%), Nb₂O₅ (до 2,5%), Fe₂O₃ (до 6,7%).

Рутил наряду с ильменитом является важнейшим источником титана (60% Ti). Кроме того, из него извлекают Nb и Ta.

Рутил – акцессорный минерал гнейсов, кварцитов, эколгитов (Кутимское месторождение, Пермская область), наждаков. В полевошпат-сланцевых и кварц-сланцевых сланцах центрального Уралтау (Республика Башкортостан) обнаружены линзы и гнездообразные участки пород, содержащих до 50–60% рутила с мусковитом, полевым шпатом, кварцем, турмалином, названные рутилом.

Превосходные кристаллы рутила известны в жилах альпийского типа Приполярного Урала. Рутил и сагеним известны в россыпях по р. Каменке в Сысертском районе Свердловской области. Известны месторождения рутила в пегматитовых жилах Ильменских гор (Челябинская область). В настоящее время рутил изготавливается синтетически.

Рутил употребляется для выплавки ферротитана, применяемого в производстве некоторых стойких при ударе сортов стали, в керамике, в радиотехнике, для изготовления титановых белил и др.

Месторождения титановых руд расположены в основном на Южном Урале и представлены промышленными рудами титаномагнетита как коренного, так и россыпного залегания. Титановые месторождения

выявлены в пегматитах Ильменских, Шишимских и Назямских гор (Челябинская область). В месторождениях Кусинско-Копанской группы при бортовом содержании 5% титана прогнозные ресурсы его в ильменитовых, титано-магнетитовых и ильменит-титаномагнетитовых рудах по категории P₁ составляют сотни миллионов тонн. Наиболее ценные участки разведаны, запасы доведены до промышленных категорий или категории C₂. Установлены месторождения комплексных медно-ванадиево-титано-железных руд, в которых концентрат титана получается как побочный продукт (Куроямский, Погорельский массивы, массив Куйбас и многие другие). На ряде участков развиты первичные магматические метаморфогенные рутилоносные амфиболиты, эклогиты. Прогнозные ресурсы некоторых из них составляют более 100 млн тонн (категория C₂). Крупные прогнозные ресурсы категории P₃ связываются с массивами габбро на юго-востоке Челябинской области. Они еще требуют изучения. Остаточные скопления титана отмечены в корях выветривания диабазовых порфиритов в Каменском районе, в коре плагиогранитов на Большом Романовском прииске около г. Челябинска. Россыпи минералов титана установлены на западе в Челябинской области, в районе Атляна, в Яумбаевском рудоуправлении, в бокситовых месторождениях, в угленосных отложениях Полтаво-Брединского района. Россыпи титана известны в районе Кусинско-Копанской группы месторождений.

Прогнозные ресурсы разных россыпей от сотен тысяч до нескольких миллионов тонн диоксида титана. В титаноциркониевых россыпях титан сосредоточен в свободном ильмените, рутиле и выделение его не представляет сложности.

Ильменит – титанопористый железняк (FeTiO₃). Является важной титановой рудой. Слабо магнитен. Твердость 5–6 (по Моосу). Хрупок. Плотность 4,72–5,0 г/см³. Служит основным источником получения различных соединений титана – сплава ферротитана, диоксида титана, четыреххлористого титана. Кристаллы ильменита известны в пегматитах нифелиновых сиенитов Ильменских гор, в магнетитовых жилах Сатки.

Химический состав (%): Fe – 36,8; Ti – 31,6; в качестве изоморфных примесей может содержать Mg, нередко в значительных количествах (пикроильменит), иногда Mn (до нескольких %). Существует непрерывный изоморфный ряд FeTiO₃ – MgTiO₃ и, вероятно, ряд FeTiO₃ – MnTiO₃. Цвет ильменита железисто-черный или стально-серый. Блеск полуметаллический. Непрозрачен.

Перовскит (CaTiO_2). Это минерал, представляющий собой соединение диоксида титана с основным оксидом. Твердость 5,5–6 (по Моосу). Блеск алмазный. Плотность 3,97– 4,04 г/см³.

Перовскит встречается в некоторых магматических горных породах, в контактных известняках, а также в титанистых доменных шлаках. Крупных скоплений он обычно не образует. Самостоятельного практического значения не имеет.

Известны месторождения перовскита в ряде районов Урала (Сарановское хромитовое месторождение, Назямские и Шишимские горы и др.).

Титанит (сфен) – минерал, являющийся силикатом кальция и титана $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$. Встречается в виде отдельных кристаллов, вросших в породу, или в виде друз по трещинам. Иногда образует зернистые агрегаты. Часто наблюдаются двойники. В качестве вторичного минерала титанит образуется по ильмениту и другим титаносодержащим минералам в пегматитах (каемки толщиной до нескольких сантиметров вокруг выделений ильменита в Ильменских, Вишневых, Назямских и Шишимских горах), в Ильменских горах сфен различных генераций встречается главным образом в сиенитовых и нефелин-сиенитовых пегматитах. В Назямских и Шишимских горах сфен встречается в контактовых образованиях на границе габбро и амфиболитов с известняками, титанитовые месторождения найдены на хр. Бырранга (Таймыр).

Химический состав титанита (%): CaO – 28,6; SiO₂ – 30,6; TiO₂ – 40,8. Нередко устанавливаются примеси FeO (до 6%), иногда MnO (до 3%), MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃ (до 12%), (Y, Ce)₂O₃ (иттротитанит), изредка Cr₂O₃, ZrO₂ (до 0,18 %), Nb₂O₅, F, OH, Th и др.

Цвет – желтый, бурый, зеленый, иногда черный, розовый или красный. Блеск – алмазовидный, жирный. Твердость 5–6 (по Моосу). Плотность 3,29–3,56 г/см³.

Сфен служит сырьем для получения диоксида титана, широко применяемого в качестве белого пигмента в титановых белилах.

Титаномагнетит – магнетит (FeFe_2O_4) с содержанием TiO₂ (до нескольких %); содержит повышенное количество ванадия. Титаномагнетиты служат рудой на ванадий.

При плавке титаномагнетитовых руд из шлаков извлекается ванадий, имеющий большое значение при изготовлении качественных сталей. Оксид ванадия (V₂O₅) используется в химической промышленности, а также как краситель – в керамике и для других целей.

Кусинское месторождение ильменит-магнетитовых руд расположено на левом берегу реки Кусы в 15 км к востоку от Кусинского завода и в 18 км к северу от г. Златоуст. Рудные тела имеют жиллообразную форму и круто падают на юго-восток под углом 70–80°. Мощность их от 1 до 10 м, средняя 3 м; залежи разведаны на глубину до 150–250 м. Руды сложены магнетитом (60–70%), ильменитом (20–30%), хлоритом (2–10%). Ильменит располагается отдельными зернами величиной 0,1–2,0 мм среди других зерен магнетита, что способствует довольно легкому обогащению этих руд.

Химический состав руд (%): FeFe_2O_4 – 50–57; V_2O_5 – следы; S – 0,12; P – 8,1; $\text{TiO}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3$ – 11–22.

Нижне-Тагильское и Первоуральское титаномагнетитовые месторождения представлены жилами сплошных руд, залегающими среди изверженных пород габбровой формации.

10.2. Цирконовые руды

В природных минералах цирконий присутствует в виде диоксида циркония ZrO_2 (бадделейт, бразелит и другие), циркона ZrSiO_4 и цирконо-силикатов (эвдиалит, эльпидит и другие). Из всех минералов, содержащих цирконий, практическое значение имеют пока только циркон, бадделейт и отчасти эвдиалит. Наиболее распространенным цирконий-содержащим минералом, из которого получают диоксид циркония, является циркон ZrSiO_4 (ортосиликат циркония). Цирконийсодержащее сырье различных месторождений содержит от 33 до 66% ZrO_2 . Содержание ZrO_2 в природном минерале может достигать до 99%.

Минерал циркон (ZrSiO_4) широко распространен в природе. Промышленным сырьем служат чаще всего цирконовые пески. Теоретический состав (%): ZrO_2 – 67,1; SiO_2 – 32,9. Циркон химически инертен. Цирконий может замещаться Th, Fe, Ca, Nb. В виде примесей в цирконе почти всегда присутствуют: гафний (HfO_2) – до 4%, торий (ThO_2) и оксиды других редкоземельных элементов, а также в небольшом количестве оксиды железа (0,35% и больше), часто кальция (0,05 – 0,4%), магния, иногда Al_2O_3 .

Химический состав циркониевого сырья приведен в табл. 10.2.

Таблица 10.2. Химический состав циркониевого сырья

Вид сырья	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	TiO ₂	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	ППП
Циркон ZrSiO ₄	34,79	0,91	57,95	2,88	1,94	1,85	0,07	–	0,15
	32,63	1,22	63,53	0,37	0,88	0,61	0,07	0,48	0,35
	34,09	–	59,93	1,40	1,44	0,12	–	1,08	–
Бадделеит	0,69	–	94,84	0,13	0,37	0,21	–	–	0,98
ZrO ₂	1,11	0,04	97,73	0,20	0,40	0,07	0,04	P ₂ O ₅ 0,36	–

Циркон в большинстве случаев радиоактивен. В осадочных породах присутствует в виде окатанных удлиненной формы зерен. Для него характерна способность к образованию идиоморфных кристаллов. Окраска разнообразная: желтая, бурая, красноватая, реже – зеленоватая, бесцветная. Блеск алмазный до стеклянного. Плотность из-за примесей колеблется от 3,98 до 4,9 г/см³ твердость по шкале Мооса 7–8.

Циркон растворяется в плавиковой кислоте, в порошкообразном состоянии под воздействием концентрированной серной кислоты медленно разлагается. При нагревании обычно обесцвечивается. При температуре 1775°C плавится incongruently с образованием при охлаждении моноклинного диоксида ZrO₂ и аморфного кремнезема.

Циркон очень стойкий минерал. При разрушении содержащих его горных пород циркон попадает в россыпи, где в значительных количествах образует промышленные месторождения. Циркон как аксессуарный (второстепенный) минерал присутствует в магматических, метаморфических и осадочных породах.

Прозрачная разновидность циркона (гиацинт) имеет красный, красно-бурый цвет. Кристаллы мелкие, часто хорошо образованные – короткостолбчатые, призматические, реже дипирамидальные; иногда колеччатые двойники. Цвет – светло-желтый, желтовато-зеленый, оранжевый, красный, темно-коричневый, реже – бесцветный, серый. Блеск – стеклянный, алмазный, иногда жирный. Твердость 7–8. Хрупок. Излом неровный. Плотность 4,68–4,70 г/см³.

Прозрачные разновидности (гиацинты) используются в ювелирном деле как драгоценные камни. Обычный циркон применяется для получения металлического циркония и оксида циркония, отличающегося высокой

огне- и кислотоупорностью. Диоксид циркония используется в производстве огнеупоров, технической и бытовой керамики, глазурей, при изготовлении эмалей и стекла для химической посуды.

Циркон добывается преимущественно из россыпей.

На Урале известно более 10 месторождений и рудопроявлений, содержащих циркон в качестве основного полезного минерала или в виде минерала-спутника в комплексных рудах. Например, в кварцитах и вмещающих породах месторождения Гора Караульная суммарное содержание циркона и рутила составляет 0,05–1,0%.

Циркон распространен, главным образом, среди миаскитовых и сенитовых пегматитов (Ильменские и Вишневые горы, Челябинская область), россыпные месторождения циркона расположены на Южном, Среднем и Северном Урале. Практическое значение имеют россыпные месторождения Южного Урала.

В настоящее время промышленную добычу циркона и поставки концентрата осуществляет Вишневогорский ГОК (Челябинская область). Запланирован ввод в эксплуатацию Малышевского месторождения циркона (Свердловская область). Оба месторождения находятся в недропользовании Минатомпрома РФ, поэтому, в первую очередь, обеспечивают сырьем свою отрасль.

Циркон используется в качестве основного компонента для термостойкой керамики. Температурный коэффициент линейного расширения циркона незначителен и при нагреве до 1400°C составляет в среднем $4,5 \cdot 10^{-6}$ град.⁻¹. В соответствии с этим спекшийся циркон нечувствителен к перемене температур.

Для радиокерамики используется обогащенный циркон (содержание ZrO_2 – 97,5%).

В огнеупорном производстве цирконовые изделия выпускались в ограниченном количестве в опытном порядке, поэтому сведения об их производстве и службе ограничены.

Промышленность выпускает в основном технический диоксид циркония.

Из частично стабилизированного ZrO_2 изготавливают волокна, плавающие поплавки, резцы для обработки металла. Для производства огнеупоров преимущественно используют электроплавленный ZrO_2 с содержанием стабилизирующих оксидов, обеспечивающих наличие от 5 до 40% моноклинной фазы, так как двухфазовый материал более термостоек.

Хорошая коррозионная стойкость и низкая теплопроводность ZrO_2 позволяет эффективно его использовать в качестве плит скользящих зазоров при плавке агрессивных и марганцовистых сталей, раскисленных повышенным количеством алюминия и сталей X18H9T на установках непрерывного литья.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Титано-циркониевые россыпи Урала перспективны, но требуют дальнейшего всестороннего изучения.
2. Комплексный состав россыпей (ильменит, рутил, циркон) не влияют на характер их разработки, так как технология получения отдельных компонентов не представляет трудностей.

11. ГЛАУКОНИТЫ

Глаукониты – слоистые низкотемпературные магнезиально-железистые гидрослюда, представляют собой водный алюмосиликат калия, магния и железа, встречаются в виде округлых микроагрегатных зерен размером 0,01–0,8 мм. Наиболее характерен глауконит в составе фосфоритных руд, песков и глин, которые при большом его содержании (до 70%) называются глауконитовыми. Обычно химический состав глауконита выражается формулой: $K_2O \cdot MgO \cdot 4Fe_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot nH_2O$.

По современным представлениям формула этого минерала выглядит следующим образом: $(K, Na, CaO)(Fe^{3+}, Mg, Fe^{2+}, Al)_2 [(Al, Si) Si_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$

Глаукониты характеризуются широкой вариацией химического состава. Они содержат Fe_2O_3 – до 28%; FeO – до 8,6%; MgO – до 4,5% и K_2O – до 9,5%. Многие залежи глауконитовых пород содержат высокую примесь P_2O_5 и даже включают горизонты фосфоритов. Есть данные о присутствии серы.

Окраска глауконитов зеленая различных оттенков, в природе они встречаются обычно в виде микроагрегатных зерен – микроконкреций. При детальном микроскопическом изучении было установлено, что последние являются продуктом соосаждения железистой слюды и монтмориллонита.

Международная номенклатурная комиссия приняла решение называть глауконитом железистую слюду, отвечающую формуле $K(Fe^{3+}, Mg)(Si_{3,8-3,5}Al_{0,2-0,5})O_{10} \cdot 2H_2O$

Между глауконитом и селадонитом $K(Fe^{3+}, Mg)Si_4O_{10} \cdot 2H_2O$ существуют постепенные переходы. Имеется в глауконите примесь фенгитовой частицы $(K, Mg_{0,5}Al_{1,5}[Al_{0,5}Si_{3,5}O_{10}](OH)_2$). Агрегаты, состоящие преимущественно из глауконита, рекомендовано называть глауконитом, промежуточные – смешанослойным глауконит-монтмориллонитом.

Содержание главных компонентов в типичных глауконитах колеблется в следующих пределах (%): K_2O – 4,0–9,5; Na_2O – 0,0–3,0; Al_2O_3 – 5,5–22,6; Fe_2O_3 – 6,1–2,79; FeO – 0,8–8,6; MgO – 2,4–4,4; SiO_2 – 47,6–52,9; H_2O – 4,9–13,5. Плотность 2,2–2,8 г/см³. Твердость 2–3 (по шкале Мооса). Хрупок.

Глауконит – широко распространенный в природе минерал, общие ресурсы которого оцениваются в 35,7 млрд тонн.

Уральский регион относится к одному из перспективных по запасам глауконита районов.

На восточном склоне Урала в Ново-Лялинском районе мощность кварц-глауконитовых песков и песчаников достигает 34 м; содержание в них глауконита до 50%. Ориентировочные запасы Лобвинского, Белореченского и Караульского месторождений около 150 млн тонн.

На территории Челябинской области в восточной ее части глауконит-содержащие породы (пески) имеют большое распространение от широты пос. Багаряк на севере до широты райцентра Миасское на юге. Всего выделено 10 перспективных площадей. Из 7 первоочередных площадей поисковые работы проведены на 4: Кабанской, Каринской, Актюбинской и Сункурдукской.

Кабанская площадь расположена в Каслинском районе в 115 км к северу от г. Челябинска, в 6 км к западу от с. Усть-Багарак. На Кабанской площади выявлено два проявления глауконитовых песков: Кабанское и Заречное.

Кабанское проявление расположено непосредственно к западу от оз. Кабанье. Мощность продуктивного горизонта неравномерна и колеблется от 1,8 до 9,0 м, составляя в среднем 5,1 м. Залежь сложена мелкозернистыми кварцево-глауконитовыми песками. Содержание глауконита неравномерное и колеблется от 36,5 до 60%, в среднем – 45%.

Прогнозные ресурсы составляют 34 млн тонн.

Заречное проявление находится на южном фланге Кабанской площади (левый берег р. Синары). Продуктовый горизонт довольно выдержан по мощности 4,4–6,3 м (в среднем 5,1 м). Залежь сложена мелкозернистыми глауконитовыми песками с содержанием глауконита 49,7–57,1 % (среднее 52%).

Прогнозные ресурсы составляют 15,1 млн тонн.

Каринская площадь расположена в пределах Кунашакского района в 100 км к северу от г. Челябинска. По результатам поисков в пределах Каринской площади выявлено два проявления глауконитовых песков: Карийское и Айтакское.

Каринское проявление находится на правом берегу р. Синары в 1 км к югу от д. Карино. Мощность продуктивного горизонта неравномерная и колеблется от 1,5 до 8,7 м (средняя 6,0 м). Сложен горизонт глауконитовыми песками. Содержание глауконита равномерное в центральной части залежи и составляет 55–65 %, понижается к краевым ее частям до 35–40%.

Химический, минеральный и гранулометрический состав Карийского проявления глауконитосодержащих пород представлен в табл. 11.1, 11.2 и 11.3.

Таблица 11.1 Химический состав проб, мас. %

Химические соединения	Проба 1	Проба 2	Проба 3
SiO ₂	75,0	71,3	69,2
Al ₂ O ₃	4,55	5,28	5,24
CaO	0,40	0,55	1,15
MgO	1,46	1,87	2,27
Fe	8,04	8,89	8,89
FeO	<0,50	1,72	2,08
Fe ₂ O ₃	11,5	10,8	10,4
K ₂ O	3,44	3,68	4,46
Na ₂ O	0,23	0,27	0,29
MnO	0,39	0,46	0,33
P ₂ O ₅	0,061	0,096	0,450
S	0,010	0,082	0,079
CO ₂	0,13	н/обн	0,26
Конституционная вода	2,60	3,74	3,80
Влага гидратная (адсорбционная)	2,56	3,96	3,59
Сумма	100,12	99,96	99,96

Прогнозные ресурсы составляют 4,3 млн тонн.

Айтакское проявление расположено в 2,5 км к юго-востоку от Каренской залежи и в 3,5 км к юго-востоку от д. Карино.

Полезная толща залежи сложена собственно глауконитовыми песками, переслаивающимися с кварц-глауконитовыми.

Содержание глауконита относительно равномерное (44,5–55,0%).

Прогнозные ресурсы составляют 69,3 млн тонн.

Таблица 11.2. Минеральный состав проб, масс. %

Минерал	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Глауконит, монтмориллонит	57,0	65,0	70,0
Кварц, холцедон	40,0	34,0	28,0
Карбонат кальция	0,2	0,0	0,5
Гидроксиды железа	2,0	0,2	0,2
Фосфат кальция	0,1	0,2	1,0
Полевой шпат	0,1	ед. зерна	ед. зерна
Магнетит	0,2	0,1	0,1
Рутил	0,3	0,4	0,1
Пирит	0,1	0,1	0,1
Сумма	100,0	100,0	100,0

Таблица 11.3. Зерновой состав глауконита по классам крупности

Классы крупности, мм	Массовая доля, %		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
+ 0,59	–	ед. зерна	ед. зерна
–0,59...+0,42	0,5	ед. зерна	0,3
–0,42...+0,21	15,8	19,6	18,6
–0,21...+0,15	45–5	35,0	23,9
–0,15...+0,074	36,4	44,5	55,8
–0,074	1,8	0,9	1,4
Итого	100,0	100,0	100,0

Актюбинская площадь расположена в Красноармейском районе в 84 км к северо-востоку от г. Челябинска и в 60 км к северу от с. Миасское. В пределах Актюбинской площади выявлено два проявления глауконитовых песков: Кирды и Межозерное.

Проявление Кирды находится непосредственно к западу от оз. Кирды. Мощность продуктивного горизонта неравномерная и колеблется от 2,5 до 11,2 м (средняя 7,9 м). Содержание глауконита равномерное, в пределах 40,9–66,7%, в среднем 55,2 %.

Прогнозные ресурсы составляют 135 млн тонн.

Межозерное проявление находится в 6 км к югу от проявления Кирды, на площади между озерами Шуран-Куль и Сугояк.

Продуктивный горизонт сложен глауконитовыми песками. Мощность горизонта неравномерная, составляет 5,8–10,6 м (средняя 8,3 м). Содержание глауконита высокое и находится в пределах 51,4–65,5% (среднее 57,7%).

Прогнозные ресурсы составляют 39,6 млн тонн.

В Актюбинском Приуралье известно месторождение кварц-глауконитовых песков Кызыл-Сай. Средняя мощность нижнего горизонта 0,59 м, содержание глауконита 80–90%, мощность верхнего горизонта 0,95 м, содержание глауконита 39%.

В Ишимбаевском районе Республики Башкортостан имеется мелкое (запасы по категориям А+В+С₁ – 90 тыс. тонн) Байгузинское месторождение глауконитовых песков.

По предварительным результатам изучаемые проявления глауконита перспективны для промышленного освоения.

Глаукониты, благодаря своим специфическим свойствам (наличию красящих оксидов, активных катионов К⁺, слоистой структуре), представляют ценное промышленное сырье различного назначения. К настоящему времени определилось четыре основных направления их использования: в качестве минеральных пигментов для получения красок, как смягчителей вод, сорбентов и калийных удобрений.

Минерал глауконит в последние годы все больше привлекает к себе внимание своей дешевизной, недорогим способом добычи, а также достаточной для промышленного использования сырьевой базы минерала. Получая новые данные о физико-химических свойствах минерала, продолжается поиск областей применения глауконита. Одним из перспективных способов применения минерала в естественном виде представляется его использование в программах реабилитации загрязненных территорий от тяжелых металлов, радионуклидов, где не требуется дополнительная обработка.

Гранулированные образцы глауконита удовлетворяют требования ГОСТа по показателям механической прочности и химической стойкости и могут быть использованы в качестве фильтрующей загрузки в процессах водоподготовки.

Глауконит, обработанный слабым раствором серной кислоты, проявляет хорошие адсорбционные и осветляющие свойства и может быть применен для осветления и очистки масел, сточных вод текстильных производств.

Глауконит может быть рекомендован в качестве минеральных удобрений как кормовая добавка для сельскохозяйственных животных и птиц.

За последние десятилетия проведенные исследования подтвердили целесообразность использования глауконитсодержащего сырья для получения окрашенных стекол, глазурей, а также стеклокристаллических материалов, в качестве добавок в производстве черепицы, кирпича, керамических плиток, каменного литья, наполнителей для поливинилхлоридных композиций и др.

12. ТЕХНОГЕННОЕ СЫРЬЕ УРАЛА

В результате хозяйственной деятельности человека в природе накапливаются большие количества промышленных отходов – неиспользованные побочные продукты, остатки сырья, материалов, полностью или частично изменившие свои свойства.

Самый большой объем отходов приходится на отходы горнопромышленных предприятий и связанных с ними перерабатывающих производств, образующихся при добыче, обогащении, переработке полезных ископаемых (вскрышные и попутно добываемые породы). Источниками различных отходов являются тепловая энергетика и топливная промышленность (золы, шлаки), угледобыча и углеобогащение (пустые породы, угольные шлаки, хвосты флотации); черная и цветная металлургия (шлаки и шламы); промышленность строительных материалов (отходы обогащения каолинов, переработки асбестовых, тальковых и других руд, бой кирпича, стекла и др. изделий) и т.д.

Под складирование горно-промышленных отходов, в целом по России, занято свыше 500 тыс. га земель, а негативное воздействие отходов на окружающую среду проявляется на территории, превышающей эту площадь в 10–15 раз.

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, строительных материалов и других отраслей промышленности РФ ежегодно образуется около 7 млрд тонн отходов. Используется же лишь 2 млрд тонн, или 28% от общего объема. В связи с этим в отвалах и шламохранилищах страны накоплено около 80 млрд тонн только твердых отходов. Под полигоны ежегодно отчуждается около 10 тыс. тонн пригодных для сельского хозяйства земель.

Уральский экономический район, как старейший регион с высоко развитой горнодобывающей и перерабатывающей промышленностью, лидирует по количеству горно-промышленных отходов (ГПО). За последние 60 лет в Уральском регионе накоплено более 10 млрд тонн вторичного минерального сырья. Главными поставщиками техногенного сырья являются горнодобывающая и металлургическая промышленность, а также теплоэнергетика, использующая твердое топливо. По оценкам ВИЭМСа (с привлечением информации Госкомстата РФ, различных отраслевых ведомств и организаций), к 2010 г. объем ГПО в Уральском регионе будет составлять около 5 млрд тонн (табл. 12.1).

Таблица 12.1. Ожидаемые к 2010 году объемы ГПО по отраслям промышленности, млн. тонн

Черная металлургия			Цветная металлургия			Топливная энергетика	Угольная промышленность	
Вскрышные и вмещающие породы скальные	Шлаки металлургические	Отходы обогатительных фабрик	Вскрышные и вмещающие породы		Отходы обогатительных фабрик	Золослаки	Отходы обогатительных фабрик	
			скальные	рыхлые				
1376	418	1079	798	547	207	275	497	46

Около 25% территории Уральского региона оцениваются как кризисные в связи с загрязнением, связанным с хранением ГПО.

Среди многочисленных разновидностей вторичного минерального сырья имеются разнообразные неорганические материалы и вещества, которые могут быть использованы в огнеупорной и других отраслях промышленности. По химико-минеральному составу техногенное сырье можно классифицировать как магнезиальное, магнезиально-силикатное, алюмосиликатное, кремнеземистое, известь- и углесодержащее.

Наиболее высокоогнеупорное и качественное техногенное сырье представлено преимущественно некондиционным отвальным магнезитом, хвостами обогащения талька, пылеуносом обжиговых и плавильных печей, осыпью и корковой зоной блоков плавленого периклаза, а также магнезиальными продуктами химического производства (хлориты, сульфиты и карбонаты магния).

Существенным резервом магнезиального сырья могут быть шлаки высокоуглеродистого феррохрома, представляющие собой форстеритошпинельный материал, который в настоящее время не используется.

К числу магнезиально-силикатных отходов относятся: некондиционные хромитовые руды и нерудные продукты их обогащения, отходы талька и асбеста, пыль печей для обжига дунита, форстеритошпинельные ферросплавные шлаки и другие материалы. Суммарный годовой объем прироста таких отходов превышает 10 млн тонн. Запасы в отвалах составляют более 500 млн тонн.

Магнийсодержащие отходы, образующиеся в процессе производства на комбинате «Магнезит», содержат преимущественно оксид магния. Они являются ценным сырьем для магнезиальных жаростойких бетонов, а также могут быть успешно использованы при изготовлении сравнительно недорогих магнийфосфатных связок.

Значительные объемы шлаков высокоуглеродистого феррохрома накоплены на Серовском ферросплавном заводе, Челябинском электрометаллургическом комбинате. Шлаки от выплавки высокоуглеродистого феррохрома представляют собой огнеупорный материал, основными минеральными фазами которого являются форстерит (55–60%), алюмомагнезиальная шпинель (36%), стекловидная фаза мелилитового состава (3–4%). В качестве механических примесей в шлаке присутствуют корольки феррохрома (до 5%). Технические требования на шлаки приведены в табл. 12.2.

Таблица 12.2. Технические требования на шлак форстеритошпинельный плавный

Наименование показателей	Норма, массовая доля, %
MgO, не менее	42,0
SiO ₂ не более	33,0
Al ₂ O ₃ , в пределах	14–19
CaO, не более	2,0
Максимальный размер кусков, мм, не более	200,0

Химический состав и огнеупорность проб шлаков низкоуглеродистого и высокоуглеродистого феррохрома Серовского ферросплавного завода, прошедших частичную магнитную сепарацию, представлены в табл. 12.3, зерновой и фазовый состав, насыпная масса их приведены в табл. 12.4.

Таблица 12.3. Химический состав и огнеупорность шлаков феррохрома

	Содержание оксидов, %						Огнеупорность, °С
	Cr ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	FeO	
Шлак высокоуглеродистого феррохрома	5,0	43,0	18,0	31,0	2,5	1,0	1650
Шлак низкоуглеродистого феррохрома	5,0	13,0	7,0	29,0	45,0	1,0	1320

В «Уралмехнабор» получены безобжиговые форстеритовые огнеупоры на основе шлаков высокоуглеродистого феррохрома, которые удовлетворяют требованиям ГОСТ 4832–79.

Шлак низкоуглеродистого феррохрома характеризуется низкой огнеупорностью 1320°С, что обусловлено высоким содержанием в нем оксида кальция – 45%. Его целесообразно применять для получения строительного безобжигового кирпича (тротуарного камня, кирпича бетонного облицовочного, камня бетонного стенового) и других изделий.

Таблица 12.4. Зерновой, фазовый состав и насыпная масса шлаков феррохрома

Наименование показателей	Шлак феррохрома	
	высокоуглеродистого	низкоуглеродистого
Зерновой состав, %, фракция:	32,0	4,0
Более 5 мм	31,0	23,5
3–5 мм	4,5	18,5
2–3 мм	2,5	17,5
1–3 мм	4,5	17,5
0,5–1 мм	25,5	19,0
менее 0,5 мм в том числе 0,088–0,5 мм	12,7	9,5
менее 0,088 мм	12,7	9,5
Насыпная масса валовой пробы, г/см ³	1,92	1,58
Фазовый состав по рентгенофазовому анализу	Mg ₂ SiO ₄ (основная фаза) (Al, Cr) ₂ O ₃ , Ca ₃ SiO ₅ – примесь	Mg ₂ SiO ₄ (Mg, Fe) (Al, Cr) ₂ O ₃ Ca ₃ SiO ₅

К перспективным направлениям утилизации промышленных отходов относится применение их в качестве сырьевых компонентов в производстве строительных материалов различного назначения. Это позволяет не только снизить их стоимость, но в ряде случаев получить материалы с более высокими физико-механическими свойствами, по сравнению с материалами на основе традиционных составляющих.

Одним из наиболее эффективных направлений является использование промышленных отходов в качестве компонентов жаростойких материалов. Для этих целей целесообразно применять некоторые виды шлаков ферросплавного производства, цветной металлургии, доменные шлаки, отходы абразивного производства и высокоглиноземистые отходы нефтехимии.

На заполнителях из шлаков от выплавки высокоуглеродистого феррохрома Челябинского электрометаллургического комбината, никелевых и медных шлаков в УралНИИстромпроекте (г. Челябинск) разработаны составы жаростойких бетонов с температурой эксплуатации 600–1200°С. Для снижения средней плотности бетонов в их состав на Уфимском опытном заводе «Тепломонтаж» вводят добавки пемзы из доменных шлаков Челябинского металлургического завода. Бетоны на шлаковых заполнителях использует также и Челябинский филиал АО «Союзтеплострой» и другие предприятия.

В процессе производства ферросплавов образуется огромное количество отходов в виде шлаков. На АО «ЧЭМК» (г. Челябинск) около 18% шлаков перерабатываются как оборотный продукт, до 15% гранулируется и свыше 17% используется в сельском хозяйстве. Однако, если оценивать потери, которые несет комбинат из-за отсутствия внедрения эффективных технологических решений по утилизации ферросплавных шлаков, то эти потери очень ощутимы.

Из ферромолибденового шлака получены тонкоизмельченные добавки для кислотостойкого и жаростойкого бетона. Особенно перспективны в качестве отвердителя жидкого стекла ферромолибденовый шлак силикомарганца, а также распадающиеся феррохромовые шлаки. Самораспадающиеся шлаки, кроме порошка для известкования почв и добавки в сырьевую смесь силикатного кирпича, могут быть использованы в производстве облицовочных плиток, стеновых блоков и других изделий.

Одно из перспективных направлений использования пылей и шламов с высоким содержанием диоксида кремния (ферросилиция и ферросиликохрома) – применение их в производстве жидкого стекла. Значительное количество пылей и шламов ферроплавильного производства может быть использовано также для получения вяжущих материалов с различными свойствами.

В УралНИИИстромпроекте доказано, что из ферромолибденовых шлаков способом шлакового литья с подпрессовкой возможно получение плит, обладающих высокой кислотостойкостью в агрессивных условиях. Значительное количество шлаков ферросплавного производства, особенно с высоким содержанием кремния, может быть использовано при изготовлении вяжущих и теплоизоляционных материалов, различных огнеупорных и жаростойких материалов (бетонов, замазок, торкрет-масс и др.).

Шлаки ферросилиция и силикохрома после измельчения применяются как мелкий пористый наполнитель бетона, а также в качестве сырья для получения микронаполнителя и добавки в строительные растворы.

Феррохромовый шлак улучшает свойства силикатного кирпича. Добавка феррохромового шлака в количестве 5–6% в силикатную массу повышает прочность кирпича на 23–28%, а соотношение в смеси извести, феррохромового шлака, молотого и немолотого песка, равное 3:9:18:70, позволяет получать кирпич с прочностью 25,0–30,0 МПа и морозостойкостью 50 циклов. При увеличении в сырьевой смеси феррохромового шлака до 12% и добавке 0,4% хлорида магния прочность силикатного кирпича повышается до 30,0–35,0 МПа.

Феррохромовый шлак в значительном количестве можно применять для получения различных специальных покрытий (для разметок асфальтобетонных дорог, в качестве красителя при производстве коврово-мозаичных плиток и смальты) взамен дефицитных хромсодержащих пигментов.

Введение в сырьевую смесь силикатного кирпича шлаков силико-марганца в соотношении известь, песок и шлак, равном 1,0:0,5:0,5, повышает прочность кирпича в 1,56 раза и снижает удельную плотность его на 0,1 кг/см³, что создает предпосылки для получения пустотелого (облегченного) кирпича.

Работами, проведенными в НИИЖБ и УралНИИИстройпроект, установлена возможность применения указанных шлаков, а также шлаков высокоуглеродистого феррохрома в качестве наполнителей в бетонах с температурой службы от 700 до 1500°C. На основе этих исследований разработаны жаростойкие бетоны с температурой применения от 800 до 1500°C. На основании полученных результатов исследований и опытных работ по каждому виду жаростойких бетонов разработаны технические условия (ТУ-14-6-02900335-40-96, ТУ-14-11-38-96).

Одним из перспективных направлений использования пылей и шламов сталеплавильных производств является внедрение технологии по получению из пылей и шламов железосодержащих пигментов, находящих широкое применение в лакокрасочной, резинотехнической, бумажной, керамической и других отраслях промышленности. Дефицит в таких пигментах высокий, а предприятий по их производству в России практически нет.

В настоящее время сталеплавильные шлаки, в основном, используют для производства щебня, необходимого в дорожном строительстве, и для изготовления строительных конструкций. В УралНИИстромпроект установлена возможность получения шлаколитых изделий ответственного назначения из железистых шлаков, в которых одним из основных компонентов минерального состава является форстерит ($2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$).

Одним из перспективных путей использования доменного шлака является применение его для получения шлаковых стекол и шлакоситаллов. Учеными ЮУрГУ (г. Челябинск) разработаны составы шлакоситаллов, отличительными особенностями которых является применение в составе шихты до 80 мас. % магнезиального шлака ОАО «ЧМК» (г. Челябинск). Разработанные шлакоситаллы отличаются высокой температурой начала размягчения (1200°C) и химической стойкостью (щелочестойкостью), что позволяет рекомендовать их в качестве защитной футеровки строительных изделий и конструкций (желобов, каналов, емкостей и т.п.), работающих в агрессивных средах в различных отраслях промышленности.

Наиболее эффективным методом переработки доменных шлаков является получение из них шлаковых изделий различного назначения, а также литого щебня. В этом случае используется жидкий шлак текущего выхода, что не требует дополнительных, весьма затратных технологических переделов, связанных с расплавлением шлаков. Шлаколитые изделия обладают высокой износостойкостью, термостойкостью, упругопрочностными свойствами.

Получен положительный опыт использования шлаколитых плит в коксохимическом производстве АО «Мечел», шлаколитых утяжелителей для подводного пригружения магистральных нефтепроводов, тубингов для облицовки тоннелей метрополитена, бордюров дорожного строительства.

Из группы углесодержащих отходов для огнеупорной промышленности представляют интерес графитовая спель доменного производства, отходы графитации производства электродов, электродные огарки и отходы коллоидального углерода металлургической и химической промышленности.

Алюмосиликатное огнеупорное техногенное сырье представлено большой группой каолин- и глиноземсодержащих материалов: вскрышные породы и отходы углеобогащения (каолинит + уголь), пылеунос ГЭС и вращающихся печей для обжига глинозема и шамота, шламовые отходы электрокорунда абразивного производства, высокоглиноземистые алюмотермические шлаки, травильные алюминийсодержащие растворы предприятий цветной металлургии и синтеза органических соединений (фосфаты, алкоголяты алюминия и другие), суммарный годовой прирост которых составляет более 600 млн тонн.

В группу техногенных высококремнеземистых материалов входит дисперсная пыль от производства кремния и кремнийсодержащих ферросплавов (до 98% SiO_2), а также весьма крупномасштабные кварцевые отходы горнодобывающей промышленности, отходы обогащения каолинов и другие материалы.

Наиболее распространенными и тугоплавкими кальцийсодержащими материалами являются саморассыпающиеся ферросплавные и рафинировочные шлаки, бокситовые («красные») шламы, известково-алюминатные шлаки, пылеунос печей для обжига доломита и извести.

На основе дисперсных отходов корундового производства и производства синтетического каучука, фосфатных связующих разработаны составы и технология изготовления жаростойкого газобетона со средней плотностью 400–1000 кг/м³ и температурой эксплуатации 1300–1700°C. Данные материалы по свойствам превосходят известные отечественные и зарубежные аналоги.

Не менее перспективна технология получения легких теплоизоляционных изделий (кирпич, блоки, плиты) на основе легкой фракции зол (микросфер) ТЭС. Утилизация зол ТЭС и ГРЭС проводится в очень малых объемах (около 1% от всех золошлаковых отвалов). Их, в основном, используют как строительный материал в качестве добавки к цементам при производстве бетонов и растворов различного назначения. В последние годы золу стали более интенсивно применять для производства строительного кирпича и кислотоупорного порошка.

Весьма перспективна технология производства строительного кирпича из зол ТЭС способом горячего прессования (разработка ОАО «УралНИИСтромпроект» г. Челябинск). Эта технология не требует сушильного передела и обжига, как это принято в традиционной технологии получения кирпича из глины. В результате длительность процесса производства кирпича сокращается до 5–7 часов (вместо 50–90 по традиционной технологии). При этом снижаются затраты в 2–5 раз, сокращаются производственные площади и набор технологического оборудования. Кирпичи, полученные в лабораторных условиях, имеют следующие характеристики:

- объемная масса (плотность) – 1250–2200 кг/м³;
- прочность при сжатии – 15–200 МПа;
- водопоглощение – 2–20%;
- морозостойкость – 50 циклов;
- коэффициент теплопроводности при плотности 1450 кг/м³ – 0,47 Вт/м•град.

Исследованиями ученых «УралНИИСтромпроект» доказано, что на основе зол ТЭС можно разработать более эффективные технологии. Например, разработана технология изготовления пористого заполнителя легких бетонов (золопорита). Золопорит имеет, по крайней мере, три неоспоримых преимущества перед традиционным керамзитом:

1) ему не нужны глиняные карьеры, он производится из зол ТЭС (особенно на бурых углях) и по стоимости он ниже; по своим эксплуатационным характеристикам, в том числе и по теплопроводности, золопорит вписывается в требования ГОСТа к легким бетонам;

2) производство золопорита в какой-то мере решает экологические вопросы, уменьшая отвалы.

Из зол ТЭС в композиции с глиной, цементом, гипсом, жидким стеклом, полимерами, можно получать материалы, обладающие рядом замечательных свойств: легкостью, низкой теплопроводностью, прочностью, огнеупорностью. Благодаря этому, указанные композиционные материалы могут иметь самые широкие области применения: строительные материалы, легковесные огнеупоры, судостроение, а также другие области, где требуется легкий, теплоизоляционный, негорючий материал.

При электрохимической очистке высококачественного литья от окислы и пригара образуется отход, содержащий 75–85% щелочных оксидов, которые могут быть использованы в качестве активатора силикатной

смеси для получения силикатного кирпича с улучшенными строительно-техническими свойствами и при этом будет значительно сокращено время гидротермальной обработки кирпича.

Отработанные травильные отходы, получаемые при травлении металлов и в гальванических производствах на предприятиях металлургии, металлопереработки, машино- и станкостроения, особенно сплавов алюминия могут быть использованы для получения керамических материалов. Образующиеся шламы при обработке алюминия и его сплавов пригодны как активная добавка к цементам и бетонам, высококачественным строительным растворам и керамическому кирпичу.

Отходы электрохимической обработки алюминиевых сплавов и деталей могут быть использованы при изготовлении стекол с повышенной термостойкостью и удовлетворительными свойствами.

Ваграночный шлак в количестве 20% может быть использован для изготовления клинкерных брусков, которые будут обладать прочностью 40 МПа, водопоглощением до 4%, истираемостью не более 0,1 г/см² и морозостойкостью не менее 50 циклов. Ваграночный шлак может быть использован в производстве многокомпонентных цементов.

Избыточные отходы шламов газоочисток аглофабрик и производства окатышей состоят из тонкодисперсных соединений кальция и частично из оксида магния, их можно эффективно использовать в сырьевой смеси цементов и при обжиге клинкера.

Гипсосодержащие шламы газоочисток могут быть использованы для получения гипса путем обработки их серной кислотой с последующей промывкой образующегося осадка подкисленной водой. Такой гипс или шламы, после их обработки фосфорной кислотой, можно использовать вместо природного гипса или фосфогипса при получении строительных материалов, вяжущих и белых наполнителей – пигментов различного назначения.

Одним из направлений применения вскрышных пород, получаемых при добыче железных руд и содержащих более 70% кремнезема и более 15% глинозема, является производство керамических плиток, в котором они заменяют дефицитный полевой шпат.

В настоящее время частично находит применение в качестве железистой добавки некондиционный сидерит Бакальского рудоуправления (Челябинская область) на Катав-Ивановском цементном заводе.

Вскрышные породы и хвосты обогащения Вишневогорского и Малышевского рудоуправлений характеризуются высоким содержанием

кремнезема и глинозема и являются перспективным полевошпатовым сырьем.

Институтом минералогии УрО РАН (г. Миасс) рекомендовано хвосты обогащения руд Вишневогорского месторождения использовать для получения нефелин-полевошпатового, полевошпатового и биотитового концентратов, применяемых в керамической, стекольной и электродной промышленности. Отходы Вишневогорского рудоуправления используются в большом объеме.

Неудовлетворительно идет использование строительного песка с Миассского полигона при добыче россыпного золота дренажным способом. Не находят применения пески отвалов золотодобычи в районе г. Пласт (Челябинская область), в которых содержится ценный высокоглиноземистый минерал – кианит.

При вскрышных работах при добыче каолина-сырца месторождения «Журавлиный Лог» в отвале накапливается глинистая порода, жирная на ощупь, с примесью песка и известковых включений. Химический состав: SiO_2 – 41,18–47,15%; Al_2O_3 – 32,59–36,98%; Fe_2O_3 – 0,82–5,16%; TiO_2 – 0,19–0,87%; CaO – 0,20–5,15%; MgO – 0,17–0,93%; K_2O – 0,93–2,03%; Na_2O – 0,17–0,93%; SO_3 – 0,02–0,05%; влажность 9,2–14,4%; нормальная рабочая влажность 32%; усадка при сушке 12,8%; механическая прочность в сухом состоянии 21,97 МПа, в обожженном состоянии при 950°C 46,49 МПа.; водопоглощение (при 950°C обжига) стержней 10,1%; плитки 9,0%.

При обогащении каолина в отвал поступают пески с содержанием до 20% каолина. Химический состав продукта: SiO_2 – 87,64%; Al_2O_3 – 12,19%; Fe_2O_3 – 0,13%; TiO_2 – 0,27%; CaO – 0,45%; K_2O – 0,33%; Na_2O – 0,13%; SO_3 – 0,09%; ППП – 4,77.

В лабораторных условиях ЗАО «Уральский фарфор» на основе вскрышных пород и отходов производства при обогащении каолина месторождения «Журавлиный Лог» разработаны составы майолики и керамического гранита. В производстве фарфора в ЗАО «Уральский фарфор» ежегодно накапливается около 500 тонн отходов станции осветления шламовых стоков. Химический состав (%): SiO_2 – 59,64–63,21; Al_2O_3 – 24,07–27,07; Fe_2O_3 – 0,30–0,56; TiO_2 – 0,28–0,46; CaO – 0,84–1,96; MgO – 0,3–1,0; K_2O – 1,40–2,27; Na_2O – 0,83–0,94; ППП – 6,31–8,95.

На предприятии разработаны составы керамических масс с использованием отходов станции осветления шламовых стоков. Коржи отходов,

поступающие с фильтпрессов станции осветления, измельчаются, подвергаются активации, затем по традиционной технологии готовится керамическая масса для пластического формования.

Из шлаков Карабашского медеплавильного комбината в лабораторных условиях ЮУрГУ и ОКБ при Южноуральском заводе радиокерамики было получено более 20 составов цветных фритт, а из отходов Уфалейского никелевого завода получены пигменты, которые с успехом могут быть использованы в керамическом производстве.

В настоящее время растет интерес к легковесным пористым конструкционным, термо- и звукоизоляционным материалам. Одним из таких материалов является пеностекло. Пеностекло, или пористое стекло, представляет собой затвердевшую стеклянную пену, образующуюся при выделении газа в момент размягчения стекла на определенной стадии производства. Благодаря исключительно полезным свойствам пеностекло находит широкое применение для изоляции перекрытий, стен, полов, покрытий в зданиях различного назначения, также технологических трубопроводов, резервуаров и оборудования. В качестве исходного сырья используют бой стекла или приготовленное для этих целей стекло и вспенивающие материалы.

Применение огнеупорных и тугоплавких техногенных материалов в качестве сырья для стройиндустрии, производства огнеупоров, керамики, цемента и других силикатных и оксидных видов продукции технически и экономически более эффективно, чем использование традиционного неметаллического сырья. Именно при переработке техногенных образований в огнеупорной и керамической промышленности можно достаточно быстро получить экономический эффект и реализовать возврат вложенных денежных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Керамика – один из самых перспективных материалов XXI века. По данным ЮНЕСКО по структуре производства материалов в мире основную часть составляет керамика (62%), древесина (23%) и черные металлы (12%). По темпам наращивания производства лидирует керамика (8,7%), полимеры (7,9%) и цветные металлы (5,9%). Масса ежегодно производимых в мире керамических материалов составляет более 4,2 млрд тонн в год. Такие объемы будут сохраняться и в последующие годы.

Керамика, обладающая функциональными свойствами, отсутствующими у металлов и пластмасс, таит в себе неограниченные потенциальные возможности применения во всех отраслях промышленности. Многообразие свойств и функций керамических материалов позволяет заменить ими дорогостоящие металлы, такие как хром, кобальт, вольфрам и др.

Отсюда большой интерес к новой керамике и высокие темпы роста.

Однако отечественная керамическая промышленность и наука сегодня переживают не лучшие времена, хотя в конце 80-х – начале 90-х годов прошлого века в бывшем СССР активно велась разработка перспективных конструкционных материалов для различных отраслей промышленности.

Если по некоторым направлениям отставание составляло 20–25 лет, то сегодня происходит скатывание к уровню малоразвитых стран. Теряется уникальное производство, технологии, оборудование, специалисты высокой квалификации все чаще остаются невостребованными, прекратили свое существование отраслевые институты (НИИФ, ВНИИЭК), ОКБ, СКВ, затруднен обмен технической информацией. Все это может привести к тому, что выпуск перспективной керамики будет прекращен в нашей стране. Между тем процветание или упадок страны во многом зависит от уровня производств, основанных на комплексных знаниях,ковым и является производство новой керамики.

С распадом СССР Россия осталась без собственной сырьевой базы для тонкой керамики, за ее пределами оказалось производство синтетических алмазов и алмазных шлифовальных кругов, карбидкремниевых

нагревателей, твердосплавных порошков и инструмента, режущего инструмента на основе новой керамики.

Урал располагает неисчерпаемыми запасами керамического сырья, из которого можно изготавливать разнообразные высококачественные материалы и изделия: от строительного кирпича и черепицы, облицовочной плитки, санитарно-технических изделий до хозяйственно-бытового и электротехнического фарфора, фаянса, майолики, каменного литья, технической керамики, огнеупоров, стекла, металлов и др. Однако рационально использовать эти богатства можно лишь тогда, когда на этом будут сконцентрированы интересы, как государства, так и производителя.

Урал богат месторождениями высококачественных каолинов, огнеупорных глин, бокситов, кианитовых (дистеновых), титановых руд, пиррофиллитов, магнезиальных и магнезиальносиликатных, карбонатных, кварцевых, полевошпатовых и др. полезных ископаемых.

Однако многие виды сырья не востребованы из-за отсутствия обогащительных комплексов. Отсутствует селективная добыча и усреднение исходного сырья, что существенно снижает однородность природного минерального сырья. В технологических схемах обогащения не используются достижения зарубежных обогащительных фабрик по измельчению и обогащению концентратов.

Учитывая, что по богатству и разнообразию сырья для керамической, огнеупорной и стекольной отраслей промышленности Урал занимает одно из ведущих мест в Российской Федерации, главной стратегической задачей на современном этапе должна быть переоценка минерально-сырьевой базы и создание современной региональной перерабатывающей отрасли. Это окажет позитивное влияние на социально-экономическое развитие, а также повысит инвестиционную привлекательность и роль минерально-сырьевого комплекса в экономике большого Урала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Солодкий Н.Ф., Любимов В.Р., Ващенко Г.А., Солодкий Е.Н.* Чempаловское месторождение – новый источник талькового сырья. Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ 1999. С. 20–27.
2. *Солодкий Н.Ф., Замотаев В.И.* Болотовское месторождение маршаллитов // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1995. С. 14–15.
3. *Солодкий Н.Ф.* Элювиальные каолины месторождения «Журавлиный лог» – новый источник высококачественного сырья для производства тонкой керамики // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 3. М.: ВНИИЭСМ, 1995. С. 64.
4. *Жестков В.М.* Использование доменных шлаков для получения шлакоциталов // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 45–47.
5. *Абызов В.А.* Промышленные отходы как сырье для изготовления жаростойких материалов // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 1999. С. 23–24.
6. *Абызов В.А., Климов О.А.* Промышленные отходы Уральского региона как сырьевая база производства жаростойкого газобетона // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 16–118.
7. *Абызов В.А., Трофимов Б.Я.* Эффективные теплоизоляционные жаростойкие материалы на основе промышленных отходов // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 1999. С. 20–21.
8. *Аристов Г.Г., Брон В.А., Вильк Ю.Н. и др.* Огнеупорное производство: Справочник. Т. 1 / под ред. Д.И. Гавриша. М.: Металлургия, 1965. С. 578.
9. *Ахлюстин В.Е.* Вишневогорское месторождение нефелина – полевошпатового сырья // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 18–19.

10. *Безруков Г.Н.* Абдул-Касимовское месторождение тальков на Урале // Труды института геологии рудных месторождений, петрографии и геохимии. Вып. 63. М.: АН СССР, 1961. С. 26–36.
11. *Бухмастов В.И., Солодкий Н.Ф.* Низкотемпературные фритты для скоростного обжига глазурованных облицовочных плиток // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1998. С. 23–24.
12. *Васянов ГЛ., Горбачев Б.Ф.* Урал – важнейшая сырьевая база каолинов России // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 10–11.
13. *Вольхин Е.А.* Полевошпатовый и нефелин-полевошпатовый концентраты Вишневогорского рудоуправления // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 20–21.
14. *Гальперина М.К., Павлов В.Ф.* Глины для производства керамических изделий. М.: ВНИИЭСМ, 1971. 72 с.
15. *Гальперина М.К.* Глины России для производства керамических изделий. М.: ВНИИЭСМ, 1992. 124 с.
16. *Гальперина М.К., Тарантул Н.Л.* Использование вторичных ресурсов в производстве керамических изделий // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Аналитический обзор. М.: ВНИИЭСМ, 1991. С. 93.
17. *Гальперина М.К., Слепнев Ю.С., Ерохина Л.В.* Перспективы развития сырьевой базы керамической промышленности. М.: Стройиздат, 1973. 208 с.
18. *Голдин Б.А., Дудкин Б.Н., Калинин Е.П. и др.* Урал – новая геологическая провинция фарфорового камня. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1967. 54 с.
19. *Горбачев Б.Ф.* Каолины Южного Урала – основная составляющая отечественной сырьевой базы производства тонкой керамики // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1. М.: ВНИИЭСМ, 1988. С. 14–22.
20. *Горбачев Б.Ф.* Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы каолинов на Урале // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 37–43.
21. *Горбачев Б.Ф., Сивоконь В.И., Гуляницкий Ю.А. и др.* Месторождения каолинов СССР. М.: Недра, 1974. 248 с.
22. *Горбачев Б.Ф., Финько В.И., Васянов Г.П. и др.* Фарфоровые камни СССР. М.: Недра, 1988. С. 141.
23. *Дистанов У.Г., Кринари А.И., Петров В.П. и др.* Неметаллические полезные ископаемые СССР. / под ред. В.П. Петрова. М.: Недра, 1984. 407 с.
24. *Добровольский И.Л., Чернявский И.Я., Абызов А.Н., Козлов Ю.Е.* Переработка и утилизация промышленных отходов Челябинской области. Челябинск, 2000. С. 256.
25. *Дьячкова З.С., Лосева М.К., Михайлов Ю.Ф.* Каолины Полетаевского месторождения // Труды ВОСТИО. Вып. 3. Свердловск, 1961. С. 31–46.

26. *Зайков В.В., Кораблев Г.Г., Сняковская К.В., Котляров В.А.* Пирофиллит и пирофиллитовое сырье Урала. Геология, минералогия и технология пирофиллитового сырья. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 48–68.
27. *Зайков В.В., Кораблев Г.Г., Удачин В.Н.* Пирофиллитовое сырье палеовулканических областей. М.: Наука, 1989. 128 с.
28. *Звягельский А.А., Бакуняева В.И.* Исследование полевошпатового сырья Урала. Труды ГИЭКИ. Вып. 4. М.: Госэнергоиздат, 1960. С. 3–17.
29. *Зуев Е.А.* Полевошпатовые концентраты Малышевского рудоуправления // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 21–22.
30. *Зхус И.Д., Самсонов С.К.* Глины и листья рассказывают. М.: Наука, 1968. 120 с.
31. *Кащеев И.Д., Алфеева В.Г., Ладыгичев М.Г., Ногинский М.З. Перепелицын В.А., Речнева Л.А., Шатилов О.Ф.* Огнеупоры для промышленных агрегатов и топок: Справочник. Кн. 1. М: Интермент Инжиниринг, 2000. С. 663.
32. *Козырев В.В.* Геолого-экономическая оценка месторождений полевошпатового сырья // Труды института «Гипронинеметаллоруд». Вып. 4. Л.: Стройиздат, 1970. 256 с.
33. *Козырев В.В.* Полевошпатовое сырье для керамической промышленности // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1. М.: ВНИИЭСМ, 1988. 68 с.
34. *Козырев В.В.* Сырьевые ресурсы талька, волластонита, пирофиллита для керамической промышленности. М.: ВНИИЭСМ, 1973. 48 с.
35. *Королева Л.Ф.* Новые технологии переработки отходов хромового производства // Матер, док. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар, 2002. С. 233–242.
36. *Корчагин КС, Солодкий Н.Ф.* Нижне-Увельское месторождение огнеупорных глин и кварцевых песков // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 19–20.
37. *Кащеев И.Д.* Состояние огнеупорного производства в России // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 47–50.
38. *Кузьмин В.Г., Савичев А.Н.* Развитие минерально-сырьевой базы кварцевого сырья на территории Челябинской области // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 57–61.
39. *Макаров В.К., Басшыргина С.В., Калинин А.М.* Использование вторичного сырья для производства керамики // Матер. докл. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар, 2002. С. 257–260.

40. *Малюга А.А., Сорока Е.И.* Пирофиллитовые породы Приполярного Урала // Геология, минералогия и технология пирофиллитового сырья. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 69–79.
41. *Масленникова Г.Н., Солодкий Н.Ф., Солодкая М.Н., Шамриков А.С.* Использование каолинов различных месторождений в тонкой керамике // Стекло и керамика. 2004. №8. С. 14–24.
42. *Мельников И.И.* Состояние и перспективы развития сырьевой базы каолинов в СССР. М.: ЦНИИТЭСпром, 1969. 52 с.
43. *Меренков Б.Я.* К вопросу о генетической классификации месторождений талькистов и талькового камня Урала // Труды института геологии рудных месторождений, петрографии и геохимии. Вып. 63. М.: АН СССР, 1961. С. 17–25.
44. *Михайлова Н.А., Иванова А.В.* Использование местных видов сырья в технологии бытового фарфора // Тез. док. науч.-практич. конф. «Стекло и керамика: производство и применение». М.: ВИМИ, 1997. С. 49–50.
45. *Мороз И.И., Комская М.С., Сивчикова М.Г.* Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности. М.: Легкая индустрия, 1976. 296 с.
46. *Мороз И.Х.* Глинистое сырье России для производства керамических изделий // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 3–4. М.: ВНИИЭСМ, 1993. С. 6–9.
47. *Перепелицын В.А.* Основы технической минералогии и петрографии. М.: Недра, 1987. С. 255.
48. *Перепелицын В.А.* Перспективное техногенное сырье для производства огнеупоров // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 67–69.
49. *Перепелицын В.А.* Сырьевая база Урала для производства высоко-износостойчивых огнеупоров // Сб. науч. трудов «Огнеупоры на рубеже веков (XX–XXI)». Екатеринбург: ВОСТИО, 2001. С. 30–48.
50. *Перепелицын В.А.* Техногенные ресурсы огнеупорного и керамического сырья Урала // Тез. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2001. С. 213–214.
51. *Петров В.П.* Каолиновые месторождения СССР // Сб. «Каолиновые месторождения и их генезис». М.: Наука, 1971. С. 7–12.
52. *Петров В.П.* Рассказы о белой глине. М.: Недра, 1975. 128 с.
53. *Петров В.П.* Тальк как минерал и полезное ископаемое // Труды института геологии рудных месторождений, петрографии и геохимии. Вып. 63. М.: АН СССР, 1961. С. 3–16.
54. *Ремпель А.М., Берзон С.А., Сухое П.В.* Сырьевая база керамической промышленности // Сб. «Производство и перспективы развития». М.: Госстройиздат, 1962. С. 149–171.

55. Ремпель А.М., Сухое П.В. Исследование глинистого сырья // Труды НИИСтройкерамика. Вып. 22. М.: Госстройиздат, 1963. 120 с.
56. Романович И.Ф., Безруков Г.Н., Богословский Б.А. и др. Месторождения талька СССР. М.: Недра, 1973. 224 с.
57. Сапрыкин В.И. Минерально-сырьевая база ЗАО «НП «Челябинское рудоуправление»: Проблемы и перспективы // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 71–74.
58. Сигов А.П. Геоморфологические условия и эпохи образования каолинов Урала // Сб. «Каолиновые месторождения и их генезис». М.: Наука, 1968. С. 27–33.
59. Сидоров Ю.К., Глаголева Т.В. Экономическая и социальная актуальность оценки и разведки Южного фланга Берлинского месторождения огнеупорных глин // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых 2002. С. 74–75.
60. Синяковская И. В. Петрографические особенности пиррофиллитового сырья месторождения Куль-Юрт-Тау // Геология, минералогия и технология пиррофиллитового сырья. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 80–85.
61. Солодкий И.Ф., Солодкий Е.Н. Использование вторичного сырья в керамическом производстве // Тез. V Всерос. конф. «Керамика и композиционные материалы». Сыктывкар, 2004. С. 120–122.
62. Солодкий Н.Ф. Глины Урала // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1997. С. 2–11.
63. Солодкий Н.Ф. Использование каолинов Кочкарско-Демаринского массива для производства фарфора // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 2. М.: ВНИИЭСМ, 1992. С. 5–8.
64. Солодкий Н.Ф. Каолин месторождения «Журавлиный лог» – источник высококачественного сырья для керамической промышленности России // Керамическая промышленность. Серия 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 11–13.
65. Солодкий Н.Ф. Керамика – материал будущего // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 77–86.
66. Солодкий Н.Ф. Керамическое сырье Среднего и Южного Урала // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 2–9.
67. Солодкий Н.Ф. Кумакское месторождение огнеупорных глин // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. ВНИИЭСМ, 1994. С. 18–19.
68. Солодкий Н.Ф. Кыштымский каолин. Состав и свойства // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1995. С. 6–14.

69. *Солодкий Н.Ф.* Месторождения силикатных пород для стекольной промышленности на Урале // *Техника и технология силикатов*. Т. 5. №1–2. Международный журнал по вяжущим, керамике, стеклу и эмалям. М.: Силинформ, 1998. С. 27–29.

70. *Солодкий Н.Ф.* Перевод производства хозяйственного фарфора на местное сырье // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1997. С. 23–24.

71. *Солодкий Н.Ф.* Проблему производства тонкой керамики – на уровень национальной программы России // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1998. С. 3–11.

72. *Солодкий Н.Ф.* Проблемы производства тонкой керамики – на уровень национальной программы России. Физико-химические проблемы создания керамики специального и общего назначения на основе синтетических и природных материалов. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1998. С. 80–90.

73. *Солодкий Н.Ф.* Российская сырьевая база для керамического производства // Тез. IV Всерос. конф. «Физико-химические и механические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2001. С. 215–216.

74. *Солодкий Н.Ф.* Российская сырьевая база для керамического производства // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 3–4. М.: ВНИИЭСМ, 2001. С. 16–33.

75. *Солодкий Н.Ф.* Уральские кианиты – сырье для керамики и огнеупоров // Тез. док. межотраслевых науч. конф., совещаний, семинаров «Физико-химические и механические процессы в композиционных материалах и конструкциях». М.: ВИМИ, 1996. С. 99–100.

76. *Солодкий Н.Ф.* Эльвиальные каолины месторождения «Журавлиный лог» // Тез. док. межотраслевых науч. конф., совещаний, семинаров «Физико-химические и механические процессы в композиционных материалах и конструкциях». М.: ВИМИ, 1996. С. 101–103.

77. *Солодкий Н.Ф., Клячин В.В., Шмотьее С.Ф., Ягодкин В.С.* Уральские кианиты – высокоглиноземистое сырье для производства керамики и огнеупоров // *Керамическая промышленность*. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1997. С. 12–22.

78. *Солодкий Н.Ф., Солодкая М.Н., Шамриков А.С.* Щелочные каолины Урала // Тез. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства» Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2001. С. 216–219.

79. *Солодкий Н.Ф., Солодкая М.Н.* Нетрадиционные виды минерального сырья Урала для керамической промышленности // Тез. V Всерос. конф. «Керамика и композиционные материалы». Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2004. С. 15–17.

80. *Солодкий Н.Ф., Солодка М.Н.* Сырьевая база керамической и огнеупорной промышленности Урала // Вестник УГТУ. №1. Екатеринбург, 2000. С. 46–49.
81. *Солодкий Н.Ф., Солодка М.Н.* Сырьевая база Урала // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 3–4. М.: ВНИИЭСМ, 1999. С. 20–31.
82. *Солодкий Н.Ф., Солодка М.Н.* Сырьевая база Урала // Стекло и керамика. 2000. №4. С. 15–18.
83. *Солодкий Н.Ф., Солодка М.Н., Инчина Т.А.* Приготовление водного литейного шликера из отходов осветления шламовых стоков // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1998. С. 21–22.
84. *Солодкий Н.Ф., Солодка М.Н., Шамриков А.С.* Каолины Еленинского месторождения // Тез. V Всерос. конф. «Керамика и композиционные материалы». Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2004. С. 117–119.
85. *Солодкий Н.Ф., Солодкий Е.Н.* Использование вторичного сырья в керамическом производстве // Тез. V Всерос. конф. «Керамика и композиционные материалы». Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2004. С. 120–122.
86. *Солодкий Н.Ф., Солодкий Е.Н.* Использование керамического сырья Урала в производстве тонкой керамики // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1999. С. 15–19.
87. *Солодкий Н.Ф., Солодкий Е.Н.* Пылевидный кварц Болотовского месторождения «Маршаллит» // Матер. науч.-практич. конф. «Керамические материалы: производство и применение». М.: ВИМИ, 2003. С. 72–74.
88. *Солодкий Н.Ф., Удачин В.Н., Шамриков А.С.* Пирофиллитовое сырье Урала // Тез. V Всерос. конф. «Керамика и композиционные материалы». Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2004. С. 125–126.
89. *Солодкий Н.Ф., Шамриков А.С.* Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности // Стекло и керамика. 2006. № 9. С. 22–29.
90. *Сторганов А.И.* Проблемы переработки твердых отходов горно-рудного и металлургического производства // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 1999. С. 15–17.
91. *Стуков Н.А.* Кыштымское месторождение каолинов // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 92–95.
92. *Стуков Н.А., Солодкий Н.Ф.* Использование кыштымского каолина и кварцевого песка в керамической промышленности // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 16–17.
93. *Тимашов В.Ю.* Использование вторичного и природного сырья для производства стекла // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 100–103.

94. Тимощук Т.А., Швейкин Г.П. Карботермическое восстановление минерального и техногенного сырья // Тез. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар, 2001. С. 221–222.
95. Торопов Н.А., Булак Л.Н. Курс минералогии, кристаллографии и петрографии с основами геологии. М.: Высшая школа, 1964. 444 с.
96. Удачин В.Н. Пирофиллитовое сырье Гайского месторождения: автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новочеркасск, 1993. 19 с.
97. Удачин В.Н. Пирофиллитсодержащие метасоматиты Домбаровского рудного района (Южный Урал) // Геология, минералогия и технология пирофиллитового сырья. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 97–104.
98. Федосеев А.Д., Зенькович Ф.А. Месторождения глины СССР. Ч. 2 / под ред. П.А. Земятченского. М.: АН СССР, 1937. 664 с.
99. Ханов А.М., Машыгуллина Е.В. Изучение возможности использования сырьевых материалов Пермской области // Тез. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар, 2001. С. 223–224.
100. Хорошавин Л.Б., Головина Т.М. Геологическая характеристика магнезиальносиликатного сырья Урала // Сб. науч. трудов «Огнеупоры на рубеже веков (XX–XXI)». Екатеринбург: ВОСТИО, 2001. С. 49–64.
101. Хорошавин Л.Б., Головина Т.М., Вахрушева Н.В. и др. Магнезиально-силикатное сырье и плавленный форстеритопериклаз // Сб. науч. трудов «Огнеупоры на рубеже веков (XX–XXI)». Екатеринбург: ВОСТИО, 2001. С. 64–73.
102. Цехомский А.М. Особенности распространения каолиновых месторождений СССР // Сб. «Каолиновые месторождения и их генезис». М.: Наука, 1968. С. 13–26.
103. Чернаяров В.Г. Отходы как техногенные ресурсы различного сырья. Изученность техногенных ресурсов. Техногенные месторождения. Способы технико-экономического обоснования переработки отходов // Сб. науч. статей конф. «Использование отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2004. С. 3–12.
104. Чернаяров В.Т., Абдурахманова В.Н. Развитие и совершенствование сырьевой базы для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Челябинской области // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 3–13.
105. Чернявский И.Я. Использование золы ТЭС в производстве керамических изделий // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 104–106.
106. Чершок М.Ю. Повесть о глине. М: Наука, 1968. 112 с.

107. *Чехомова Л.Ф.* Новые технологии переработки отходов хромового производства // Тез. IV Всерос. конф. «Физико-химические проблемы создания новых конструкционных керамических материалов. Сырье, синтез, свойства». Сыктывкар, 2001. С. 224— 225.

108. *Шаимов М.Х.* Утилизация техногенных отходов – существенный резерв повышения эффективности производственной деятельности // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 1999. С. 9–13.

109. *Шаимов М.Х., Королев А.С.* Композиционные вяжущие на основе активной модификации глинозема // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной, огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых 2002. С. 106–107.

110. *Шамриков А.С.* Каолины Урала – сырье для производства керамических изделий // Сб. «Сырьевая база для керамической, стекольной и огнеупорной промышленности Урала. Проблемы. Решения». Челябинск: Челябинский Дом ученых, 2002. С. 111–117.

111. *Шамриков А.С.* Обзор сырьевой базы каолинов в России и за рубежом // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 2001. С. 3–14.

112. *Энглунд А.Э.* Исследование глин и каолинов российских месторождений с целью их использования в производстве фарфоровых масс и глазурей // Керамическая промышленность. Сер. 5. Вып. 1–2. М.: ВНИИЭСМ, 1994. С. 27–28.

Справочное издание

Николай Федорович Солодкий
Валерий Викторович Викторов
Евгений Николаевич Солодкий
Марина Николаевна Солодкая
Валерий Матвеевич Погребенков

**МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА УРАЛА ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ,
ОГНЕУПОРНОЙ И СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Справочное пособие

ISBN 978-5-6042129-0-5

Работа рекомендована РИС ЮУрГГПУ
Протокол №17, 2018 г.

Издательство ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69
Редактор Е.М. Сапегина
Технический редактор Н.А. Усова
Эксперт В.В. Мусатов

Подписано в печать 10.10.2018 г. Формат 60*84/16
Объем 16,32 уч.-изд.л.(31,12) п.л. Тираж 100 экз.
Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69