МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 666.3

КИМ ВЛАДИМИР ИЛЛАРИОНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА БАЗАЛЬТОВ ДЖИЗАКСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКА НА ИХ ОСНОВЕ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра по специальности
5А320404 - Химическая технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Научный руководитель
к.т.н., доц. Бабаханова З.А.

Ташкент – 2017

ВВЕДЕНИЕ…….……..…….…....3
ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР
1.1. Современное состояние исследований по базальтам и разработке на их основе силикатных материалов с высокими физико-техническими свойствами……...…....7
Выводы……..….….33
ГЛАВА II. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И АППАРАТУРА
2.1. Методика анализа сырья и физико-химических свойств образцов…….……..….34
Выводы……....36
ГЛАВА III. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА БАЗАЛЬТА КАРАКИЯ
3.1 . Изучение химико-минералогического состава базальта Джизакской области…….……..…..37
3.2. Проектирование состава шихт базальтосодержащих ситаллов….....52
Выводы……...…59
ГЛАВА IV. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СИТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВ
4.1. Подготовка сырьевых материалов…….....60
4.2. Требования, предъявляемые к готовой продукции…….....64
Выводы……...65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….....66
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……..68
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ…….…...…74

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В Узбекистане в целях решения социально-экономических задач правительство реализует ряд крупномасштабных программ по строительству и реконструкции общественных зданий (в т.ч. школ, колледжей, детских садов, больниц и спортивных комплексов), строительство жилья по типовым проектам в сельской местности. При этом для сохранения энергетической эффективности зданий рекомендуется использовать энергосберегающие строительные материалы и технологии.

Как отмечалось Президентом Республики Узбекистан Исламом Каримовым: «Из-за продолжающегося глобального кризиса, неопределенность и существенно возросшая жесткая конкуренция на мировых рынках, падение темпов роста производства и всеми вытекающими отсюда последствиями, коснувшимися большинства государств в мире. В этих условиях важнейшим ориентиром для социально-экономического развития нашей страны является непрерывное технологическое и техническое обновление производства, а также постоянный поиск внутренних резервов, осуществление глубоких структурных преобразований, модернизации и диверсификации промышленности» [1].

Мировой опыт показывает, что использование энергосберегающих строительных материалов для строительства позволяет решить многие экономические, социальные и экологические вопросы:

Во-первых, позволяет обеспечить экономию энергоресурсов. Сэкономленные объемы природного газа можно использовать для производства продукции более высокой степени переработки и с более высокой добавленной стоимостью

Во-вторых, доходы от экономии энергоресурсов в результате могут быть инвестированы в расширение и модернизацию предприятий, развитие энергетики.

В-третьих, внедрение энергоэффективных зданий способствует созданию продуктивной занятости как в рамках подотраслего производства

строительных материалов (теплоизоляционные материалы) и машиностроения (котельное оборудование), так и в смежных отраслях. Согласно оценкам, имеются перспективы создания дополнительных 15 000 рабочих мест к 2020 году, при этом в смежных отраслях будет создано 55 962 рабочих мест [2].

В–четвертых, энергопотребление в зданиях обуславливает значительную долю выбросов CO_2 в Республике – более 53 млн. тонн при существующих выбросах 104,4 млн.тонн, включающим выбросы CO_2 из зданий в результате сжигания природного газа для приготовления пищи «на месте» до 10%, косвенных (предшествующих) выбросов, обусловленных спросом на электричество и централизованное теплоснабжение. Потенциал сокращения прогнозируемых выбросов за счет использования энергоэффективных технологий в зданиях составляет 25-30% [3].

В условиях Узбекистана для обеспечения сырьевыми ресурсами в производстве строительных материалов перспективным направлением является использование широко распространенных горных пород (базальты, диабазы) месторождений, расположенных на территории нашей республики. Строительные материалы на основе базальтовых пород по праву относятся к энергосберегающим.

Благодаря особым свойствам базальта строительные материалы, производимые на его основе, обладают более низкой виброустойчивостью, не горят и не повреждаются при высокой температуре. Волокна из базальта не задерживают в себе влагу, поэтому материал остается сухим. Он также обладает большим сроком эксплуатации — около 50 лет. Высокая плотность базальтовых плит сводит к минимуму потерю тепла, в то же время их открытая пористая структура обеспечивает отличное поглощение шумов. Вместе с тем утеплитель на основе базальта в разы прочнее. Попадание же мелких частиц под кожу или в дыхательные пути практически исключено. Во всем этом преимущество базальта в сравнении с той же стекловатой и другими материалами теплоизоляции прошлого века.[4]

Целью работы является разработка силикатных материалов строительного назначения на основе базальтов Джизакской области.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- выбор перспективных месторождений базальтовых сырьевых материалов для производства силикатных материалов строительного назначения;

- изучение химико-минералогического состава базальтов Джизакской областей, определение физико-химических характеристик базальтов; разработка составов силикатных материалов на основе базальтов и других местных сырьевых ресурсов;

- проектирование и синтез силикатных материалов с высокими физико-механическими свойствами – высокой прочностью, химической устойчивостью и стойкостью к истиранию.

Объектом исследования являются местные сырьевые материалы – базальты Джизакской и Сырдарьинской областей, стёкла и каменное литье на основе базальтового сырья.

Методы исследования – современные методы физико-химического анализа: кристаллооптический, рентгенографический, дифференциально-термический, ИК спектроскопический, электронно-микроскопический, а также классические методы стекольной технологии.

Научная новизна: Впервые изучены химико-минералогические и физико-химические свойства базальтов Джизакской области с использованием современных методов физико-химического анализа. Исследованы процессы термического фазового превращения, происходящие при различных стадиях обжига. Впервые на основе Джизакских базальтовых пород разработаны эффективные составы стеклокристаллических материалов. Установлена функциональная зависимость свойств масс от их состава и режима термообработки базальтовых масс.

Практическая ценность – на основе местных сырьевых материалов – базальтов Джизакской области получены высокоэффективные стеклокристаллические материалы, определены оптимальные параметры производства.

Реализация работы. Разработанная технология производства высокоэффективных стеклокристаллических материалов может быть использования в стекольных и керамических производствах.

Область применения – горно-обогатительная, строительная, химическая, машиностроительная, металлургическая.

Апробация работы – результаты магистерской диссертационной работы докладывались:

- на XXVI научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата ТКТИ «Умидли кимёгарлар-2017», 2017 г.

- на Республиканской научно*-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», г. Навои, 2016 г.

- на XXIV научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата ТКТИ «Умидли кимёгарлар-2015», 2015 г.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа изложена на 74 страницах, иллюстрируется 12 рисунками, 17 таблицами. Включает введение, 4 главы, выводы и список использованной литературы из 56 наименований.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.

1.1. Современное состояние исследований по базальтам и разработке на их основе силикатных материалов с высокими физико-техническими свойствами

В последние годы актуальность использования базальтовых изделий при строительстве приобретает большие масштабы не только в Узбекистане, но и во всём мире. Это мнение подтвердилось на презентации крупного международного проекта по энергосбережению, проходившего в Узбекистане в июне 2015года. Проект по снижению снижение потребления энергии и выбросов сопутствующих парниковых газов в новых и уже существующих зданиях социального назначения (больницах и школах) является совместным – между правительством страны, Программы развития ООН (ПРООН) и Глобального экологического фонда (ГЭФ). Общая стоимость проекта оценивалась около $13,4 млн, а его длительность была более пяти лет.

По мнению руководителя совместного проекта ПРООН-ГЭФ Кахрамона Усманова, 49% всего энергопотребления (17 млн. т.н.э. в год) и 39% от общего объема выбросов парниковых газов в стране приходится на здания [5]. Показателем энергоэффективности в мире, служит ежегодное потребление тепловой энергии на квадратный метр в киловатт-часах. В частности, для существующих зданий в Европе эта величина составляет 100-120 кВт.ч на квадратный метр. В настоящее время отдельные старые здания в Узбекистане с удельным расходом энергии забирают более 423 кВтч/м^2 в год, что в 2-3 и более раза превышает показатели стран Евросоюза.

Базальт и породы группы базальта – самые распространённые вулканические породы основного состава (содержание кремнезёма SiO_2 – 45-53 мас. %) нормальной щелочности (по содержанию щелочей Na_2O + K_2O), часто с тёмной (тёмно – серой или чёрной со слабым зеленоватым оттенком)

окраской, плотной структурой. Содержание кремнезёма (SiO_2) колеблется от 42 до 52—53 %, суммы щелочей Na_2O+K_2O до 5 %, в щелочных базальтах до 7 % [6].

Таблица 1.1.1 Усредненный химический состав базальта [7]

Содержание оксида, масс. %										
SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5
47-52	1-2.5	14-18	2-5	6-10	0.1-0.2	5-7	6-12	1.5-3	0.1-1.5	0.2-0.5

Обычно базальты это тёмно-серые, чёрные или зеленовато-чёрные породы, обладающие стекловатой, скрытокристаллической афировой или порфировой структурой. В порфировых разностях на фоне общей скрытокристаллической массы хорошо заметны мелкие вкрапленники зеленовато-жёлтых изометричных кристаллов оливина, светлого плагиоклаза или чёрных призм пироксенов. Размер вкрапленников может достигать несколько сантиметров в длину и составлять до 20—25 % от массы породы.

Текстура базальтов может быть плотной массивной, пористой, миндалекаменной. Миндалины обычно заполняются плагиоклазом, базальтической роговой обманкой, полевым шпатом, кальцитом, хлоритом и прочими вторичными минералами — такие базальты называются мандельштейнами. Плотность базальтов составляет от 2,60 до 3,10 г/см^3.

По энциклопедии Брокгауза и Эфрона он считается новейшей извержённой породой. Их можно сравнить с «кровью» нашей планеты, которая появляется при любом нарушении земной коры. Залегают базальты в виде покровов, потоков и куполов, мощность которых на платформах составляет более километра, а площади распространения – сотни тысяч квадратных километров. Такие базальты называются платобазальтами или траппами [8].

Название произошло от эфиопского слова «базал», что значит «кипяченый» - рождённый в жерлах вулканов [9]. Интрузивный (глубинный)

аналог базальта носит название габбро. Иными словами, базальты в химическом и минералогическом отношении являются эффузивными аналогами габбро.

Базальты образуются при частичном плавлении типичных мантийных пород – лерцолитов, гарцбургитов, верлитов и др. [10]. Состав выплавки определяется химическим и минеральным составом протолита, физико – химическими условиями плавления, степенью и механизмами плавления.

Верхние части лавовых потоков могут быть пузыристыми, так как в ходе затвердевания магмы (лавы) их поверхность вспенивалась из – за выделения из расплава паров воды и других газов. Впоследствии в этих пузырях или порах могут отлагаться такие минералы, как кальцит, пренит, цеолиты, благородные металлы и самородная медь [11].

Базальты классифицируются по различным признакам [12]:

1. по особенностям минерального состава – апатитовый, графитовый, диаллаговый, магнетитовый и др.;

2. по составу минералов – базальты состоят из авгита, кальциевого плагиоклаза и вулканического стекла. В меньшем количестве могут присутствовать псевдоромбические пироксены, оливин (оливиновые базальты), магнетит и ильменит. Присутствие стекла в базальтах не обязательно, они могут быть полностью кристаллическими, такие аналоги базальта называются долеритами;

3. по особенностям химического состава – железистые, известковистые, щелочно – известковистые и др.

В литературе также существует разделение базальтов на три группы по реакциям активности кремнезёма:

1. кварц – нормативные, содержащие избыток кремнезёма;

2. нефелин – нормативные при недостатке кремнезёма;

3. гиперстен – нормативные при отсутствии нормативных кварца или нефелина.

По геодинамической классификации выделяются следующие основные типы базальтов:

1. базальты срединно – океанических хребтов;

2. базальты активных континентальных окраин и островных дуг;

3. внутриплитные базальты – континентальные и океанические.

В зависимости от происхождения базальты отличаются друг от друга различным химическим составом

Таблица 1.1.2. Химический состав пород группы базальта [13].

Горная Порода	Месторождение	Массовое содержание, %				
		RO_2	R_2O_3	RO	R_2O	Прочие
Базальт	Берестовецкое (Украина)	SiO_2-49,57 TiO_2-2,68	Al_2O_3-15,90 Fe_2O_3-2,59	FeO-10,62 MgO-5,55 CaO-9,30	Na_2O-2,18 K_2O-0,77	-
Базальт	Иванова Долина (Украина)	SiO_2-49,57 TiO_2-0,80	Al_2O_3-15,90 Fe_2O_3-2,59	FeO-10,60 MgO-5,55 CaO-9,30	Na_2O-2,50 K_2O-1,20	П.п.п.-1,42 SO_3-0,25
Оливиновый диабаз	Коломейцевское (Украина)	SiO_2-49,20 TiO_2-1,95	Al_2O_3-16,00 Fe_2O_3-6,28	FeO-11,87 MgO-7,42 CaO-9,95	Na_2O-2,30 K_2O-0,85	П.п.п.-0,58 SO_3-0,07
Базальт	Вежаю-	SiO_2-	Al_2O_3-	FeO-	Na_2O-	П.п.п.-

	Ворыквинское (РФ)	48,50 TiO_2-1,17	17,88	13,55 MgO-7,51 CaO-10,40	2,04	1,60 SO_3-0,27
Базальтовый порфирит	Участок Красноводский (Туркмения)	SiO_2-44,08 TiO_2-1,36	Al_2O_3-16,32 Fe_2O_3-6,90	FeO-9,78 MgO-7,14 CaO-8,19	Na_2O-2,50 K_2O-1,91	П.п.п.-2,40 SO_3-0,32
Базальт	Сулутерекское (Киргизия)	SiO_2-46,83 TiO_2-1,79	Al_2O_3-16,82 Fe_2O_3-7,73	FeO-2,09 MgO-5,33 CaO-10,54	Na_2O-2,65 K_2O-1,67	П.п.п.-3,68 SO_3-0,05
Оливиновый базальт	Венгрия	SiO_2-45,97 TiO_2-1,89	Al_2O_3-17,30 Fe_2O_3-4,84	FeO-4,03 MgO-6,85 CaO-9,59	Na_2O-3,73 K_2O-2,45	П.п.п.-2,95 SO_3-0,11
Базальт	Болгария	SiO_2-43,4 TiO_2-2,00	Al_2O_3-14,00 Fe_2O_3-3,30	FeO-7,20 MgO-8,50 CaO-9,50	Na_2O-4,00 K_2O-1,10	- -

Базальт используется как сырье для щебня, производства базальтового волокна, каменного литья и кислотоупорного порошка, а также в качестве наполнителя для бетона [14-15].

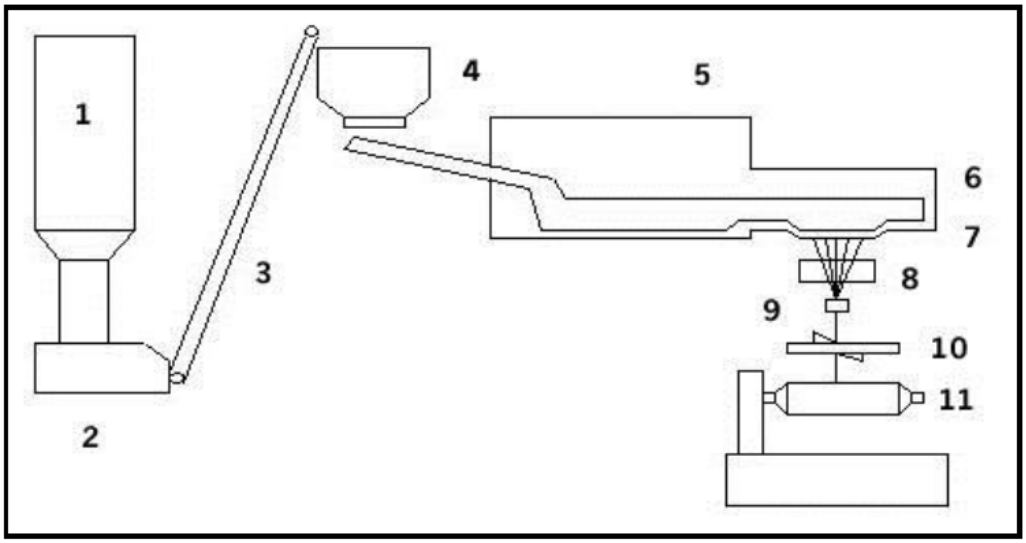
Строительные материалы, изготовленные из этого камня, широко используются в строительстве, поскольку им присущи:

- устойчивость к истиранию, к влиянию щелочей и кислот,
- отличные показатели теплоизоляции и шумопоглощения,
- прочность,
- термоустойчивость и огнеупорность,
- высокая диэлектричность,
- долговечность,
- паропроницаемость,
- экологичность.

Базальт используют в качестве строительного камня, для производства минеральной ваты [16], наполнителя для бетона [17-18] и каменного литья. Из него также делают дорожные и облицовочные камни, получают щебень и кислотоупорный порошок. Облицовочные плиты на данный момент одновременно с декоративной целью выполняют функцию изоляторов. Благодаря устойчивости к атмосферным воздействиям, базальт хорошо подходит для отделки внешней части строений, а также для отливания уличных скульптур.

Базальтовое волокно — материал, получаемый из природных минералов путём их расплавления и последующего преобразования в волокно без использования химических добавок [19-20]. Производство базальтовых волокон основано на получении расплава базальта в плавильных печах и его свободном вытекании через специальные устройства, изготовленные из платины или жаростойких металлов. Плавильные печи могут быть электрическими, газовыми или оборудоваться мазутными горелками.

В качестве сырья для производства базальтовых волокон используются базальтовые горные породы, средний химический состав которых следующий (% по массе): SiO_2 (47,5-55,0); TiO_2 (1,36-2,0); Al_2O_3 (14,0-20,0); Fe_2O_3 + FeO (5,38-13,5); MnO (0,25-0,5); MgO (3,0-8,5); CaO (7-11,0); Na2O (2,7-7,5); K_2O (2,5-7,5); P_2O_5 (не более 0,5); SO_3 (не более 0,5); прочие породы (не более 5).



1.Batch silos: raw material supply, 2. Weighing, dosing and mixing,
3. Pneumatic transport, 4. Batch box : charging,
5. Melting Furnace, 6. Feeder,
7. Bushings, (continuous filament formation), 8. Sizing application,
9. Draw plate feeder; Strand formation, 10. Lubricator,
11. Automated winder

Рис.1.1.1 Технологическая схема производства базальтового волокна.

Существует два основных типа базальтового волокна — штапельное и непрерывное. Одним из наиболее важных параметров штапельного базальтового волокна является диаметр отдельных волокон. В зависимости от диаметра волокна делят на: микротонкие, диаметром менее 0,6 мкм; ультратонкие, 0,6 — 1,0 мкм; супертонкие, 1,0 — 3,0 мкм; тонкие, 9 — 15 мкм; утолщённые, 15 — 25 мкм и грубые — диаметром 50 — 500 мкм. Диаметр волокон существенно влияет на важнейшие свойства изделий из него: теплопроводность, звукопоглощение, плотность и др.

В зависимости от диаметра волокно используется для различных целей:

- микротонкое — для фильтров очень тонкой очистки газовоздушной среды и жидкостей; изготовления тонкой бумаги и специальных изделий;
- ультратонкое — для изготовления сверхлёгких теплоизоляционных и звукопоглощающих изделий, бумаги, фильтров тонкой очистки газовоздушных и жидкостных сред;
- супертонкое — для изготовления прошивных теплозвукоизоляционных матов и звукопоглощающих (БЗМ, АТМ) изделий, картона (ТК-1, ТК-4), многослойного нетканого материала, теплоизоляционного вязально-прошивного материала, длинномерных теплоизоляционных полос и жгутов (БТШ-8, БТШ-20, БТШ30), мягких теплоизоляционных гидрофобизированных плит, фильтров и др.

Специальная термическая обработка базальтовых супертонких волокон позволяет получить микрокристаллический материал со свойствами, отличающимися от обычных волокон [21]. Микрокристаллические волокна превосходят обычные по температуре применения на 200°С, по кислотостойкости — в 2,5 раза, а гигроскопичность их в 2 раза ниже. Основным преимуществом этого вида базальтового волокна является отсутствие усадки при его эксплуатации. Из микрокристаллического волокна изготавливают высокотемпературоустойчивые теплоизоляционные материалы, плиты, а также фильтры для фильтрации агрессивных сред при высоких температурах [22].

Базальтовое супертонкое волокно (БСТВ) получают двумя методами: дуплекс процесс, когда первоначально вытягиваются из расплава базальта через фильеры первичные волокна диаметром 250—350 мкм, которые впоследствии раздуваются высокоскоростным газовым потоком при температуре выше 1600°С в супертонкие. Второй способ — это раздув сжатым воздухом струи расплава, при этом температура расплава должна быть не менее 1500°С. Вторым способом получается БТВ с более коротким

волокном и менее технологичным, из него невозможно производить весь ассортимент продукции.

- тонкие волокна из горных пород представляют собой слой беспорядочно расположенных волокон диаметром 9-15 мкм и длиной 3-1500 мм.
- утолщённые волокна диаметром 15-25 мкм и длиной 5-1500 мм. Получают их как методом вертикального раздува струи расплава воздухом (ВРВ), так и центробежновалковым методом; известно одно производство получения грубого волокна центробежнодутьевым способом. Вырабатывают в виде холстов, прошивных матов, плит на основе различных вяжущих. Утолщённые волокна находят широкое применение в качестве фильтровальной основы дренажных систем гидротехнических сооружений;
- толстые волокна представляют собой беспорядочно расположенные волокна длиной 5-3000 мм, диаметром 25-150 мкм, прочностью на разрыв 120—650 МПа.

Грубые волокна представляют собой относительно сыпучую дисперсно-волокнистую массу с длиной волокон 3-15 мм, диаметром 150—500 мкм, прочностью на разрыв 200—350 МПа, удельной поверхностью 28-280 см2/г. Волокна являются коррозионно-стойкими и могут быть использованы взамен металла для армирования материалов на основе вяжущих [23].

Немецкое инженерное бюро EDAG разработало концепт автомобиля, при производстве которого использовано базальтовое волокно. Как сообщается, «материал отличает лёгкость, прочность и экологичность, к тому же в производстве он обойдётся дешевле алюминия или углепластика»[24].

Усиление железо-бетонных конструкций базальтовым волокном обойдётся дешевле углепластика, первые испытания проведены НИИ ВСУ «ИНТЕР/ТЭК» в Екатеринбурге на базе института «УралНИАС». 1 кг базальтового волокна замещает 9,6 кг стальных армирующих веществ [25].

Материалы на основе базальтового волокна обладают следующим важными свойствами: пористость, температуростойкость,паропроницаемость и химическая стойкость.

Пористость базальтового волокна может составлять 70 % по объёму и более. Если поры материала заполнены воздухом, то при такой пористости он характеризуется небольшой теплопроводностью.

Температуростойкость является весьма важным свойством теплоизоляционных материалов, особенно при использовании их для изоляции промышленного оборудования, работающего при высоких температурах. Температуростойкость материалов характеризуют технической температурой применения, при которой материал может эксплуатироваться без изменения технических свойств.

Паропроницаемость — это способность материала пропускать через свои поры водяной пар. При наличии в материалах из базальтового волокна сообщающихся пор, они пропускают такое же количество пара, как и воздуха. Благодаря большой паропроницаемости эти материалы при эксплуатации почти всегда сухие; конденсация пара наблюдается в основном в следующем слое, на более холодной стороне ограждений.

Химическая стойкость. Базальтовые волокна обладают хорошей стойкостью к действию органических веществ (масло, растворители и др.), а также к воздействию щелочей и кислот.

Благодаря этим свойствам, базальтовое волокно и материалы на его основе находят сегодня все более широкое применение для таких целей, как:

- теплозвукоизоляция и огнезащита в жилых и промышленных зданиях и сооружениях, банях, саунах, бытовках и т. д.;
- теплоизоляция энергетических агрегатов, трубопроводов большого диаметра;
- теплоизоляция бытовых газовых и электрических плит, жарочных шкафов и т. д.

- утепление реконструируемых зданий с установкой как изнутри, так и снаружи;
- утепление плоских крыш;
- изоляция кислородных колонн;
- изоляция низкотемпературного оборудования при производстве и использовании азота;
- в промышленных холодильниках и холодильных камерах, бытовых холодильниках;
- в трёхслойных строительных панелях-сэндвичах [26-28].

При обработке базальта образуется базальтовая пыль, которую с успехом используют, как антикоррозийное покрытие. Базальтовое антикоррозийное покрытие – это устойчивое к любым агрессивным средам, в том числе и к кислотам (кроме плавиковой), покрытие. Это свойство базальтовых, антикоррозийных покрытий с успехом применяется в автомобиле- и кораблестроении, домостроении.

Базальтовые плиты или вырезаются непосредственно из карьеров – открытым способом, либо изготавливаются из базальтового волокна. Базальтовые плиты обладают устойчивостью к перепадам температур, они очень прочны, огнеустойчивы, звуко- и теплонепроницаемы. Поэтому они с успехом применяются для отделки коттеджей, цоколей домов, для теплоизоляции помещений. Такие плиты легко чистятся, от спрессованной, трудноудаляемой грязи их можно легко очистить сильной струей воды, пущенной под высоким давлением [28].

Базальтовым каменным литьем называют материалы и изделия, полученные из расплавленных горных пород- базальтов, диабазов и др. методом литья. Каменное литье состоит из кристаллических образований размером 5—800 мкм и аморфной стекловидной массы. В зависимости от основного материалообразующего минерала его подразделяют на пироксеновое, мелилитовое, муллитовое, корундовое и др.

Для производства строительных материалов обычно применяют пироксеновые (базальтовые, диабазовые, базальт- доломитовые и др.) конгломераты черного, зеленоватого, светло-желтого и почти белого цветов.

У мелилитовых материалов серозеленый цвет, у муллитовых – темно-серый, у корундовых – светло-серый и светло-желтый [29]. В зависимости от исходного сырья производят в промышленных масштабах каменное литье трех видов:

- кислото- и износостойкое из базальта, диабаза и доломита (кислотоупорные футеровочные плитки для химической промышленности, футеровка и шары для мельниц; трубы, лотки для защиты рабочих поверхностей бункеров, желобов и других узлов горно-обогатительного, металлургического и энергетического оборудования; плитки для полов; броня для каналов гидрозолоудаления на ТЭЦ, штуцеры и другие фасонные изделия);
- термо- и износостойкое муллитовое из шихты, состоящей из боксита, глинозема, каолинита и др. (брусья для футеровки стеклоплавильных печей);
- атмосферостойкое из диопсида (плитки белые для наружной облицовки зданий).

Каменное литье характеризуется следующими свойствами: плотность – 3000 кг/м^3; предел прочности при сжатии – 20000-50000 МПа, при изгибе – 3000 – 8000 МПа, при растяжении – 2000 – 2500 МПа; твердость по шкале Мооса для пироксенового литья – до 7,5 для корундового – до 9; потери при истирании – 0,04 4-0,05 г/см^2; пористость – до 0,2%; водопоглощение – 0,1-0,2 %; теплопроводность— 0,74-1 Вт / (м – К). К преимуществам каменного литья относятся высокая химическая стойкость, термо- и износостойкость, значительная механическая прочность, твердость. Оно не подвержено коррозии и старению, чем выгодно отличается от металлов и полимеров.

Технология производства каменного литья зародилась в 1920-е годы в России и Германии. Она включает следующие операции: подготовку

сырьевых компонентов (очистка, измельчение, просеивание, дозировка); плавку шихты в пламенных шахтных, ванных, вращающихся или дуговых электрических печах при температуре 1350—1450 °С; охлаждение расплава до 1250 °С для стабилизации структуры и уменьшения усадочных дефектов в готовой продукции; литье в подогретые постоянные формы из чугуна или жароупорной стали, либо во временные силикатные формы; медленное охлаждение; механическую обработку поверхности и кромок. Для снижения внутренних напряжений, возникающих при охлаждении, отливки подвергают частичной кристаллизации, отжигу в специальных печах при температуре 800—900 °С. Материалы формуют методами статического или центробежного литья; в производстве волокон (например, из базальтового расплава) используют метод раздува сжатым воздухом или паром струи расплава. Регулируя температурный и временной режим технологического процесса, а также химический состав расплава, получают каменное литье с заданными эксплуатационными свойствами [30].

Сырьем для производства каменного литья служат горные породы, шлаки и другие промышленные отходы или синтетические шихты из окислов и других веществ. В качестве подшихтовочного материала для улучшения литейных и кристаллизационных свойств петрургических расплавов применяют хромистый железняк, плавиковый шпат, перовскитовый концентрат, известняки, мраморы, доломиты и кварцевые пески.

Одно из основных требований к сырью - экономическая и экологическая эффективность процесса. Камнелитейное производство использует недефицитное сырье, отвалы, шлаки, "хвосты" различных производств, делая их безотходными и улучшая окружающую среду.

Следующая группа требований связана с процессами плавления шихты. Это минералогическая и химическая однородность исходных пород, жидкотекучесть и высокая кристализационная способность расплавов при рабочих температурах.

Первоначальная оценка сырьевых материалов может быть произведена с помощью петрохимических методов А.Н.Заварицкого, А.С.Гинзберга в которых объединяются суммы кислотных, основных и щелочных окислов [31-32]. Самой простой характеристикой может служить коэффициент кислотности:

$$\mathbf{K = (SiO_2+Al_2O_3+TiO_2)/(CaO+MgO+FeO+Fe_2O_3+Na_2O+K_2O).}$$

Наиболее пригодны для производства каменного литья породы с коэфициентом в пределах 1,5-1,8; при величинах К > 1,8-1,9 и при К < 1,3 производят подшихтовку соответственно более основными и более кислотными материалами.

Перспективен метод А.А.Маракушева расчета сродства к протону Δ Zo, являющегося наиболее универсальным показателем основности пород.

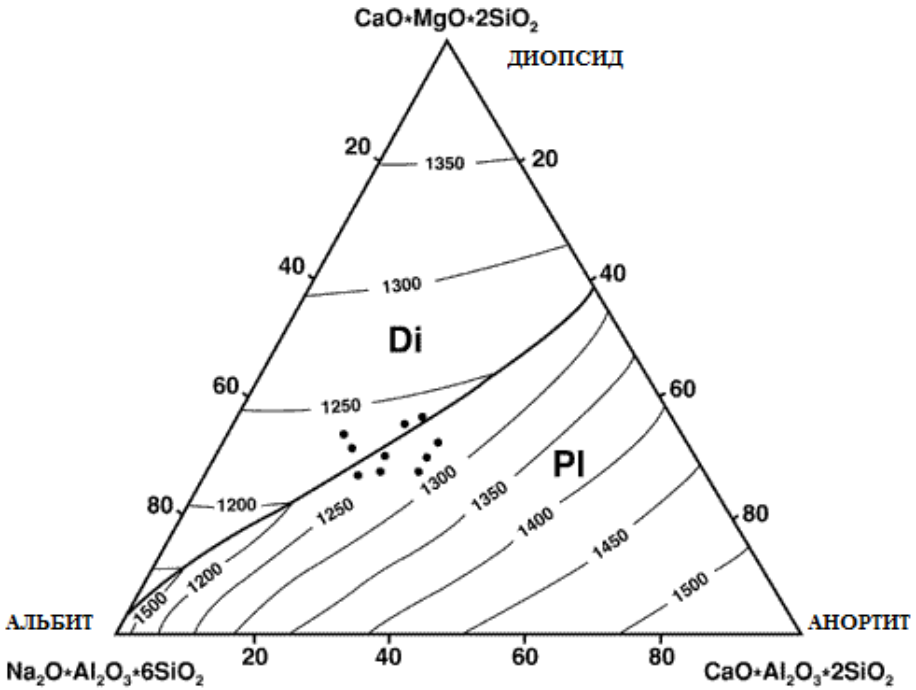


Рис. 1.1.2. Фигуративные точки составов пород (базальтов и диабазов различных месторождений), пригодных по составам для петрургического производства, на диаграмме альбит-анортит-диопсид [33].

Производство большей части каменного литья описывается в первом приближении "габбро-базальтовой" системой альбит-анортит-диопсид. На диаграмме этой системы фигуративные точки пригодных составов шихты

располагаются вблизи котектической линии (рис. 1.2) [33]. Использование диаграммы ограничивается маложелезистыми составами, тем более, что в этом случае игнорируется роль трехвалентного железа.

Указанным выше требованиям из горных пород лучше всего удовлетворяют базальты, в меньшей степени - диабазы, габбро-нориты, траппы, еще в меньшей - амфиболиты из-за их непостоянного химического, минерального состава и высокого содержания воды. Существенное значение в оценке сырья имеют чисто петрографические признаки. Базальты, используемые в качестве петрургического сырья, должны содержать возможно большее (> 60%) содержание пироксена, желательны офитовая или интерсертальная структуры. Непригодны базальты с высокими содержаниями магнетита, оливина (> 10%), плагиоклаза (> 50%), со стеклом (указывает на низкую кристаллизационную способность), а также с крупными вкраплениями тугоплавкого оливина. Пригодность доменных шлаков связана с низкими содержаниями (35-39%) SiO_2 и высокими (29-52%) CaO. Высокое содержание (до 50%) FeO и низкое (30-36%) SiO_2 в медных шлаках предопределяет их использование в качестве сырья для оливинового камня. Хромит - наиболее распространенный модификатор петрургических расплавов. Перовскитовый концентрат (отходы нефелинового производства) повышает кристаллизацонную способность базальтовых расплавов и способствует получению отливок с однородной равномернозернистой структурой. Флюорит применяется при производстве светлокаменного литья. Он снижает температуру плавки, улучшает литейные и кристаллизационные свойства расплавов.

Ценность камнелитым изделиям придают химическая стойкость, механическая прочность (прочность на сжатие до 25-50 кГ/мм^2), износоустойчивость, термостойкость, огнеупорность, относительно низкие коэффициенты теплового расширения ($6 \cdot 10^{-6}$/°С), тепло-, звукоизоляционные и диэлектрическиесвойства.

Литье из базальта характеризуется высокой коррозионной стойкостью, конкурирующей с нержавеющей сталью, высокой сопротивляемостью абразивному износу, способностью армироваться с металлом. Это позволило использовать его в химической, горнорудной, металлургической, энергетической и других отраслях промышленности для облицовки лотков, предназначенных для транспортировки кокса, угля, щебня, руды, песка; для футеровки емкостей и аппаратов, подверженных воздействию агрессивных сред и абразивному износу; для настила полов промышленных предприятий; в санитарной технике и др., давая значительную экономию металлов. Светлокаменное и гранито-шлаковое литье обладают высокой прочностью, абразивной стойкостью, термостойкостью и используются для изготовления деталей, работающих в условиях повышенного абразивного износа, повышенных температур и резких изменений температуры. Фторфлогопитовое литье, благодаря его термостойкости, огнеупорности и высоким диэлектрическим свойствам, используется для изготовления тиглей, применяемых для плавки цветных металлов и хлористых солей, наконечников для термопар , изоляторов и др. [34].

Опыт петрографического изучения каменного литья показывает, что близкий к мономинеральному состав обеспечивает лучшие свойства изделий по сравнению с полиминеральным. Различие в коэффициентах термического расширения кристаллических фаз в полиминеральной отливке приводит к возникновению дополнительных напряжений и тем самым к снижению механической прочности. Максимальные значения кислотостойкости характерны для мономинерального пироксенового литья, не содержащего растворимые в кислотах магнетит и оливин.

Оказалось, что в зависимости от условий кристаллизации (степени переохлаждения) из расплавов одного и того же химического состава могут образовываться кристаллические продукты, отличающиеся не только структурой и морфологией выделяющихся минералов, но и различным минеральным составом (явление гетероморфизма). Открытие этого эффекта

позволило, используя в качестве сырья основные магматические породы получать каменное литье мономинерального (или полиминерального: пироксен + магнетит) пироксенового состава [35].

В таблице 1.1.3 приведены сравнительные характеристики для изделий из каменного литья, износостойкого и термостойкого по сравнению с серым чугуном и огнеупорным бетоном.

Таблица 1.1.3. Физико-механические свойства изностойкого и термостойкого каменного по сравнению с серым чугуном и огнеупорным бетоном [36]

Показатель	**Износостойкое каменное литье**	**Термостойкое каменное литье**	**Серый чугун**	**Огнеупорный бетон**
Объемная масса, кг/м3	2900-3000	2800-2900	7200	1990
Водопоглощение, %	0,13	0,70	--	10,1
Предел прочности при сжатии, Мпа	250-500	100-260	500	44,4
Предел прочности при изгибе, МПа	30-50	10-30	280	3,6
Ударная вязкость, кДж/м2	1,25	1,06	3	1,2
Модуль упругости, Мпа	100630	43700	120000	18000
Теплопроводность,Вт/(м-0С), при 200С	1,52	1,07	51	0,83
Удельная теплоемкость, кДж/(кг-0С) при 200С	0,77	0,67	0,46	0,79
Температурный коэффициент линейного расширения, ?-10	83,0	60,0	132	21
Коэффициент истираемости, кг/м2	1,0	1,4	--	--

Показатели для химической стойкости каменного литья приведены в таблице 1.1.4 [36].

Таблица 1.1.4. Стойкость каменного литья в в кислотах и щелочах.

Наименование кислоты	**Износостойкое каменное литье**	**Термостойкое каменное литье**
H_2SO_4(конц.)	97	92
HCl(конц.)	90	80
HCl(р-р 20 %)	94	не иссл.
CH_3COOH(конц.)	97	не иссл.
HNO_3(р-р 56 %)	95	не иссл.
H_3PO_4(р-р 85 %)	95	не иссл.
HF(р-р 45 %)	40	не иссл.
NaOH(р-р 20 %)	95	не иссл.
NaOH(р-р 20 %)	87	не иссл.
KON(р-р 20 %)	98	не иссл.
KON(р-р 40 %)	95	не иссл.
KON(р-р 50 %)	85	не иссл.

Каменное (базальтовое) литье в горнодобывающей промышленности наиболее широкое применение базальтовое литье нашло в системах шламоудаления и гидроподачи рудных материалов. Базалтовым литьем футеруют хвостопроводы, пульпопроводы, сливные каналы, течки, лотки, воронки, желоба, гидроциклоны, классификаторы, бункера и другое оборудование. Хвостопроводы, футерованные базальтовым литьем, служат 10 и более лет, в то время как металлические в этих же условиях не более 6-10 месяцев. Трубы, футерованные базальтовым литьем, превосходят по сроку службы более дорогостоящие трубы из биметалла. При применении базальтовых желобов их износ составляет в год 1 мм, в то время, когда металл изнашивается на 6-10 мм [37-38].

На металлургических комбинатах базальтовые изделия применяют для футеровки коксовых воронок и коксовых бункеров. Износ этой футеровки в год составляет 2-2,5% (по толщине), в то время, когда марганцовистая сталь толщиной 40 мм изнашивается за 1-1,5 года. Такая футеровка применяется на Донецком металлургическом заводе, Ново-Липецком и Кузнецком металлургических комбинатах. В прокатных цехах базальтовые желоба используются в системах гидросмыва окалины [39].

В угольной промышленности базальтовым литьем футеруют сепараторы, желоба и отсадочные машины, скребковые транспортеры и бункера, трубопроводы. Скрубберы, футерованные базальтовым литьем, служат в 3-4 раза дольше, чем бетонные, железобетонные или резиновые. На флотомашинах базальтовым литьем футеруют трубопроводы для передачи пульпы, а так же сами корпуса таких машин. Также известны примеры эффективного применения такой футеровки для бункеров концентрата скребковых конвейеров, валков грохота, контактных чанов, сгустительных воронок. Во всех этих случаях срок службы по сравнению с металлом увеличивался от 3 до 10 раз. Наиболее эффективна защита базальтовым литьем желобов, течек и трубопроводов шламовых вод. на одном из комбинатов ОАО "Кузбассуголь" с помощью базальтового трубопровода к обогатительной фабрике подают 30-35 тыс.м материала, тогда, как металлический трубопровод пропускал 6 тыс.м материала и выходил из строя.

На химических и коксохимических предприятиях базальтовым литьем футеруют корпуса и ловушки сатураторов, оборудование реакционных башен, коксовые рампы, отстойники для генерированной кислоты, змеевики, перегонные котлы, травильные ванны, кислотопроводы, фильтры, сборники жидкостей и масла, дистилляционные башни, баки, мешалки, цистерны и сборники кислот, раковины, ковши и эксгаустеры для кислотных паров и т.д. Базальтовое литье не вступает в химическую реакцию с агрессивными средами, поэтому является незаменимым антикоррозийным материалом. Футеровка базальтовым литьем баков емкостей и цистерн позволяет надежно защитить дорогостоящее оборудование от агрессивных жидкостей [40-42].

Базальтовое литье в энергетической промышленности нашло широкое применение на угольных станциях. Его используют для футеровки скрубберов, труб Вентури систем гидрозолоудаления, золопроводов, для систем подачи угля и угольной пыли, а также для изготовления камнелитых сопел. За счет своих уникальных свойств базальтовые вкладыши, которыми

футеруются системы гидрозолоудаления, не вступают в реакцию с горючими шлаками и не подвержены истиранию при их гидро- и пневмотранспортировке, что позволяет надежно защитить металлические трубы от износа. Такие золопроводы эксплуатируются без замены до 20 лет. Аналогичную функцию выполняют базальтовые желоба. Скрубберы и трубы Вентури футеруются плиткой или специальными фасонными изделиями, отлитыми из базальтового литья, что позволяет надежно защищать такие изделия в наиболее опасных местах. В системах пневмозолоподачи футеровка трубопроводов базальтовым литьем позволила увеличить срок из службы в 5-8 раз [42-43].

Базальтовое литье в промышленности строительных материалов наибольшее применение нашли трубы и фитинги (отводы, крестовины, тройники) наружным диаметром от 111 до 690 мм. Футерованные изнутри базальтовыми вкладышами, они используются в системах пневмоподачи (в основном цемента, стекла или их составляющих.) Такие трубопроводы не изнашиваются длительное время, не образуют свищей, а значит, не создают запыленности в производственных помещениях. Такие же трубы стоят и в системах гидрозолоудаления. В 1998г. на Сухоложском огнеупорном заводе был установлен трубопровод, футерованный базальтовым литьем, предназначенный для возврата некондиционного шамота на домол в шаровую мельницу. По прошествии 5 лет износа практически нет. До этого не защищенный базальтовым литьем трубопровод меняли 2 раза в год.

В целлюлозно-бумажной промышленности базальтовые изделия пригодны для футеровки варочных котлов, трубопроводов для агрессивных сточных вод и др.

Каменное литье и изделия на ее основе можно использовать в военных целях. Так,группа российских ученных запатентовала технологию каменного литья для использования в качестве элемента в бронежилетах [44]. Изобретение относится к искусственным плавленым силикатным материалам, вчастности к составам каменного литья, и предназначено для

изготовленияпулезащитных броневых пластин (плит) бронежилетов и военной техники, совмещающих в себе функцию защиты от радиоактивного излучения и маскировку засчет поглощения ИК-излучения. Кроме оборонной отрасли, изобретение может бытьиспользовано в строительной, горно-обогатительной и др. отраслях промышленности. Пулезащитные броневые пластины, являющиеся вставными жесткими элементами многослойных бронепанелей, имеют бронежилеты, начиная с третьегокласса защитной структуры бронеодежды, определяемого в соответствии с ГОСТ 50744-95. Традиционно пулезащитные броневые пластины изготавливают из металлических материалов - высокопрочных углеродистых и легированных сталей, сплавов на основетитана или алюминия. В настоящее время для этой цели используют керамические материалы. Такие важные свойства керамических материалов, как в 2-3 раза меньшая плотность по сравнению с металлическими материалами, высокие твердость, модуль
упругости, температура плавления (разложения) и сохранение прочности при нагреве,ипозволяют применять их для изготовления пулезащитных броневых пластин бронежилетов.

На основе базальтов также можно получать ситаллы, которые получили обширное применение в нашей жизни. Ситаллы (стеклокристаллические материалы) - неорганические материалы, получаемые направленной кристаллизацией различных стекол при их термической обработке. Состоят из одной или нескольких кристаллических фаз. В ситаллах мелкодисперсные кристаллы (до 2000 нм) равномерно распределены в стекловидной матрице. Количество кристаллических фаз в ситаллах может составлять. 20-95% (по объему). Изменяя состав стекла, тип инициатора кристаллизации (катализатора) и режим термической обработки, получают ситаллы с различными кристаллическими фазами и заданными свойствами. Впервые ситаллы были изготовлены в 50-х гг 20 века. Материалы, подобные ситаллам, за рубежом называются пирокерамом, девитрокерамом, стеклокерамом.

Ситаллы обладают высокой прочностью, твердостью, износостойкостью, малым термическим расширением, химической и термической устойчивостью, газо- и влагонепроницаемостью. По своему назначению могут быть разделены на технические и строительные. Технические ситаллы получают на основе систем: Li_2O-Al_2O_3-SiO_2, MO-Al_20_3-SiO_2, Li_2O-MO-$A1_2O_3$--SiO_2, где M-Mg, Ca, Zn, Ba, Sr и др.; MgO-Al_2O_3--SiO_2-K_2O-F; MO-B_2O_3-$A1_2O_3$(где M-Ca, Sr, Pb, Zn); PbO-ZnO-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2и др. По основному свойству и назначению подразделяются на высокопрочные, радиопрозрачные химически стойкие, прозрачные термостойкие, износостойкие и химически стойкие, фотоситаллы, слюдоситаллы, биоситаллы, ситаллоцементы, ситаллоэмали, ситаллы со специальными электрическими свойствами.

Высокопрочные ситаллы получают главным образом на основе стекол систем MgO-Al_2O_3-SiO_2(кордиеритовые составы) и Na_2O-Al_2O_3-SiO_2 (нефелиновые составы) [45]. Для первых инициатором кристаллизации служит TiO_2; $\sigma_{изг}$для них 240-350 МПа. Ситаллы нефелиновых составов после упрочнения ионообменной обработкой в расплавленных солях калия имеют $\sigma_{изг}$1370 МПа. Области применения высокопрочных Ситаллов - ракето- и авиастроение (обтекатели антенн), радиоэлектроника.

Оптически прозрачные термостойкие и радиопрозрачные химически стойкие ситаллы получают на основе стекол системы Li_2O-Al_2O_3-SiO_2 (сподумено-эвкриптитовые составы); инициатор кристаллизации-TiO_2. В оптически прозрачных ситаллах размер кристаллов не превышает длины полуволны видимого света. Ситаллы, содержащие в качестве основных кристаллических фаз эвкриптит (Li_2O • $A1_2O_3$• $2SiO_2$) или сподумен (Li_2O • $A1_2O_4$• $4SiO_2$), имеют, кроме того, температурные коэффициенты расширения близкие к нулю, и иногда даже отрицательные - до - $5\cdot10^{-6}K^{-1}$. Области применения -космическая и лазерная техника, астрооптика [46-47].

Введение в состав таких ситаллов активаторов люминесценции и специальных добавок позволяет применять их в солнечных батареях.

Износостойкие и химически стойкие ситаллы получают на основе стекол CaO-MgO-SiO, (пироксеновые составы); инициаторы кристаллизации - фторид или оксид хрома. Отличаются высокой износостойкостью (истираемость 0,001 г/см^2) и стойкостью в различных химических средах. Применяются в текстильной, химической, автомобильной промышленности, буровой и горнодобывающей технике.

Фотоситаллы обычно получают на основе стекол системы Li_2O-Al_2O_3-SiO_2со светочувствительными добавками (соединения Au, Ag, Cu), которые под действием УФ облучения и дальнейшей тепловой обработки стекла способствуют его избирательной кристаллизации. Находят применение в микроэлектронике, ракетной и космической технике, оптике, полиграфии как светочувствительные материалы (например, для изготовления оптических печатных плат, в качестве светофильтров).

Слюдоситаллы получают на основе стекол системы MgO - $A1_2O_3$- SiO_2- K_2O - F(фторфлогопитовые, фторрихтеритовые, фторамфиболовые составы). Сочетают высокие механические и электрические свойства с хорошей механической обрабатываемостью - их можно резать, сверлить, фрезеровать, шлифовать. Применяются в машиностроении для изготовления, деталей, подвергающихся трению и износу, а также в качестве материала для деталей сложной конфигурации.

Биоситаллы получают обычно на основе стекол системы CaO - MgO - SiO_2- P_2O_5(апатито - волластонитовые составы). Высокая механическая прочность, биологическая совместимость с тканями организма позволяют использовать их в медицине для зубных и костных протезов.

Ситаллоцементы, получаемые на основе стекол системы PbO-ZnO-B_2O_3-SiO,. имеют очень низкий коэффициент тепловогорасширения $(4\text{-}10)\cdot10^{-6}K^{-1}$; применяются для спаивания стеклодеталей цветных кинескопов и

электронно-лучевых трубок, герметизации полупроводниковых приборов, в производстве жидкокристаллических индикаторов, в микроэлектронике. Перспективно также использование таких ситаллов в качестве стеклокристаллических покрытий (стеклоэмалей), наносимых на поверхность различных металлов (W, Mo, Mb, Ta, их сплавов, различных видов стали) с целью защиты их от коррозии, окисления и износа при обычных и повышенных температурах. Отличаются повышенной термо- и жаростойкостью, устойчивостью к истиранию, высокой механической и электрической прочностью. Применяются в качестве покрытий для деталей дизелей, газотурбинных установок, атомных реакторов, авиационных приборов, электронагревательных элементов.

Ситаллы со специальными электрическими свойствами получают на основе стекол систем BaO-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2и Nb_2O_5-CoO-Na_2O-SiO_2. Характеризуются высокой диэлектрической проницаемостью (ε240-1370) и низким коэффициентом диэлектрических потерь (1,5-3,2). Используются для изготовления низкочастотных конденсаторов большой емкости, пьезоэлементов и др. Разработаны полупроводниковые, ферромагнитные, ферроэлектрические, сегнетоэлектрические ситаллы с различным сочетанием электрических свойств. Ситаллы на основе стекол системы MgO-Al_2O_3-SiO_2имеют очень низкий tgδ (3• 10^{-4}при 25ºС и 10^4МГц), ситаллы на основе метаниобата Pb - высокую диэлектрическую прониицаемость (ε 1000-2000). На основе стекол B,O_3-BaO-Fe_2O_3получены ситаллы с одно- и многодоменной структурой с размером доменов ~ 500 нм.

К группе строительных ситаллов относят шлако-, золо-, петроситаллы, получаемые с использованием шлаков черной и цветной металлургии, зол, горных пород. В зависимости от химического состава используемых отходов, определяющих вид доминирующей кристаллической фазы, подразделяются на волластонитовые, пироксеновые (инициаторы кристаллизации - оксиды Cr, Ti, Fe, фториды), мелилитовые (система CaO - MgO - $2A1_2O_3$- SiO_2,

инициатор кристаллизации - оксид Cr), пироксен-авгитовые и геденбергитовые (система CaO - MgO– Fe_2O_3- $A1_2O_3$- SiO_2),форстеритовые (система CaO-MgO-SiO_2) и эгириновые (Na_2O-Fe_2O_3-SiO_2) ситаллы. Они имеют высокие прочностные характеристики ($\sigma_{изг}$100-180 МПа), высокую микротвердость (8500-9000 МПа), относительно низкую истираемость (0,05 г/см^2), высокую стойкость к химическим и термическим воздействиям. Применяются в строительстве, горнодобывающей, химической и других отраслях промышленности.

Получают ситаллы и изделия из них главным образом с использованием стекольной и керамической технологии, иногда по химическому способу. Наиболее распространена так называемая стекольная технология, включающая варку стекла из шихты, формование изделий (прессование, прокатка, центробежное литье) и термическую обработку. Последняя стадия обеспечивает кристаллизацию стекла вследствие введения в стекольную массу специальных инициаторов - каталитических добавок-оксидов Ti, Cr, Ni, Fe, фторидов, сульфидов, металлов платиновой группы, а также вследствие склонности стекол к ликвации, способствующей образованию поверхности раздела фаз и приближающей химический состав микрообластей к составу будущих кристаллов. Термическую обработку осуществляют обычно по двухступенчатому режиму; температура первой ступени лежит в области температуры размягчения стекла и соответствует максимальной скорости зарождения центров кристаллизации, при температуре второй ступени происходит выделение кристаллов ведущей фазы, определяющей основные свойства ситаллов.

По керамической (порошковой) технологии получения ситаллов из расплава стекла вначале получают гранулят, который измельчают и сушат, после чего в него добавляют термопластическую связку и из образовавшейся массы прессованием или шликерным литьем формуют изделия. Затем их спекают при высокой температуре с одновременной кристаллизацией. По

сравнению с керамикой аналогичного состава спеченные ситаллы характеризуются более низкими температурами обжига и расширенным интервалом спекания. Порошковая технология позволяет получать из ситаллов термически стойкие изделия сложной конфигурации и малых размеров.

По химическому способу ситаллы получают главным образом по золь-гель технологии, в основе которой лежит низкотемпературный синтез посредством реакций гидролиза и конденсации) металлоорганических соединений элементов, составляющих стекло, при температуре ниже температуры плавления стекольной шихты. Этот метод позволяет получать ситаллы на основе составов, не склонных к стеклообразованию, обеспечивает получение стекол высокой чистоты и однородности, что резко улучшает свойства ситаллов, синтезируемых на их основе.

Ситаллам свойственны повышенная механическая прочность, износостойкость и химическая стойкость. Эти достоинства ситаллов объясняются составом и более совершенной структурой, которая позволяет полнее использовать возможности кристаллического строения в многих сферах нашей жизни[48-49]

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Базальты являются широко распространёнными горными породами иисполь зуется как сырье для щебня, производства базальтового волокна, каменного литья и кислотоупорного порошка, а также в качестве наполнителя для бетона.

2. Строительные материалы, изготовленные из базальтового камня, широко используются в строительстве и обладают следующими свойствами: устойчивостью к истиранию, к влиянию щелочей и кислот, отличными показателями теплоизоляции и шумопоглощения, прочностью, термоустойчивостью и огнеупорностью, экологичностью.

3. Базальтовые породы используются в качестве строительного камня, для производства базальтового волокна, минеральной ваты, наполнителя для бетона, каменного литья, стеклокристалических материалов. Облицовочные плиты на данный момент одновременно с декоративной целью выполняют функцию изоляторов. Благодаря выосокой химической устойчивости, базальтовые породы хорошо подходят для производства кислотостойких материалов.

ГЛАВА II. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И АППАРАТУРА

2.1. Методика анализа исходного сырья и физико - химических свойств образцов.

Для определения химического и минералогического состава исходных сырьевых материалов и спеченных керамических масс были использованы различные физико-химические методы исследования: рентгенографический, химический, кристаллооптический, термический и др.

Фазовый состав исследуемых сырьевых материалов и опытных масс определяли **рентгенографически**. В расчетах и при идентификации фаз использовали таблицы и справочники, а также интернет-картотеку минералов на www.mindat.org [50-51] . Также для идентификации кристаллических фаз был использован дифрактометр Bruker AXS D8 Advance, Bruker, Germany. Условия съёмки - Cu-K_α – катод, шаг – 0,05, скорость съёмки 2 град/мин. Для расшифровки рентгенограмм использована программа Match! program package (Crystal Impact GbR, Bonn, Germany) [52].

Фазовое превращение и область стабильности или изменения исследуемых сырьевых материалов и опытных образцов при изменении температуры регистрировали на дериватографе системы Ф. Паулик-И.Паулик- Л.Эрдей, на котором одновременно осуществлялась синхронная запись дифференциальной кривой с кривыми изменениями линейных размеров (усадки) и потери веса. Чувствительности гальванометра Т-900, ТГ-200, ДТА – 1/10, ДТГ – 1/20, скорости нагрева 10 град./мин в платиновых тиглях крышечек. Запись осуществляли при атмосферных условиях. В качестве эталона использовали Al_2O_3.

Дифференциальную и температурную запись осуществляли дифференциальной Pt-Pt-Rh термопарой. Кривые нагревания снимались при величине навески 0,146-0,1645 г. Одновременно на других образцах из исследуемого материала записывается изменение линейных размеров с использованием крутильных весов, также с зеркальным отсчетом. Анализ

полученных результатов проводили с использованием фундаментальных работ по термическому анализу .

Спектральный анализ. Спектральный анализ образцов осуществляли в «Центральной лаборатории» Госкомгеологии РУз [53-54].

При изучении химико-минералогических составов, физико-химических свойств и физико-механических характеристик синтезированных материалов, при проведении экспериментов использованы современные методы физико-химического анализа и классические методы исследования стекольных материалов.

ВЫВОД ПО ГЛАВЕ

1. Для определения химического и минералогического состава исходных сырьевых материалов и спеченных керамических масс были использованы различные физико-химические методы исследования: рентгенографический, химический, кристаллооптический, термиечский и др.

2. Фазовое превращение и область стабильности или изменения исследуемых сырьевых материалов и опытных образцов при изменении температуры регистрировали на дериватографе системы Ф. Паулик-И.Паулик- Л.Эрдей, на котором одновременно осуществлялась синхронная запись дифференциальной кривой с кривыми изменениями линейных размеров (усадки) и потери веса.

3. При изучении химико-минералогических составов, физико-химических свойств и физико-механических характеристик синтезированных материалов, при проведении экспериментов использованы современные методы физико-химического анализа и классические методы исследования стекольных материалов

ГЛАВА III. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА БАЗАЛЬТА КАРАКИЯ

3.1 Изучение химико-минералогического состава базальта Джизакской области

В настоящее время в Узбекистане имеются месторождения базальтов - запасы, которые учитываются Госбалансами полезных ископаемых РУз : Гавасайские (Наманганский обл.), Караташские (Навоийская обл.), Асмансайские (Джизакская обл.) и др. [55-56].

В Джизакской области расположено проявление Каракия, которое прежде не было исследовано. С целью определения направлений использования было проведено комплексное исследование базальта участка Каракия Джизакской области, который ранее не был исследован.

Каракия – проявление, расположено в 12 км западнее г. Джизака, в 1,5км южнее автомобильной дороги Джизак-Янгикишлак (рис.3.1.1). Поисковыми маршрутами выделены выхода диабазов и базальтов, прослеживащиеся вдоль северо-восточного склона Северо-Нуратинского хребта (рис.3.1.4) узкой полосой шириной от 0,5 до 2км и протяженностью до 12км (13). Базальты и диабазы темно-зеленого цвета, плотные, крепкие, массивные. На фоне основной массы в породе выделяются редкие различные по величине (от долей мм до 5 мм) таблитчатой формы порфировые выделения. Первичные темноцветные минералы этих выделений замещены вторичными (гидрослюдами) светло-коричневого цвета. В наиболее свежих разностях наблюдаются частые мелкие (доли мм) зерна вторичного кварца.

В геологическом строении района месторождения принимают участие отложения среднего карбона, а также интрузии основного состава. Интрузивные породы представлены серпентинитами; метаморфические – зеленокаменными амфибол-эпидотовыми сланцами; эффузивные – измененными диабазами и спилито-диабазами.

Полевые геологические исследования нами выполнены поисковыми маршрутами методом геологического обследования и геологическими

разрезами. Рельеф месторождения представляет собой местность от холмистой до низко гористой. Серпентиниты и диабазы практически полностью перекрыты современными отложениями. Средний карбон на площади месторождения представлен несколькими пачками отложений верхнего подъяруса московского яруса (C_2m_2).

К югу от месторождения распространены известняки серые, темно-серые, полосчатые, неяснослоистые, мелко-, среднекристаллические, плотные, с прослоями светлых до светло-серых известняков, среднекристаллических, тонкослостых. Данные породы отнесены к пачке «г» ($C^г_2m_2$).

Пачка «В» ($C^в_2m_2$) сформирована амфибол-эпидотовыми сланцами серо - зелеными, преобладающей части мелкозернистыми, тонкослоистыми, трещиноватыми, часто с прожилками кварца. В северной части участка именно окварцованные сланцы формируют резко всхолмленный рельеф.

Рис. 3.1.1 Общий вид на проявление Каракия. На ближнем плане виден выход спилито-диабазов (1), далее оконтурена площадь серпентинитов (2), и на вершине холма выход амфибол-эпидотовых сланцев и базалтов (3). На заднем плане виден киш. Куябаш (расстояние – 1,5 км), вдоль которого проходит автодорога Джизак – Фариш.

Рис. 3.1.2 Вид на выход спилито-диабазов и базальтов на месторождении Арватен. Контуром выделены приблизительные границы мощности выхода полосы спилито-диабазов, протягивающихся в северо-западном направлении до киш. Каракия (примерно 12 км). На склоне горы хорошо виден региональный тектонический разлом, выше и далее к югу от которого залегают известняки.

Магматические породы имеют в районе довольно значительное распространение и представлены основными породами верхнего карбона Нурата-Кульджуктаускского габбро-гипербазитового пояса. Представлены они серпентинитами (νC_3^2) серыми, серо-зеленоватыми, преобладающе мелкозернистыми, участками с фенокристаллами полевого шпата, по контактам со сланцами практически полностью преобразованными в тальк, и диабазами (σC_3^2) серыми, темно-серыми, с зеленоватым оттенком, мелко-, скрытозернистыми, трещиноватыми, редко с миндалинами и прожилками вторичного кальцита.

Результаты изучения химического состава базальта приведены в таблице 3.1. В химическом составе диабазов (таблица 5) обращает на себя внимание невысокое содержание TiO_2 (до 1,0%) и оксидов железа (до 10 %) и довольно высокое содержание CaO. О значительных вторичных изменениях пород свидетельствуют высокие П.П.П. (17,92 %).

Таблица 3.1.1 Химический состав базальта участка Каракия

Оксиды	Массовая доля (%)
SiO_2	43,01
Fe_2O_3	3,3
FeO	5
Al_2O_3	8,08
CaO	26,08
MnO	0,02
K_2O	0,4
Na_2O	1,93
MgO	3,02
TiO_2	0,62
ппп	17,92

Кварц вторичный отмечается в прозрачных шлифах в количестве от знаков до 5% в мелких пустотах, размеры которых до 0,1мм.

Базальт Каракия по химическому составу отличается от используемых в производстве волокнистых материалов пород низкими содержаниями оксида магния и высокими потерями при прокаливании. По данным исследований минералогических разностей, выделенных из состава пород, наблюдается неоднородность по минералогическому составу и разности с температурой плавления выше 1450° С, что является недопустимым при получении всех видов волокон. Получение стекол сопровождалось обильным газовыделением с увеличением объема расплава в интервале температур 1300-1450° С.

Определение коэффициента кислотности базальта осуществлено по формуле:

$$K = (SiO_2+Al_2O_3+TiO_2) / (CaO+MgO+FeO+Fe_2O_3+Na_2O+K_2O).$$

$$K_{\text{базальт Каракия}} = 56{,}54 / 43{,}46 = 1{,}3.$$

Наиболее пригодны для производства каменного литья и ситаллов породы с коэфициентом в пределах 1,3-1,8; при величинах К > 1,8-1,9 и при К < 1,3 производят подшихтовку соответственно более основными и более кислотными материалами.

В стеклах пробы при просмотре под микроскопом при увеличении в 750х, обнаружены единичные участки непровара и газовых включений, кристаллическая фаза отсутствует.

Из-за высокой кристаллизационной способности расплавов, стабильное получение непрерывных волокон из базальтов участка Каракия невозможно. Грубые волокна диаметром 85-150 мкм формуются в интервале 1380-1450° С.

Таким образом, базальты участка Каракия пригодны только для получения грубых волокон, причем их производство будет требовать более жестких технологических режимов.

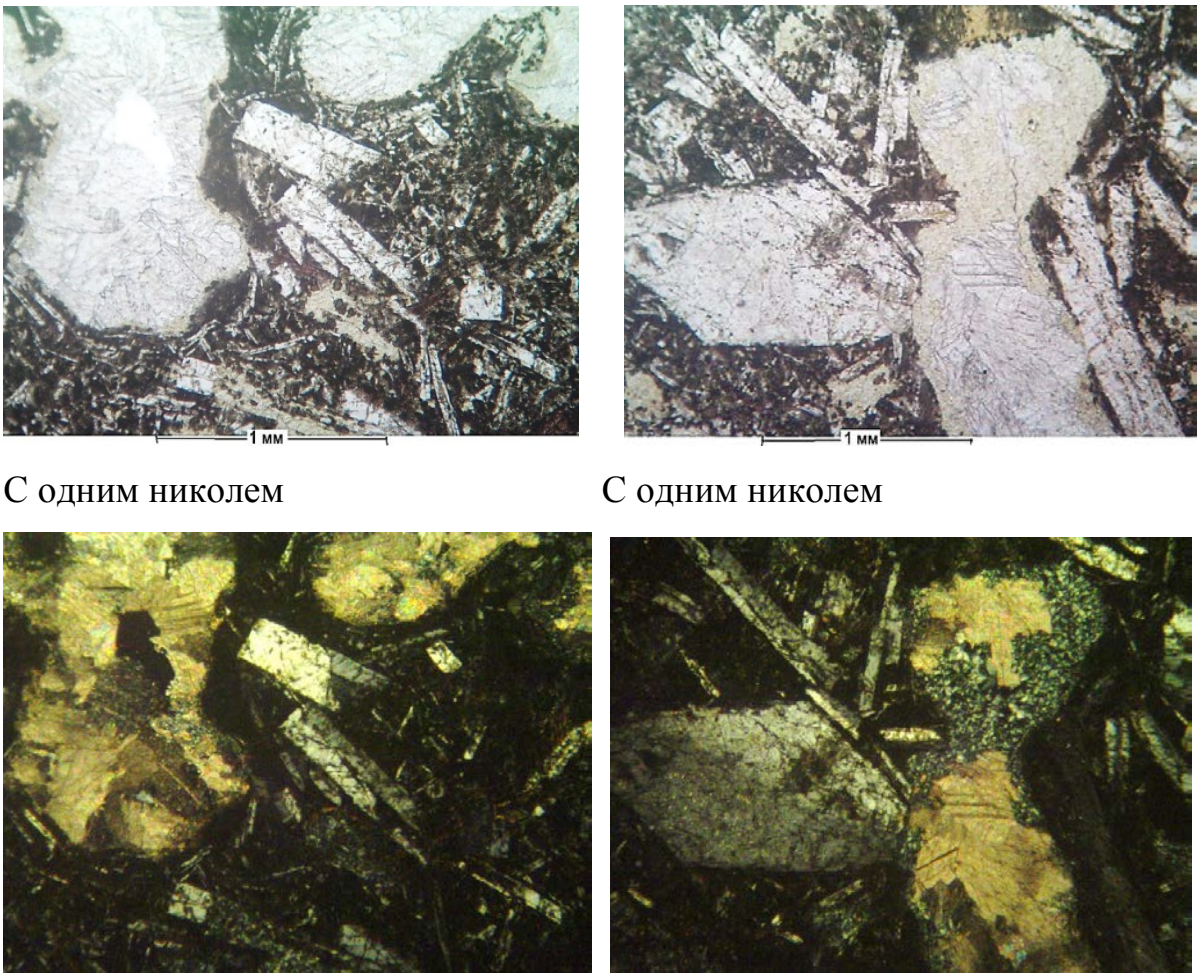
Перспективные запасы участка Каракия (площадь выхода 4,2 км^2, глубина разработки – 10м) составляют 42 млн.м^2.

На рис. 4 приведены результаты изучения микроскопического строения образцов базальта. Минералогический состав базальта (в мас.%) согласно данным микроскопического анализа: порфировые выделения плагиоклаза 2-3, лейсты плагиоклаза (альбита) 7-10, микролиты альбита 20-25, миндалины кальцита 5-7, миндалины хлорита 2-3, роговая обманка базальтическая бурая 2-3, стекло чёрное непрозрачное 50-55, магнетит 1-1,5.

Порода составлена минеральными агрегатами трёх видов. Базисным является чёрное непрозрачное (хлоритизированное) стекло, наполненное хаотически ориентированными микролитами альбита и спорадически

рассеянными комковатыми микрозёрнами (не крупнее 0,1 мм) бурой базальтической роговой обманки и чёрного магнетита.

Вторым по количеству минеральным компонентом являются лейсты плагиоклаза длиной до 1 мм при толщине до 0,3 мм, отдельные из которых приобретают вид порфировых выделений в виде простого двойника (ромбовидное зерно слева на м-фото 3 и 4). Плагиоклаз микролитов, лейст и



С одним николем С одним николем

С двумя николями с двумя николями

Рис 3.1.3 Микроскопические снимки образцов базальта Каракия.

порфировых выделений совершенно не затронут серицитизацией. Видимо, образец характеризует базальт неизменённого (подводного) потока.

Третий компонент породы представлен округлыми и менее правильными миндалинами с поперечниками от 0,3 до 1,5 мм, выполненными крупнозернистым кальцитом и (или) микрозернистым хлоритом. Кальцит – яркий на м-фото 2 и 4, хлорит - микрозернистый серый там же.

Термо-гравиметрический анализ был осуществлен на дериватографе Паулик-Паулик-Эрдей со скоростью 9 град/мин и навеской 0,1 гр., при чувствительности гальванометров Т-900 С, ТГ-200, ДТА -1/10, ДТГ-1 /10. Запись проводили при атмосферных условиях. Держателем служил платиновый тигель диаметром 7 мм без крышки. В качестве эталона использовали Al_2O_3 .

На кривой нагревания, приведенной на рис. 5 представленного образца обнаружены девять эндотермических эффектов при 144, 176, 200, 278, 350, 370, 387,415, 818°С и девять экзотермических эффектов при 320, 340, 428, 442, 465, 480, 584, 634 и 694°С. Эндоэффекты при 178 и 224 °С связаны с потерей воды, при 827°С – декарбонизацией $CaCO_3$. При нагреве до 390°С убыль массы не проявляется. Начиная с 398°С обнаружено незначительное уменьшение массы на кривой термогравиметрии, потеря веса резко нарастает от 672 °С. Потеря массы в интервале температур 60-835 °С по кривой термогравиметрии составляет 17,95 %.

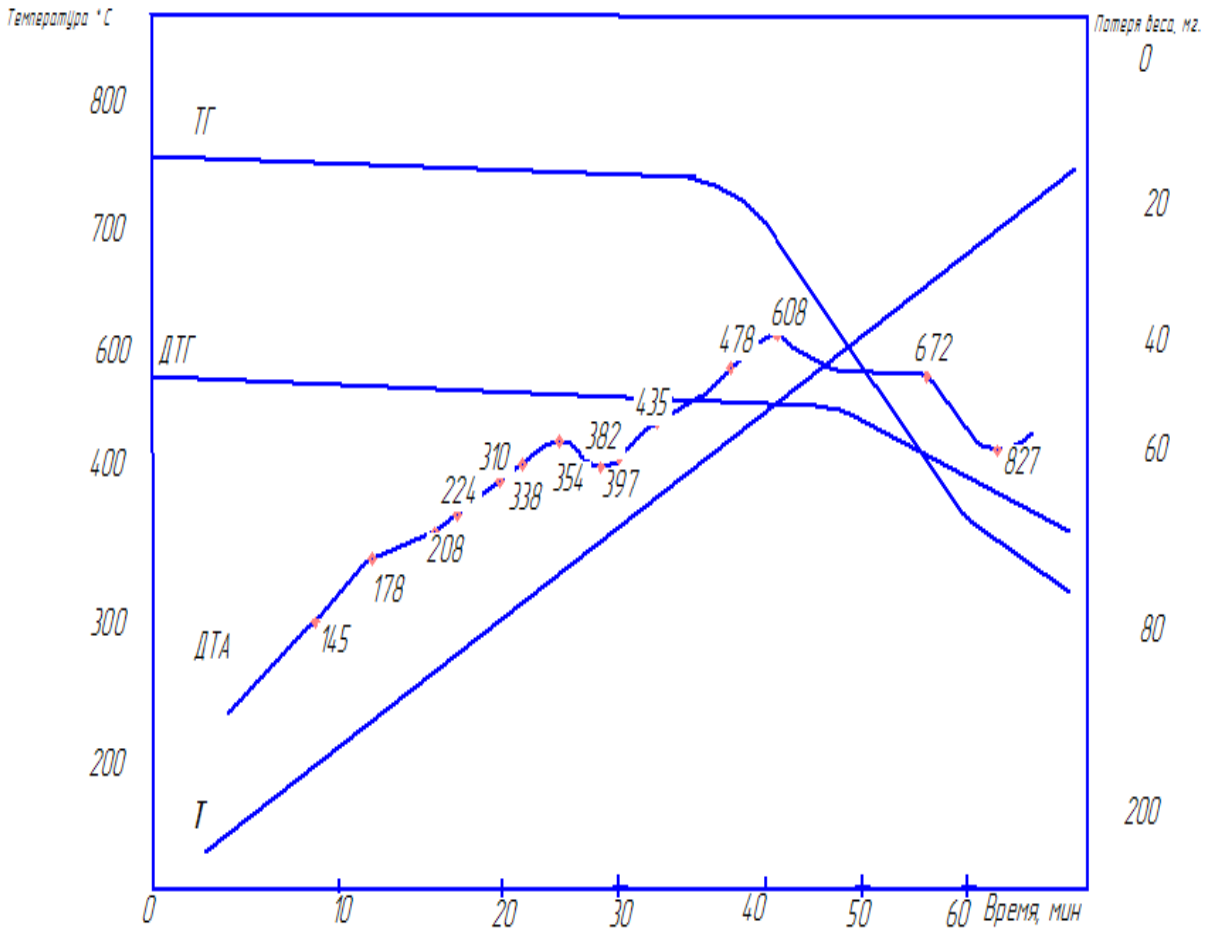


Рис 3.1.4. Дериватограмма базальта Каракия.

Для производства волокна подходят базальты следующего химического состава: SiO_2 – 45-60; Al_2O_3 - 12-19; Fe_2O_3 – 5-15; FeO – 6-12; CaO – 3-7; MgO – 0,9-2; TiO_2 – 2,5-6; Na_2O - 2-3,5 мас.%. Анализ химического состава показал, что базальт участка Каракия не соответствует этим требованиям (повышенное содержание оксида кальция и магния, низкое содержание оксида алюминия). В связи с этим, базальты участка Каракия будут исследованы на возможность получения на их основе ситаллов и каменного литья.

Рентгенографический анализ, результаты которого приведены на рис. 31.4 проведенный на дифрактометре Bruker AXS D8 Advance показал, что кристаллические фазы представлены кальцитом, анортитом, авгитом, хлоритом, небольшими количествами магнетита и альбита.

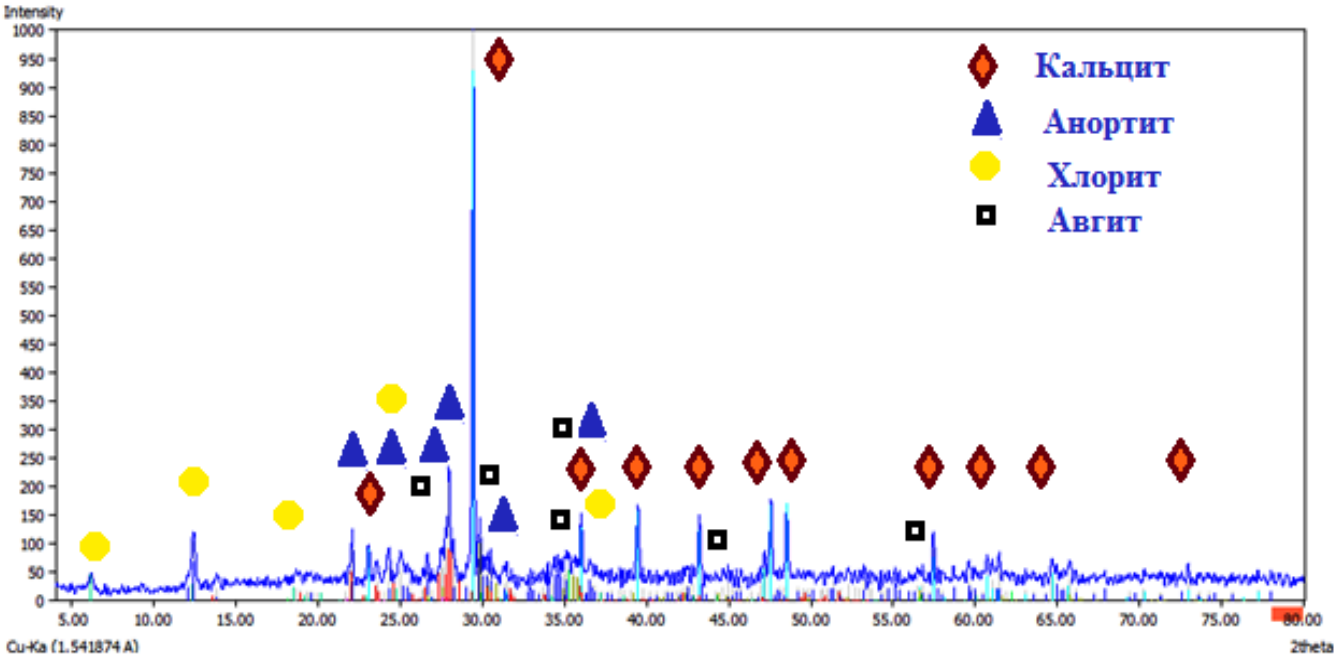
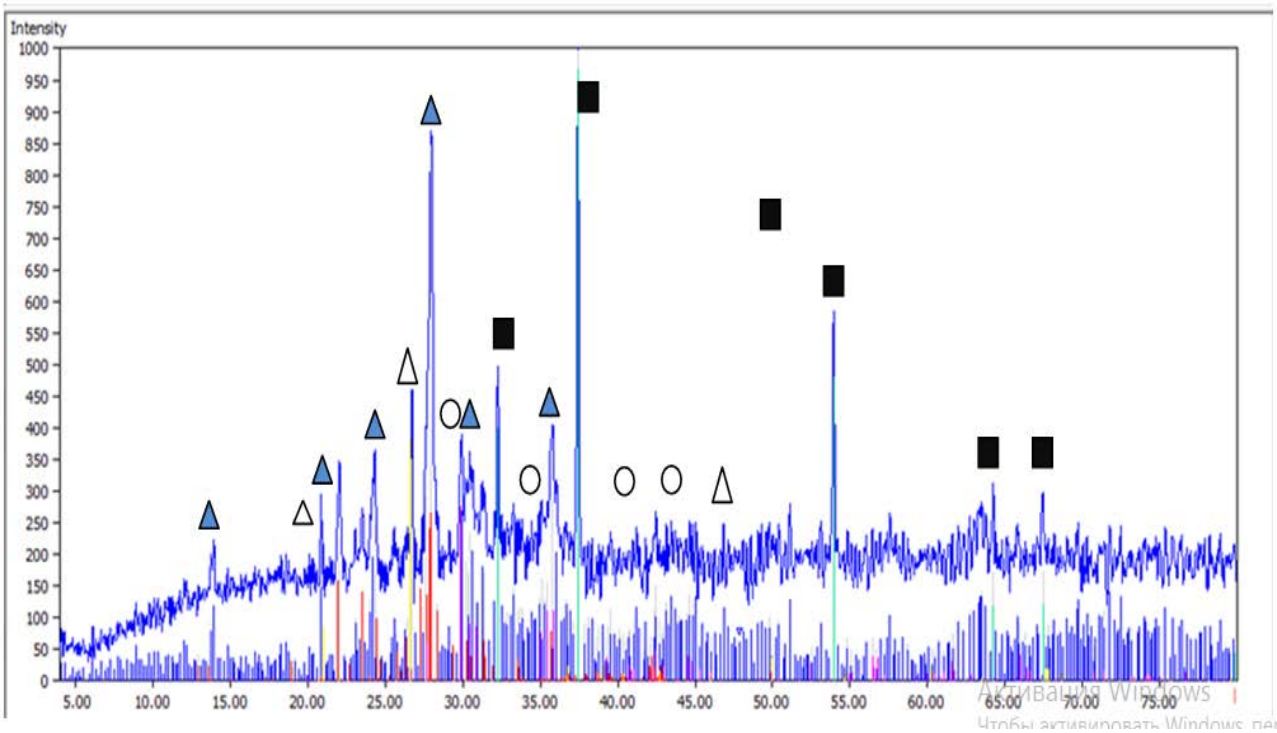


Рис. 3.1.5 Дифрактограмма базальта участка Каракия

Рентгенографического исследование базальта, результаты которого приведены на рис. 3.1.5 показало, что минералогический состав кристаллической фазы представлен (в масс.%) минералами кальцита $CaCO_3$ - 29,8; альбита $NaAlSi_3O_8$ – 27,7; коэсита SiO_2 – 35,9; щелочного базальта $(Mg,Fe,Al,Ti)(Ca,Na,Mg,Fe)(Si,Al)_2O_6$- 6,6.

На рис. 3.1.6 приведена дифрактограмма термически обработанного базальта при 1000 ^{o} С. При термообработке образуется небольшое количество расплава, о чем свидетельствует фон на рентгенограмме и расширение пиков; происходит образование анортитовой фазы (47,6 %), кроме этого кристаллическая фаза представлена оксидом кальция (19,5 %) и щелочным базальтом (21,2 %), высокотемпературным кварцем (11,7 %). Как видно из результатов получение анортитовой фазы на основе чистого базальта является невозможным.



▲ - анортит ■ - CaO △ - SiO_2 ○ - щелочной базальт

Рис.3.1.6 Рентгенограмма базальта, термообработанного при 1000 °С.

Результаты рентгенографического анализа базальта, обожженного при 1000 °С приведены в таблице 3.1.2

Таблица 3.1.2 Результаты рентгенографического анализа, термообработанного при 1000 °С.

Определенные кристаллические фазы:

A: Calcium Aluminum Silicate (Anorthite) - $Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8$

B: Calcium Oxide - Ca O

C: Silicon Oxide (Quartz) - $Si\ O_2$

D: Magnesium Aluminum Iron Calcium (Mg, Fe, Al, Ti) (Ca, Na, Mg, Fe) (Si, $Al)_2\ O_6$

Таблица 3.1.2 Результаты рентгенографического анализа, термообработанного при 1000 °С.

No.	*2theta [°]*	*d [Å]*	*I/I0*	*FWHM*	*Matched*
1.	6.88	12.8421	28.08	0.2000	A
2.	9.45	9.3595	27.78	0.2000	A
3.	10.07	8.7813	49.51	0.2000	A
4.	10.81	8.1852	40.49	0.2000	A
5.	12.02	7.3612	65.25	0.2000	A
6.	12.95	6.8366	43.93	0.2000	A
7.	13.58	6.5209	36.73	0.2000	A
8.	13.76	6.4336	95.52	0.2000	A,D
9.	14.17	6.2515	37.97	0.2000	A
10.	15.04	5.8912	41.84	0.2000	A
11.	15.13	5.8544	42.06	0.2000	A
12.	15.27	5.8028	31.19	0.2000	A
13.	15.58	5.6887	18.27	0.2000	A
14.	15.86	5.5894	17.35	0.2000	A
15.	16.21	5.4680	27.97	0.2000	A
16.	17.25	5.1419	13.38	0.2000	A
17.	17.43	5.0867	41.91	0.2000	A
18.	17.60	5.0388	31.77	0.2000	A
19.	17.83	4.9745	35.83	0.2000	A
20.	17.95	4.9410	36.78	0.2000	A
21.	19.00	4.6708	24.19	0.2000	A,D
22.	19.15	4.6340	37.70	0.2000	A
23.	19.80	4.4847	32.54	0.2000	A
24.	19.94	4.4530	22.01	0.2000	A,D
25.	20.24	4.3884	44.64	0.2000	A
26.	20.58	4.3159	27.14	0.2000	A
27.	20.70	4.2912	3.25	0.2000	A
28.	20.85	4.2609	161.15	0.2000	A
29.	21.00	4.2304	67.93	0.2000	C
30.	21.45	4.1432	47.07	0.2000	A
31.	22.05	4.0316	229.36	0.2000	A
32.	22.33	3.9809	44.97	0.2000	A
33.	22.44	3.9619	36.26	0.2000	A
34.	22.58	3.9382	3.92	0.2000	A
35.	23.07	3.8555	101.27	0.2000	A
36.	23.53	3.7811	144.42	0.2000	A

37.	24.04	3.7017	131.00	0.2000	A
38.	24.31	3.6618	249.89	0.2000	A,D
39.	24.63	3.6146	44.60	0.2000	A
40.	25.05	3.5545	37.43	0.2000	A
41.	25.32	3.5180	47.31	0.2000	A
42.	25.69	3.4673	75.10	0.2000	A
43.	26.08	3.4174	57.33	0.2000	A
44.	26.42	3.3732	99.79	0.2000	A
45.	26.72	3.3364	353.17	0.2000	C,D
46.	27.25	3.2724	56.09	0.2000	A
47.	27.41	3.2541	117.26	0.2000	
48.	27.63	3.2287	292.44	0.2000	A,D
49.	27.96	3.1912	849.84	0.2000	A
50.	28.39	3.1439	123.13	0.2000	A
51.	28.84	3.0953	53.72	0.2000	A
52.	29.41	3.0366	54.73	0.2000	A
53.	29.61	3.0169	51.34	0.2000	A
54.	29.93	2.9860	271.23	0.2000	A,D
55.	30.31	2.9485	173.29	0.2000	A
56.	30.45	2.9355	234.94	0.2000	A,D
57.	30.86	2.8980	125.12	0.2000	A,D
58.	31.38	2.8507	172.52	0.2000	A
59.	31.72	2.8207	68.23	0.2000	D
60.	31.84	2.8103	55.78	0.2000	A
61.	32.28	2.7736	399.50	0.2000	B
62.	32.65	2.7423	94.99	0.2000	A
63.	32.86	2.7255	110.56	0.2000	A
64.	33.29	2.6914	147.45	0.2000	A
65.	33.49	2.6761	113.76	0.2000	A
66.	33.66	2.6630	118.07	0.2000	A
67.	33.85	2.6482	117.78	0.2000	A
68.	33.98	2.6382	71.47	0.2000	A
69.	34.29	2.6149	78.56	0.2000	A
70.	34.44	2.6043	116.07	0.2000	A
71.	34.91	2.5702	134.07	0.2000	A
72.	35.07	2.5589	162.85	0.2000	A,D
73.	35.28	2.5439	130.67	0.2000	A
74.	35.45	2.5325	159.58	0.2000	A,D
75.	35.81	2.5078	310.47	0.2000	A,D
76.	36.36	2.4707	101.69	0.2000	A
77.	36.55	2.4588	119.39	0.2000	A
78.	36.65	2.4518	130.15	0.2000	A

79.	36.78	2.4434	110.39	0.2000	A,C
80.	37.07	2.4250	97.01	0.2000	A
81.	37.43	2.4025	1000.00	0.2000	A,B
82.	37.84	2.3776	92.60	0.2000	A,D
83.	38.11	2.3615	102.65	0.2000	A
84.	38.34	2.3479	101.91	0.2000	
85.	38.50	2.3383	35.75	0.2000	A,D
86.	38.63	2.3305	71.57	0.2000	A
87.	38.80	2.3209	89.04	0.2000	A
88.	39.19	2.2989	70.55	0.2000	A,C
89.	39.37	2.2888	89.69	0.2000	A,D
90.	39.53	2.2799	115.90	0.2000	A
91.	39.78	2.2662	79.57	0.2000	A
92.	39.95	2.2569	63.27	0.2000	A
93.	40.09	2.2492	84.42	0.2000	A
94.	40.36	2.2348	75.74	0.2000	A,C
95.	40.52	2.2265	66.67	0.2000	A
96.	40.70	2.2170	82.06	0.2000	A,D
97.	40.76	2.2138	82.71	0.2000	A,D
98.	40.99	2.2017	100.70	0.2000	A,D
99.	41.22	2.1902	121.70	0.2000	A
100.	41.40	2.1812	86.56	0.2000	A
101.	41.69	2.1667	49.97	0.2000	A
102.	42.11	2.1461	72.37	0.2000	A,D
103.	42.34	2.1346	112.87	0.2000	A
104.	42.48	2.1281	152.67	0.2000	A,D
105.	42.68	2.1185	99.35	0.2000	A,C
106.	42.83	2.1112	78.66	0.2000	A
107.	42.98	2.1044	88.40	0.2000	D
108.	43.16	2.0963	125.86	0.2000	A
109.	43.31	2.0890	91.76	0.2000	A
110.	43.46	2.0822	137.95	0.2000	A
111.	43.70	2.0713	120.76	0.2000	A
112.	43.85	2.0646	104.19	0.2000	A,D
113.	44.03	2.0567	104.76	0.2000	A
114.	44.44	2.0387	108.61	0.2000	A
115.	44.65	2.0295	138.79	0.2000	D
116.	44.85	2.0210	130.02	0.2000	D
117.	45.26	2.0037	89.75	0.2000	D
118.	46.05	1.9712	72.07	0.2000	C,D
119.	46.64	1.9476	77.41	0.2000	D
120.	48.09	1.8921	81.00	0.2000	D

121.	49.27	1.8496	99.07	0.2000	D
122.	49.58	1.8388	86.39	0.2000	D
123.	49.79	1.8315	103.19	0.2000	D
124.	50.00	1.8243	78.43	0.2000	C
125.	50.39	1.8111	94.98	0.2000	D
126.	50.83	1.7965	60.71	0.2000	D
127.	51.78	1.7655	43.14	0.2000	D
128.	52.54	1.7420	55.54	0.2000	D
129.	53.12	1.7242	93.13	0.2000	D
130.	53.62	1.7092	43.33	0.2000	D
131.	53.94	1.6999	477.42	0.2000	B
132.	54.62	1.6803	32.16	0.2000	C,D
133.	54.84	1.6742	71.02	0.2000	C,D
134.	55.07	1.6676	50.27	0.2000	D
135.	56.43	1.6307	71.93	0.2000	D
136.	56.68	1.6241	52.90	0.2000	D
137.	57.22	1.6100	52.03	0.2000	D
138.	57.58	1.6009	106.27	0.2000	C
139.	58.14	1.5868	49.58	0.2000	D
140.	58.42	1.5798	74.15	0.2000	D
141.	59.35	1.5573	21.09	0.2000	D
142.	59.89	1.5445	38.42	0.2000	D
143.	60.34	1.5340	53.78	0.2000	C
144.	60.51	1.5301	47.95	0.2000	D
145.	60.74	1.5248	68.59	0.2000	D
146.	61.06	1.5177	52.06	0.2000	D
147.	61.34	1.5113	63.35	0.2000	D
148.	61.60	1.5055	78.86	0.2000	D
149.	62.33	1.4897	82.33	0.2000	D
150.	62.72	1.4815	113.02	0.2000	D
151.	63.27	1.4698	129.51	0.2000	D
152.	63.50	1.4650	142.20	0.2000	C
153.	64.02	1.4545	53.65	0.2000	D
154.	64.24	1.4500	175.14	0.2000	B
155.	64.41	1.4465	85.79	0.2000	D
156.	64.97	1.4355	16.26	0.2000	D
157.	65.78	1.4197	108.04	0.2000	D
158.	65.90	1.4175	95.93	0.2000	D
159.	66.15	1.4126	63.45	0.2000	C
160.	66.32	1.4095	77.77	0.2000	D
161.	66.68	1.4026	55.10	0.2000	D
162.	67.45	1.3886	176.55	0.2000	B,D

163.	67.60	1.3858	75.62	0.2000	C
164.	67.79	1.3825	91.77	0.2000	C
165.	68.18	1.3755	101.57	0.2000	D
166.	68.74	1.3656	67.48	0.2000	C
167.	70.03	1.3437	92.45	0.2000	D
168.	70.70	1.3325	56.38	0.2000	D
169.	71.43	1.3207	114.66	0.2000	D
170.	72.07	1.3105	97.37	0.2000	D
171.	72.34	1.3062	91.12	0.2000	C
172.	72.93	1.2971	78.97	0.2000	D
173.	73.18	1.2934	86.51	0.2000	D
174.	73.55	1.2877	81.21	0.2000	D
175.	74.08	1.2798	102.95	0.2000	D
176.	74.26	1.2772	93.22	0.2000	D
177.	74.37	1.2755	75.03	0.2000	D
178.	74.51	1.2735	83.83	0.2000	D
179.	74.94	1.2672	93.61	0.2000	D
180.	75.63	1.2574	45.02	0.2000	D
181.	75.79	1.2552	102.63	0.2000	C
182.	75.84	1.2545	101.77	0.2000	D
183.	76.03	1.2518	47.15	0.2000	D
184.	76.60	1.2439	36.61	0.2000	D
185.	77.53	1.2312	80.09	0.2000	D
186.	77.89	1.2265	88.20	0.2000	D
187.	78.05	1.2244	29.23	0.2000	D
188.	78.20	1.2224	91.61	0.2000	C
189.	78.34	1.2206	60.29	0.2000	D
190.	78.58	1.2174	41.16	0.2000	D
191.	78.73	1.2155	67.93	0.2000	D
192.	79.24	1.2090	56.15	0.2000	D
193.	79.51	1.2055	54.92	0.2000	C

3.2. Проектирование состава шихт базальтосодержащих ситаллов

Для получения кислотоустойчивого и термостойкого стеклокристаллического материала химический состав базальта был приведен к составу анортита путем подшихтовки недостающими компонентами.

Предварительно порода была измельчена в шаровой мельнице в течении 5 часов. Гранулометрический состав измельченной породы: - 0,63 – 32%; - 1,25 – 31%; - 2,8 – 37% .

Шихтовый состав стекол в данной работе подбирался с целью получения мономинеральных кристаллических материалов анортитового состава. В качестве источника требуемых оксидов были выбраны базальтовая порода проявления Каракия, ангренский каолин AKF-78 и алюминийсодержащий отход химической промышленности.

Взаимодействие базальта с каолином и алюминесодержащим отходом можно изобразить следующим образом:

базальт, каолин, Алюминий-содержащий отход, анортит, вода

$$CaAl_{1,12}Si_{1,48}O_{5,64} + Al_{0,52}Si_{0,52}H_{1,04}O_{2,32} + Al_{0,36}O_{0,54} = CaAl_2Si_2O_8 + 0.52H_2O$$

Вода при высоких температурах испаряется и вышеизложенная формула приобретает вид:

базальт, каолин, алюминийсодержащий отход, анортит

$$CaAl_{1,12}Si_{1,48}O_{5,64} + Al_{0,52}Si_{0,52}O_{1,82} + Al_{0,36}O_{0,54} = CaAl_2Si_2O_8$$

Таблица 3.2.1. Химический состав сырьевых материалов (в мас. %) для синтеза стекол и ситаллов

Оксиды	Базальт	«СП Ангренский»-бумажный каолин	Отход Шуртанского газохимичес-кого комплекса
SiO_2	43,01	48,41	-
Fe_2O_3	3,30	1,01	-
FeO	5,00	-	-
TiO_2	0,62	-	-
MnO	0,02	-	-
AI_2O_3	8,08	36,22	90
CaO	26,08	0,14	-
MgO	3,02	0,28	-
K_2O	0,40	0,57	-
Na_2O	1,93	0,50	-
SO_3	0,32	-	-
П.п.п	7,92	12,87	10

Для производства ситаллов анортитового состава было взято и рассчитано несколько шихтовых составов материала, в мас. %:

Состав №1:

Базальт Каракия - 68 ;

Каолин Ангренский первичный обогащенный– 20;

Отход ШГКХ – 12.

В таблице 3.2.1 приведены химические составы выбранных сырьевых материалов.

Химический состав стекол на основе базальта Каракия, каолина Ангренский первичного и глиноземсодержащего отхода ШГКХ представлен в таблицах 3.2.2-3.2.5

Таблица 3.2.2 Химический состав стекла

Содержание компонентов, масс. %										
SiO_2	Fe_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	n.n.n
29,24	2,24	3,4	0,42	0,01	5,49	17,73	0,60	0,27	1,31	5,38
9,68	0,20				7,24	0,7	0,056	0,11	0,1	2,57
					10,8					1,2
38,92	2,44	3,4	0,42	0,01	23,53	18,43	0,65	0,38	1,41	9,15

Состав №2

Базальт Каракия - 60 ;

Каолин Ангренский первичный обогащенный– 30;

Отход ШГКХ – 10

Таблица 3.2.3 Химический состав стекла№2

Содержание компонентов, масс. %										
SiO_2	Fe_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	n.n.n
25,8	1,98	3	0,37	0,012	4,84	4,84	1,81	0,24	1,15	4,75
14,52	0,3				10,87	7,82	0,08	0,17	0,58	3,86
					9					3
40,32	2,28	3	0,37	0,012	24,71	12,66	1,89	0,41	1,73	11,61

Состав №3

Базальт Каракия - 50 ;

Каолин Ангренский первичный обогащенный– 20;

Отход ШГКХ – 30

Таблица 3.2.4 Химический состав стекла№3

SiO_2	Fe_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	n.n.n
21,5	1,65	2,5	0,31	0,01	4,04	13,04	1,51	0,2	0,96	3,96
9,68	0,2				7,24	5,21	0,05	0,11	0,1	2,57
					27					2
31,18	1,85	2,50	0,31	0,01	38,28	18,25	1,56	0,31	1,06	8,53

Приготовленная шихта каждого состава варилась в корунзитовых тиглях емкостью 250 мл в электрической печи с силитовыми нагревателями при температуре 1450°С. Выдержка составляла 1 ч. Расплав стекла№1 сливали на подогретую металлическую плиту. Расплав стекла №2 и №3 нельзя было слить в связи с тем что данные составы образовали расплав с высокой вязкостью.

3.2.6 Химический состав образцов стекол

Содержание компонентов, масс. %											
Номер стекла	SiO_2	Fe_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	n.n.n
Стекло №1	38,92	2,44	3,4	0,42	0,01	23,53	18,43	0,65	0,38	1,41	9,15
Стекло №2	40,32	2,28	3	0,37	0,012	24,71	12,66	1,89	0,41	1,73	11,61
Стекло №3	31,18	1,85	2,50	0,31	0,01	38,28	18,25	1,56	0,31	1,06	8,53

Кристаллизация стекол осуществлялась в лабораторной муфельной печи.

Для определения кристаллизационной способности полученного базальтового стекла массовым методом образцы были термообработаны при различных температурах – от 700 до 1000 ^{o}C (подъём температуры со скоростью 40 ^{o}C /мин) с выдержкой при конечной температуре в течении 1-3 часов. Получены стеклокристаллические образцы чёрного и тёмно-фиолетово-чёрного цветов.

Таблица 3.2.7 Кристаллизационная способность синтезированных стекол

Степень кристаллизации при температуре					
700 ^{o}C	800 ^{o}C	900 ^{o}C	1000 ^{o}C	700 ^{o}C /1 ч. +900 ^{o}C /1 ч.	800 ^{o}C /1 ч. + 1000 ^{o}C /1 ч.
отсутствие признаков кристаллизации	поверхностная в виде небольших разобщенных участков	поверхностная в виде сплошной тонкой пленки	частичная объемная кристаллизация	частичная объемная кристаллизация	объемная кристаллизация

После определения оптимальных температур термообработки осуществляли двухступенчатую кристаллизацию образцов из стекла. После выдержки в области выделения центров кристаллизации (700 и 800 ^{o}C), в течении 1 ч. температуру поднимали на 200°C и осуществляли окончательную выдержку в течение 2 ч.

В результате проведенных исследований установлено, что оптимальная температура двухступенчатой кристаллизации для образования мелкодисперсной структуры петросиситалла анортитового состава составляет 800 ^{o}C /1 ч.+1000 ^{o}C /1 ч.

Стеклокристаллический материал, полученный при оптимальных условиях был изучен рентгенографически. Результаты рентгенографического анализа приведены на рис. 8.

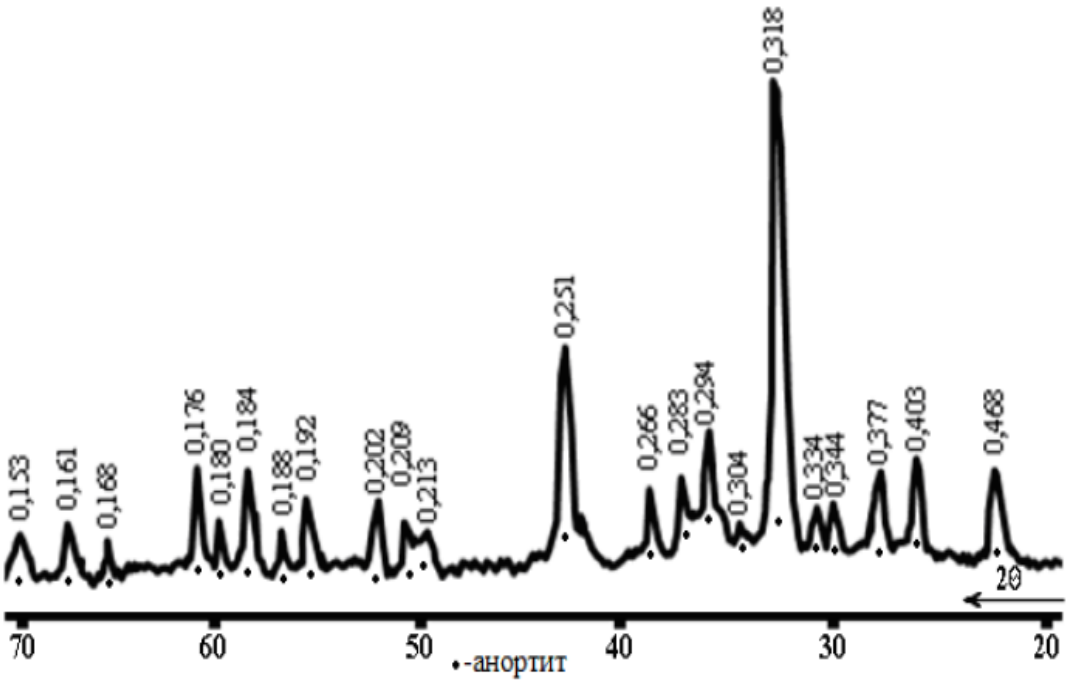


Рис. 3.2.1. Дифрактограмма закристаллизованного при оптимальных условиях образца из базальтового стекла.

Физико-химические свойства стекол и ситаллов, синтезированных на основе базальта Каракия приведены в таблице 3.2.8

Таблица 3.2.8 Основные физико-химические свойства синтезированных стекол и ситаллов

Свойство	Стекло на основе базальта	Ситалл на основе базальта
Плотность, кг/м^3	2700	3100
Предел прочности на сжатие, МПа	250	670
Химическая устойчивость, % к 35% - ной NaOH к конц. HCl к конц. H_2SO_4	 95,0 99,0 99,1	 99,8 99,9 99,9
Температура кристаллизации, ^oC Нижний предел Верхний предел	 800 1000	
ТКЛР, $\alpha x10^{-7}$ град.$^{-1}$	60	55
Температура варки, ^oC	1400	

Синтезированный ситалл обладает высокой прочность на сжатие (670 МПа), высокой стойкостью по отношению к щелочам и кислотам. Таким образом, знание законов изоморфизма позволило из базальта, каолина и отхода промышленности спроектировать и синтезировать ситалл, где кристаллической фазой является один из главных представителей полевых шпатов – минерал анортит. Скорее всего мы здесь имеем дело с твердым раствором полевого шпата. В позиции ионов кальция входит сам ион кальция, ион двухзарядного железа, ион двухзарядного марганца, ион магния, ион калия и ион натрия. Во вторую позицию входят такие элементы, как алюминий, железо. В позиции кремния могут находиться ионы титана.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. В Узбекистане имеются месторождения базальтов - запасы, которые учитываются Госбалансами полезных ископаемых РУз: Гавасайские (Наманганский обл.), Караташские (Навоийская обл.), Асмансайские (Джизакская обл.) и др.

2. Проявление базальта Каракия расположено в 12 км западнее г. Джизака, в 1,5км южнее автомобильной дороги Джизак-Янгикишлак. Поисковыми маршрутами выделены выхода диабазов, прослеживащиеся вдоль северо-восточного склона Северо-Нуратинского хребта узкой полосой шириной от 0,5 до 2 км и протяженностью до 12 км. Перспективные запасы участка Каракия (площадь выхода 4,2 км^2, глубина разработки – 10м) составляют 42 млн.м^2.

3. Химический состав базальта: SiO_2 - 43,01; Fe_2O_3-3,3; FeO – 5; Al_2O_3 - 8,08; CaO - 26,08; MnO -0,02; K_2O- 0,4; Na_2O -1,93; MgO - 3,02; TiO_2 -0,62; ППП - 17,92. Минералогический состав базальта (в мас.%): порфировые выделения плагиоклаза 2-3, лейсты плагиоклаза (альбита) 7-10, микролиты альбита 20-25, миндалины кальцита 5-7, миндалины хлорита 2-3, роговая обманка базальтическая бурая 2-3, стекло чёрное непрозрачное 50-55, магнетит 1-1,5. Из-за повышенного содержания оксида кальция и магния, низкого содержания оксида алюминия базальт участка Каракия не подходит для производства волокна. Базальты были исследованы на возможность получения на их основе ситаллов и каменного литья.

4. Для производства петроситаллов анортитового состава был синтезирован состав, в мас. %: Базальт Каракия - 68 ; Каолин Ангренский первичный обогащенный– 20; Отход ШГКХ – 12. Полученный ситалл обладает высокой прочность на сжатие (670 МПа), высокой стойкостью по отношению к щелочам и кислотам.

ГЛАВА IV.РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СИТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВ

Технологическая схема производства петроситаллов на основе базальтов проявления Каракия состоит из следующих технологических этапов: подготовка сырьевых материалов, приготовление шихты, варка стекла, формование способом проката, кристаллизация, резка на листы и плитки, сортировка и упаковка готовых изделий.

4.1. Подготовка сырьевых материалов

К процессу подготовки сырьевых материалов относятся: сушка, измельчение и просеивание.

Подготовка базальта

Базальт с кусками величиной не более 200 мм подаётся грейферным краном в приемный бункер. По транспортной ленте подаётся в щековую дробилку, далее по транспортной ленте базальт подаётся в сушильный барабан, после чего поступает в молотковую дробилку. При помощи элеватора измельченное сырье поступает на вибросито. После вибросита поступает на шнековый транспортёр и на транспортную ленту. Далее следует силос для подготовленной базальтовой крошки.

Подготовка каолина

Каолин из складских помещений поступает в валковую дробилку, далее по транспортной ленте в сушильный барабан, далее загружается в силос для подготовленного сырья.

Подготовка глинозёмсодержащего отхода

Глинозёмсодержащий отход ШГХК представляет собой шарики размером не более 1-2 мм которые поступают на мойку в ленточный конвейер и по транспортной ленте поступает на измельчение (молотковая дробилка), далее в силос для подготовленного сырья.

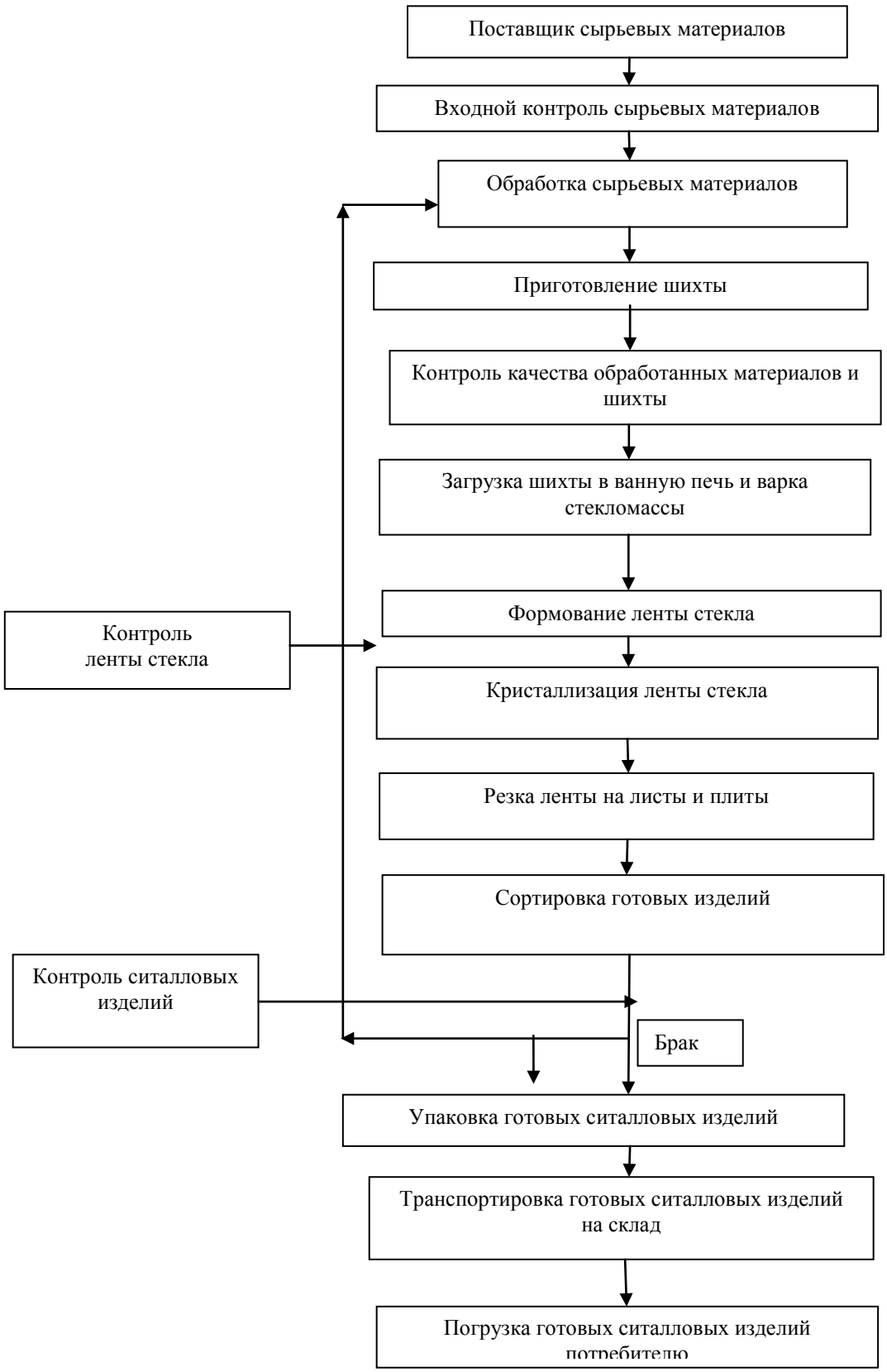


Рис. 4.1.1 Технологическая схема производства ситалловой плитки.

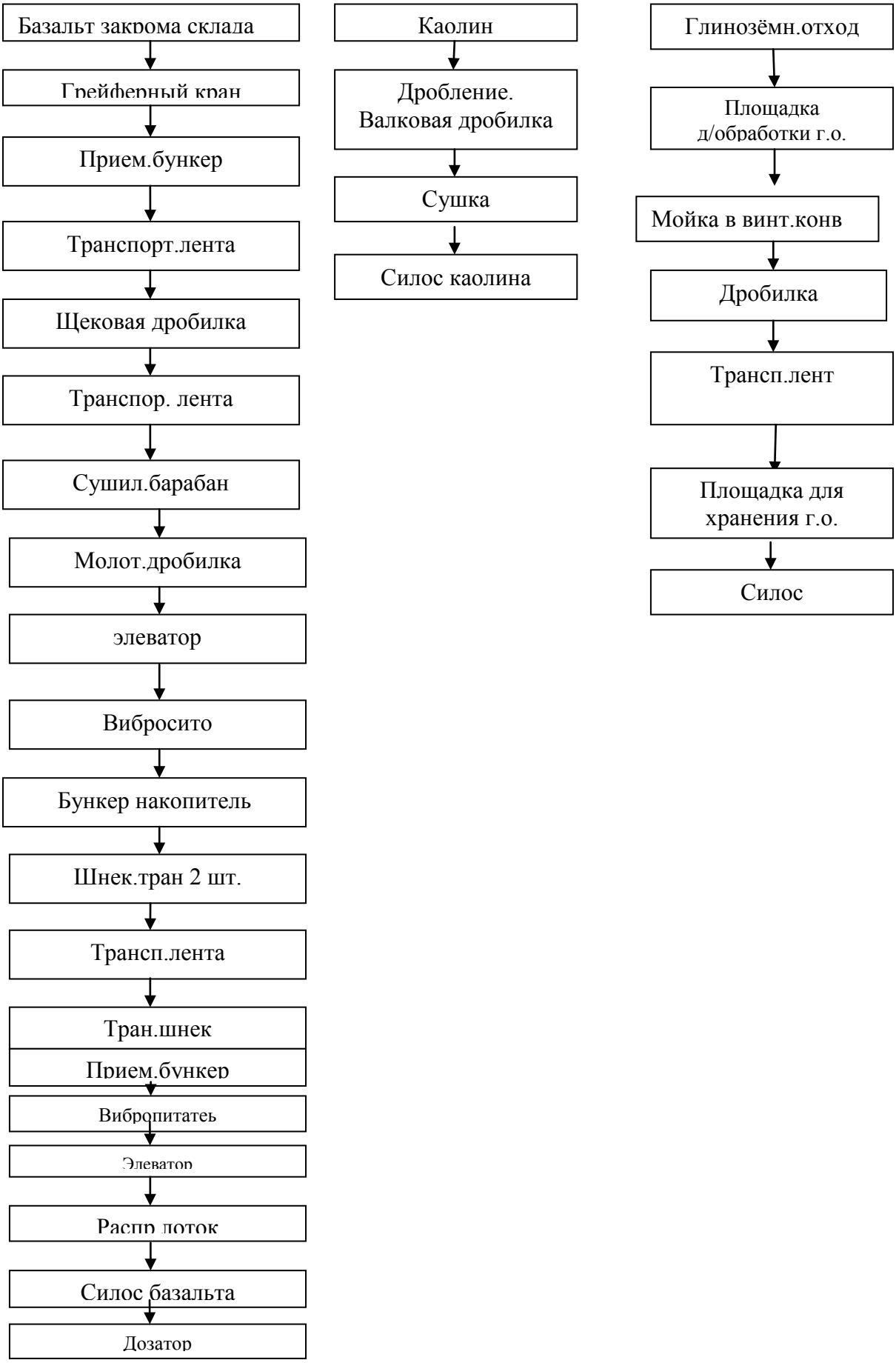


Рис. 4.1.2 Схема обработки сырьевых материалов.

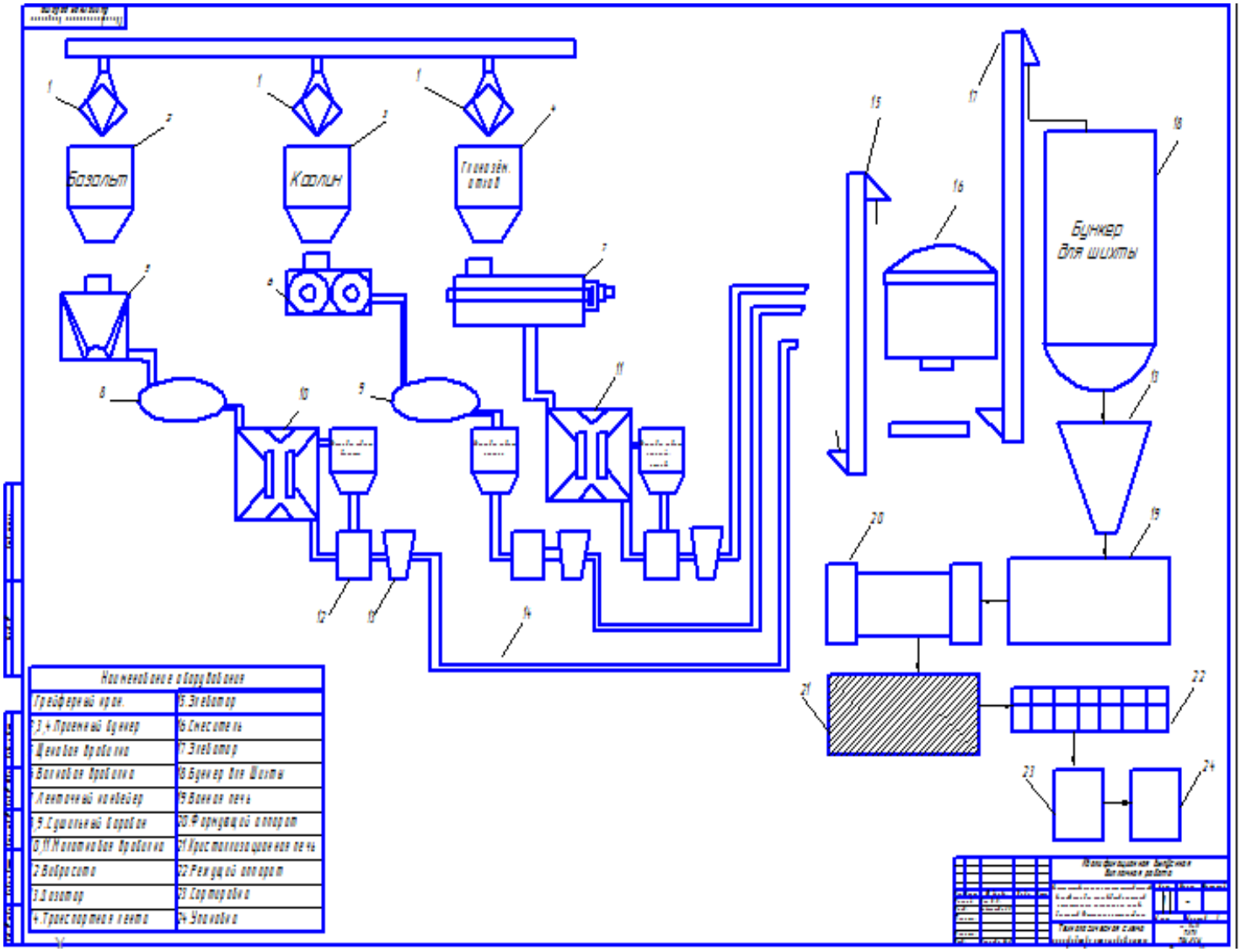


Рис. 4.1.3. Технологическая схема производства ситалловой плитки

4.2 Требования, предъявляемые к готовой продукции.

Ситалловые плиты выпускаются в соответствии с ГОСТ 4.205-79 «Система показателей качества продукции. Строительство. Стекло и изделия из стекла и шлакоситалла. Номенклатура показателей». Настоящий стандарт распространяется на строительное стекло и изделия из стекла и ситаллов и устанавливает номенклатуру показателей их качества для применения при: разработке стандартов и технических условий; выборе оптимального варианта новой продукции; аттестации продукции, прогнозировании и планировании повышения ее качества; разработке систем управления качества.

Листы и плиты из петроситалла – изделия из стеклокристаллического материала, получаемого на основе базальтов, гранитов, габбро, сиенитов и др. горных пород. Из петроситаллов изготавливают прокатные листы и плиты, а также прессованные плиты белого и серого цветов, окрашенные в массе или с окрашенной керамическими красками поверхностью.

Размеры прокатных листов и плит приведены в табл 4.3.1.

Таблица 4. 2.1. Размеры прокатных листов и плит из петроситалла, мм

Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
Прокатные листы		
900	600; 900	6;8
1200	600; 900; 1200	
1500	600; 900; 1200; 1500	
1800	600; 900; 1200; 1500	
2100	300; 600; 900; 1200; 1500	8
2400	600; 900; 1200; 1500	10
2800		
3000		
3300		
Прокатные плиты		
300	200; 300	6; 8; 10; 12
400	300; 400	6; 8; 10; 12
500	400	6; 8; 10
500	500	6; 8; 10; 12
600	300	6; 8; 10
600	600	6; 8; 10; 12

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

1. Технологическая схема производства петроситаллов на основе базальтов проявления Каракия состоит из следующих технологических этапов: подготовка сырьевых материалов, приготовление шихты, варка стекла, формование способом проката, кристаллизация, резка на листы и плитки, сортировка и упаковка готовых изделий.

2. К процессу подготовки сырьевых материалов относятся: сушка, измельчение и просеивание.

I. подготовка базальта

II. подготовка каолина

III. Подготовка глинозёмсодержащего охода

3. Формование ленты стекла осуществляется способом непрерывного проката. Сваренная стекломасса поступает из выработочной части ванной печи и захватывается вращающимися в разном направлении верхним и нижним валками.

4. Кристаллизация ленты стекла осуществляется **в** электрической роликовой печи. Максимальная температура термообработки составляет 1000 ^{o}C, при прохождении в печи зоны с температурой 800°C происходит выдержка в течении 2 ч.

5. Листы и плиты из петроситалла – изделия из стеклокристаллического материала, получаемого на основе базальтов, гранитов, габбро, сиенитов и др. горных пород. Из петроситаллов изготавливают прокатные листы и плиты, а также прессованные плиты белого и серого цветов, окрашенные в массе или с окрашенной керамическими красками поверхностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. Для исследования возможности получения силикатов строительного назначения, в частности базальтового волокна, стеклокристаллического материала и каменного литья нами были исследованы прежде не изученные базальты проявления «Каракия» Джизакской области. Базальт – это продукт горных извержений, обладающий очень высокими техническими показателями и пригодный для использования в качестве компонента для строительных материалов.

2. Базальтовая порода составлена минеральными агрегатами трёх видов. Базисным является чёрное непрозрачное (хлоритизированное) стекло, наполненное хаотически ориентированными микролитами альбита и спорадически рассеянными комковатыми микрозёрнами (не крупнее 0,1 мм) бурой базальтической роговой обманки и чёрного магнетита. Вторым по количеству минеральным компонентом являются лейсты плагиоклаза длиной до 1 мм при толщине до 0,3 мм, отдельные из которых приобретают вид порфировых выделений в виде простого двойника (ромбовидное зерно слева на рис. 1.3 и 1.4). Плагиоклаз микролитов, лейст и порфировых выделений совершенно не затронут серицитизацией. Видимо, образец характеризует базальт неизменённого (подводного) потока. Третий компонент породы представлен округлыми и менее правильными миндалинами с поперечниками от 0,3 до 1,5 мм, выполненными крупнозернистым кальцитом и (или) микрозернистым хлоритом.

3. Для производства волокна подходят базальты следующего химического состава: SiO_2 – 45-60; Al_2O_3 - 12-19; Fe_2O_3 – 5-15; FeO – 6-12; CaO – 3-7; MgO – 0,9-2; TiO_2 – 2,5-6; Na_2O - 2-3,5 мас.%. Анализ химического состава показал, что базальт участка Каракия не соответствует этим требованиям (повышенное содержание оксида кальция и магния, низкое содержание оксида алюминия). В связи с этим, базальты участка Каракия будут исследованы на возможность получения на их основе каменного литья. Рентгенографический анализ, проведенный на

дифрактометре Bruker AXS D8 Advance показал, что кристаллические фазы представлены кальцитом, анортитом, авгитом, хлоритом, небольшими количествами магнетита и альбита. Для получения кислотоустойчивого и термостойкого каменного литья химический состав базальта был приведен к составу анортита путем подшихтовки недостающими компонентами.

4. Для получения петроситаллов анортитового состава был рассчитан шихтовый состав материала, в мас. %: базальт Каракия - 68 ; каолин Ангренский первичный обогащенный– 20; отход ШГКХ – 12. Приготовленная шихта варилась в корунзитовых тиглях емкостью 250 мл в электрической печи с силитовыми нагревателями при температуре 1450°C. Выдержка составляла 1 ч. Расплав стекла сливали на подогретую металлическую плиту. Были получены стёкла черного цвета. Кристаллизация стекол осуществлялась в лабораторной муфельной печи.

5. Для определения кристаллизационной способности полученного базальтового стекла массовым методом образцы были термообработаны при различных температурах – от 700 до 1000 ^{o}C (подъём температуры со скоростью 40 ^{o}C /мин) с выдержкой при конечной температуре в течении 1-3 часов. Получены стеклокристаллические образцы чёрного и тёмно-фиолетово-чёрного цветов. В результате проведенных исследований установлено, что оптимальная температура двухступенчатой кристаллизации для образования мелкодисперсной структуры петросиситалла анортитового состава составляет 800 ^{o}C /1 ч.+1000 ^{o}C /1 ч.

6. Синтезированный ситалл обладает высокой прочность на сжатие (670 МПа), высокой стойкостью по отношению к щелочам и кислотам. Таким образом, знание законов изоморфизма позволило из базальта, каолина и отхода промышленности спроектировать и синтезировать ситалл, где кристаллической фазой является твердый раствор со структурой анортита.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. И.А. Каримов Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. Ташкент, «Узбекистан». 2009, 39 с.

2. И.А. Каримов. “Мамлакатни модернизация қилиш ва кучли фуқоролик жамиятини барпо этиш–устувор мақсадимиздир. Тошкент. «Узбекистон». 2010 йил.

3. Татаринцева О. С. IX Всероссийская научно-практическая конференция "Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья"// Проектирование и строительство в Сибири. 2009. № 3. - С. 43-44.

4. С. В. Фомичев и др. Критерии оценки технологических свойств габбро-базальтовых пород// Химическая технология. - 2010. - № 7. - С. 419-424. ISSN 1684-5811.

5. http://ecologygroup.msk.ru/v-uzbekistane-vnedryaetsya-noviy-standart-po-energosberezheniu

6. Петрографический словарь. — Directmedia, 2013.03.16. — 462 с. — ISBN 9785445802495.

7. Петрографический кодекс России. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. — С. 115. — 200 с. — 1 500 экз. — ISBN 978-5-93761-106-2.

8. А. И. Гусев, А. Ф. Коробейников. Мантийно-коровое взаимодействие в генерации различных типов оруденения: геофизический и петрологический аспекты//Известия Томского политехнического университета. - 2009. - Т. 315, N 1 : Науки о Земле. - С. 18-25.

9. Музафаров В. Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. — Рипол Классик. — 327 с. — ISBN 9785458362467.

10. Крылов Р. А. К вопросу о формировании контрастных эффузивных комплексов из базальтоидных магматических расплавов// Вестник Мурманского государственного технического университета. - 2010. - Т. 13, № 3. - С. 552-561.

11. А. Э. Изох и др. Урэгнурская платиноносная вулканоплутоническая пикрит-базальтовая ассоциация Монгольского Алтая - индикатор кембро-ордовикской крупной изверженной провинции// Геология и геофизика. - 2010. - Т. 51, N 5. - С. 665-681.

12. Практическое руководство по общей геологии // под ред. проф. Н. В. Короновского. — М., «Академия», 2007.

13. А. А. Васильева и др. Исследование свойств базальта Васильевского месторождения Якутии в качестве сырья для получения непрерывных волокон // Химическая технология. - 2013. - № 9. - С. 516-520. - ISSN 1684-5811.

14. Фомичев С. В. Получение керамических материалов спеканием измельченного базальта // Химическая технология. - 2010. - № 2. - С. 106-110.

15. Vishal Pandurang Kumbhar. An Overview: Basalt Rock Fibers - New Construction Material. Acta Engineering International. 2014, 2(1), AE07204511. P. 11- 18

16. А. Г. Новицкий, М. В. Ефремов. Некоторые аспекты технологического процесса получения базальтового непрерывного волокна.// Стекло и керамика. - 2010. - N 11. - С. 30-34.

17. V. Ramakrishnan, Tolmare, N.S. and Brik, V.B.,, Performance Evaluation of 3-D Basalt Fiber Reinforced Concrete & Basalt Rod Reinforced Concrete, Final Report for Highway IDEA Project 45, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C. Nov. 1998, 97 pp.

18. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/studies/idea/finalreports/highway/NCHRP045_Final_Report.pdf

19. Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махов Основы производства базальтовых волокон и изднелий – М.:Теплоэнергетик, 2002 г., 416с.

20. В.П. Шевченко, С.Г. Токунов, Д.Д. Гуламова, Р.Б.Ким, Д.Ш. Турдиев. Получение и исследование свойств базальтового волокна на

основе природного сырья Узбекистана // Химия и химическа технология – Ташкент, 2011 г - №2 – С 10-12..

21. Dr. Patnaik Anil, “Applications of Basalt Fibers Reinforced Polymer (BFRP) Reinforcement for Transportation Infrastructure”, Developing a Research Agenda for Transportation Infrastructure – TRB, November 2009, 1-5.

22. Dr. Sergey Osnos, “Basalt continuous fiber: development of technologies and equipment from the past to the present”, Basalt Fiber & Composite Materials Technology Development Company, China.

23. Murray Allan D.,” Basalt Fibers for high-performance composites”, Allied composite Technologies LLC, 1-4.

24. http://autorelease.ru/reviews/hatchback/187-pervyj-avtomobil-iz-stekla.html. 04.03.2009]

25. Saravanan D., “Spinning of rocks – Basalt fibers”, Institute of Engineers (India) Journal, volume 82, February 2006, 39-45.

26. Аблесимов Н. Е., Земцов А. Н. Релаксационные эффекты в неравновесных конденсированных системах. Базальты: от извержения до волокна. Москва, ИТиГ ДВО РАН, 2010. 400 с.

27. Sheldon G. L., “Forming fibers from basalt rock”, platinum metal review, 1977, 18-24.

28. Basalt information, “Aketoma – Basalt fabrics, tubes, Mesh, rods etc.”, (www.laseroptronix.se/exoma/ basaltinformation.pdf)]

29. http://www.catalogmineralov.ru/article/641.html#

30. Н. Ф. Дробот и др. Применение химико-металлургических методов для переработки габбро-базальтового сырья. // Химическая технология. - 2012. - № 5. - С. 286-290.

31. Практическое руководство по общей геологии // под ред. проф. Н. В. Короновского. — М., «Академия», 2007.

32. http://geo.web.ru/db/msg.html

33. Е.Н.Граменицкий, А.Р.Котельников, А.М.Батанова, Т.И.Щекина, П.Ю.Плечов. Экспериментальная и техническая петрология. - М.: Научный Мир, 2000. - 416 с.

34. www.basaltfm.com (Basalt Fiber & Composite Materials Technology. Development Co. Ltd., Hong Kong)

35. И. З. Бабиевская и др. Расчет минерального состава горных пород группы габбро по данным химического анализа // Неорганические материалы. - 2011. - Т. 47, N 6. - С. 709-712.

36. Взаимодействие базальта с кислотно-органическими средами / Н. Ф. Дробот [и др.] // Химическая технология. - 2009. - N 2. - С. 112-118

37. Е. Ю. Ли и др. Взаимодействия в системе базальт-SO[2]-O[2]±S[2]: термодинамическая модель // Вестник Московского университета. Сер. 4, Геология. - 2011. - № 6. - С. 37-45.

38. Brik, V.B., Advanced Concept Concrete using Basalt Fiber/BF composite Rebar reinforcement, Final Report for Highway IDEA Project 86, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., Feb 2003, 71pp. (http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/studies/idea/finalreports/highway/NCHRP86_Final_Report.pdf)

39. E. Romero. J. Justo, F. París. Design and manufacturing basalt and carbon fiber road bike frame. Materiales Compuestos. -15. – 1-6.

40. Инвестиционный проект: Производство мостового камня методом каменного литья. г.Темиртау, Карагандинская область, Республика Казахстан**. 2012г.**

41. Sudeep, A., Mechanical properties and flexural applications of Basalt fibre reinforced polymer (BFRP) bars, M.S. Thesis, University of Akron, Dec. 2009, 385 pp.

42. И. А. Левицкий и др. Технологические особенности получения изделий сложной конфигурации из петроситалла// Стекло и керамика. - 2009. - N 8. - С. 31-34.

43. Н.Т. Ходжаев, Н.М. Хакбердиев, Р.А. Хамидов, А.М. Эргешов. Минерально-сырьевая база камнелитейного сырья Узбекистана и перспективы её расширения. // Разведка и охрана недр. – 2016. - № 2. – С.20-25. – ISSN 0034-026X.

44. Патент № 2510374. Игнатов М.Н., Игнатова А.М., Артемов А.О. Каменное литье. Введен в действие 20.01.2012 г.

45. С. В. Фомичев и др. Применение высокодисперсного порошка базальта для изготовления каменной керамики// Химическая технология. - 2012. - № 11. - С. 666-669. - ISSN 1684-5811.

46. И. З. Бабиевская и др. Физико-химическое моделирование процессов сплавления базальта и диабаза с Na_2C0_3 и Na_2C0_3+ CaO// Неорганические материалы. - 2010. - Т. 46, N 1. - С. 72-76.

47. И. З. Бабиевская и др. Модифицирование состава габбро-базальтового сырья выщелачиванием соляной и фосфорной кислотами.// Химическая технология. - 2009. - N 7. - С. 412-416.

48. Патент 2285087. Ким А.Ю., Ким Ю.В. Опубликован: 20.11.2006 г.

49. Ким А.Ю., Харитонов С.П., Амоян М. Инновационная технология получения декоративных ситалловых изделий/ XLI международная научно-практическая конференция “Инновации в науке”. - Новосибирск. - 2015 г.

50. Д.Ю.Пущаровский. Ренгенография минералов. – М. –ЗАО «Геоинформарк». – 2000 г. – 288 с.

51. www.mindat.org

52. http://www.crystalimpact.com. Match! Version 1.11h. Phase Identification from Powder Diffraction. 31.10.2014.

53. Cullity, B. D., and S. R. Stock, Elements of X-Ray Diffraction, 3rd edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2001.

54. Булах А. Общая минералогия. Санкт-Петербург: Университет, 2002.- 356 с.

55. http://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/11824-ak-uzstroymaterialy-sozdast-dva-novyh-proizvodstva-sovremennyh-teploizolyacionnyh-materialov.html. Accessed: 10.12.2016.

56. http://www.review.uz/index.php/novosti-main/item/6905-novoe-proizvodstvo-nepreryvnogo-bazaltovogo-volokna-sozdaetsya-v-dzhizakskoj-oblasti-uzbekistana. Accessed: 01.12.2016.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Ким В.И., Бабаханова З.А. Изучение базальтов «Каракия» и разработка на их основе силикатов строительного назначения / XXVI научно-техническоая конференция молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата ТКТИ «Умидли кимёгарлар-2017», 2017 г.

2. Ким В.И., Бабаханова З.А. Изучение минералогического состава базальтов проявления «Арватен-Каракия»/ XXVI - Республиканская научно*-техническая конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», г. Навои, 2016 г.

3. Ким В.И., Бабаханова З.А. Изучение кристаллизационной способности стёкол на основе базальтов/ XXIV научно-техническая конференция молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата ТКТИ «Умидли кимёгарлар-2015», 2015 г.