

СТРУКТУРА РАСПЛАВА ИЗ БАЗАЛЬТОВЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Проф. др. Додис Георгий МОИСЕЕВИЧ
Проф. др. Кудинова Ирина ВАСИЛЬЕВНА

Кыргызский Государственный Национальный Университет

ВВЕДЕНИЕ

Исследования особенностей строения стеклянных волокон физическими и химическими методами показывают, что волокна могут служить своеобразной физической моделью микроструктуры расплава стекла из которого они получены.

Базальтовое волокно обладает высокой механической прочностью (на разрыв–1,63–2 ГПа) [1], причём показатели прочности для волокон диаметром 12-13мкм весьма высоки и имеют тенденцию к возрастанию с уменьшением диаметра до 2-5 мкм. Очевидно, что такая закономерность обусловлена структурой волокон, но исследований, однозначно указывающих на причины такого явления, имеется недостаточно.

Структуру тонких стеклянных волокон исследовали ряд авторов Гриффитс А., Асланова М., Зак А. , Бартенев А. и др. [1-6].

А. Гриффитс полагал, что в процессе вытягивания волокна происходит ориентация молекул, которая наиболее устойчива в поверхностном слое, вследствие этого поверхностные слои обладают наибольшей прочностью. Кроме того, Гриффитс считал, что молекулярная ориентация происходит не сразу, а спустя некоторое время после вытягивания волокна, когда молекулярная структура его достигает устойчивого равновесия [2].

И. Маргетройд также связывает высокую прочность тонких волокон с изменением молекулярной структуры стекла при вытягивании из него волокон. Трёхмерная жёсткая структура стекла при вытягивании из него волокна переходит в цепочную структуру [3].

Бартенев Г.И. и Бовкуненко А.Н. высказали предположение, что в области тонких волокон происходит ориентация цепочек или сильных связей [4].

Однако А. Заку совместно с Л. Афанасьевым, не удалось установить наличие в волокне ориентированных молекул [6].

Поскольку прямое изучение структуры расплава является невыполнимой для эксперимента задачей, то нет и единого взгляда на эту проблему.

Нами выдвинуто предположение, что исходная структура минералов, слагающих породу, сохраняется даже при плавлении и в результате вытягивания волокон происходит ориентация кремнекислородных цепочек и лент вдоль оси волокна, что обусловлено особым минералогическим и химическим составом исходных горных пород.

Для доказательства данного предположения необходимо обнаружить ориентированность расплава базальтов, а также гетерогенных стеклообразных силикатов, какими они по существу и являются.

Структура базальтового расплава тесно связана с кристаллохимической структурой твёрдой базальтовой породы.

Нами сделана попытка, представить картину преобразований структуры базальтовых волокон происходящих в процессе выработки волокон по схеме: кристаллохимическая структура базальтовых горных пород (твёрдое состояние) – структура базальтового расплава (жидкое состояние) – структура волокна (стеклообразное состояние).

1. Кристаллохимическая структура основных минералов базальтовых горных пород.

Особенности химических и минералогических составов магматических горных пород связаны с геологическими процессами их образования, и прежде всего с вулканической деятельностью. При охлаждении магм образуется значительное количество магматических горных пород, отличающихся по химическому и минералогическому составу и характеризующихся различной структурой.

Исследование минералогического состава основных горных пород Кыргызстана проводили методом рентгенофазового анализа.

Результаты анализа приведены в таблице 1.1.

Анализ минералогического состава основных изверженных пород, к которым относятся базальты Кыргызстана, показал, что они сложены в основном железисто-магнезиальными силикатами (пироксенами, оливинами), алюмосиликатами (плагиоклазами), стекловидным веществом и кроме того, содержат небольшие количества кальцита, кварца, магнетита и рудных

минералов. Так как базальты сложены силикатными соединениями, то структуру базальтов рассмотрим с точки зрения строения силикатов.

Исследованиями доказано, что в основе строения силикатов лежит группа, состоящая из одного атома кремния и находящихся на одинаковом расстоянии от него четырёх атомов кислорода. Друг от друга атомы кислорода расположены на одинаковом расстоянии 2.64 А. Основной структурной единицей строения является кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ (рис.1.1) [7-10].

У. Брегг и Ф. Махачки предложили структуру силикатов подразделять на силикаты с кремнекислородными мотивами конечных размеров (островные) и бесконечных размеров (цепочные, слоистые и каркасные)[11]. По их представлениям кремнекислородные тетраэдры могут быть представлены как объектами с изолированными (структура оливина), или сцепленными вершинами (пироксены, плагиоклазы) (Рис.1.2).

Общая упаковка ионов в структуре кристаллических силикатов определяется главным образом упаковкой ионов кислорода, в то время как катионы металлов (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Ti^{4+} , Mn^{2+}) расположены в пустотах этой упаковки, соприкасаются между собой поверхностями сфер описанных ионными радиусами ($r_{\text{и}}$) [8,9].

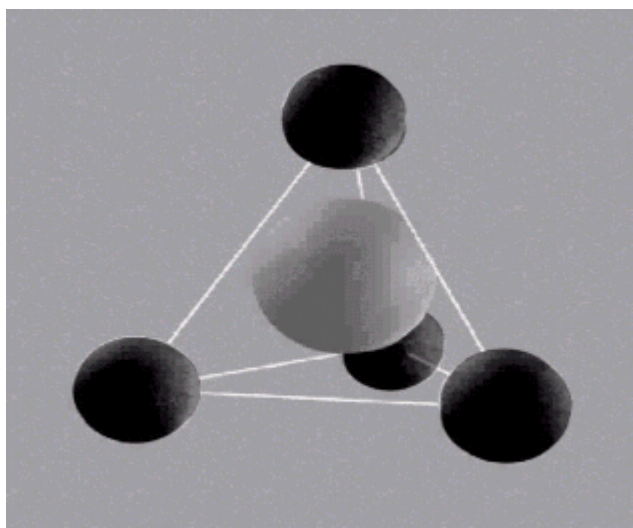


Рис. 1.1 Компьютерная модель кремнекислородного тетраэдра

● - атомы кислорода, ○ - атомы кремния.

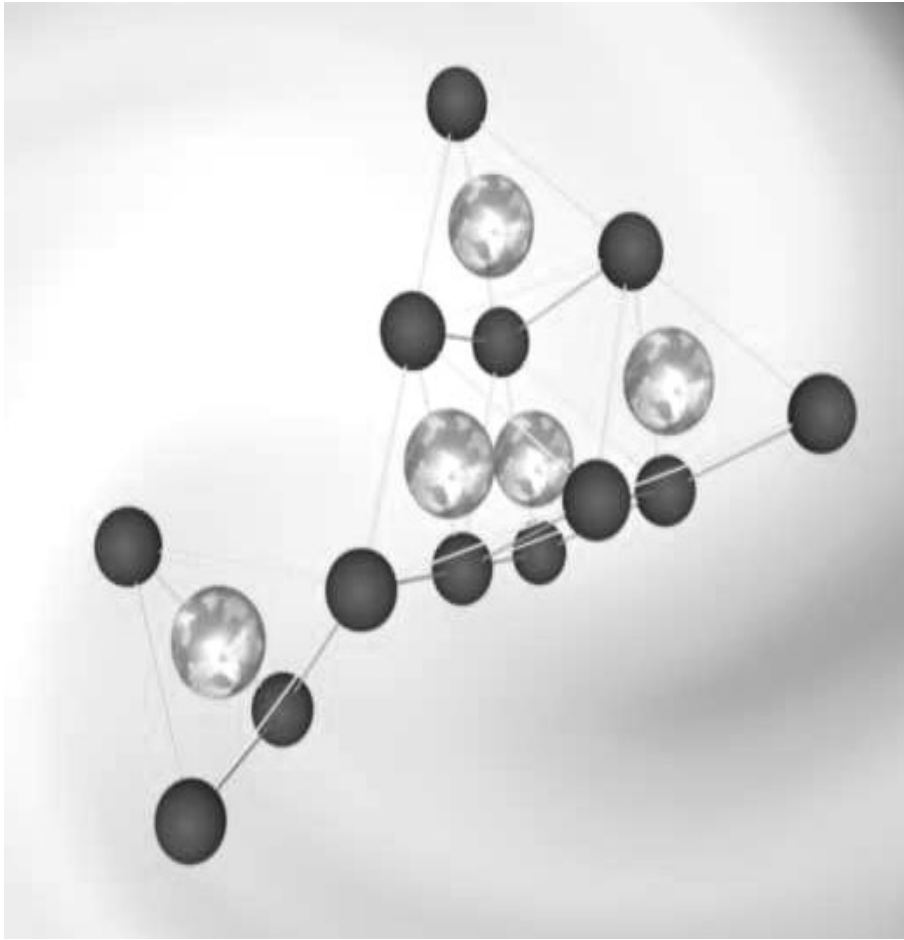


Рис.1.2 Компьютерная модель силикатных структур цепочного (пироксен) типа.

● - атомы кислорода, ● - атомы кремния.

При малых расстояниях между катионами и анионами силы притяжения уравновешиваются отталкивающими силами.

Для базальтов характерны ионный и ковалентный типы связи. По силе связи с кислородом катионы - сеткообразователи (Si,Al). Si-O и Al-O образуют в минералах базальта жёсткую направленную ковалентную связь. Объединение кремнекислородных тетраэдров происходит путём обобщения только вершин тетраэдров, а не рёбер или граней [7].

Степень сложности кремнекислородных анионов в структуре силикатов зависит от отношения числа ионов кислорода и числа ионов кремния, и при соотношении O/Si=4 образуется $[\text{SiO}_4]^{4-}$ - тетраэдр оливина; при O/Si=3 образуется $[\text{SiO}_3]^{2-}$ - цепочка пироксена [5].

Внутренняя структура островных силикатов включает анионы $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и катионы, заполняющие пустоты в плотной упаковке кислорода. В состав этих силикатов входят двухзарядные катионы небольшого размера Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , а Al^{3+} никогда не замещает Si^{4+} [9]. Типичным представителем островных силикатов является минерал оливин, содержание которого в Кыргызских базальтах составляет до 15 %.

ОЛИВИН, структурная формула минерала $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$, атомы Mg и Fe изоморфно замещают друг друга. Химический состав – MgO –45-50 %, FeO - 8-20%, NiO –0,1-0,3%, CoO – до 0,01%. [10].

Температура плавления от 1205⁰С при 100% Fe_2SiO_4 (фаялит), с увеличением содержания FeO в оливине падает.

Кристаллическая решетка форстерита Mg_2SiO_4 является типичным представителем островных структур с изолированными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]$. Оливин ассоциирует с пироксенами, магнетитом, основными плагиоклазами.

Предполагается, что легкости формирования волокнистой структуры базальты обязаны присутствию в них минералов с цепочной структурой. В цепочных структурах тетраэдры, соединяющиеся вершинами, в соответствии с принципом Паулинга [12], образуют вытянутые бесконечные цепи, параллельные друг другу. Для них характерно наличие прочной силоксановой связи Si-O-Si, и эти жёсткие связи не препятствуют вращению тетраэдров вокруг связи [5]. Кроме группы $[\text{SiO}_4]^{4-}$, в цепочных силикатах присутствуют анионы $[\text{AlO}_4]^{5-}$.

ПИРОКСЕН, структурная формула - $\text{R}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$, где R- Mg, Fe, Ca, Al, Na. Анион характеризуется четырьмя отрицательными зарядами – $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$

Присутствует изоморфное замещение кремния на алюминий, с образованием $[\text{AlO}_4]^{5-}$.

Пироксены в базальтовых породах представлены минералами:

Авгит $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Al})[(\text{Si, Al})_2\text{O}_6]$ - моноклинный

Энстатит	$Mg_2[Si_2O_6]$	- ромбический
Гиперстен	$(Fe, Mg)_2[Si_2O_6]$	- ромбический

Температура плавления пироксенов колеблется в пределах от 1540-1550⁰С в составах богатых $MgO.SiO_2$, до 1300-1315⁰С в составах с высоким содержанием $FeO.SiO_2$.

Ассоциирует с магнетитом, оливином, и основными плагиоклазами.

ПЛАГИОКЛАЗЫ, представляют собой изоморфный ряд альбита и анортита. Альбит - $Na[AlSi_3O_8]$, температура плавления – 1100-1250С., Анортит – $Ca[Al_2Si_2O_8]$, температура плавления – 1550С.

Альбит и анортит являются конечными соединениями ряда плагиоклазов, образующих непрерывный ряд твердых растворов. Химический состав:

SiO_2 –43,3-68,8%, Al_2O_3 –19,4-36,6%, CaO –0-20,1%, Na_2O – 0-10,8%, имеются примеси К и Fe [8].

Плагиоклазы в основном представлены лабрадором – 60% анортитовой молекулы и 40% альбитовой молекулы. Кристаллизуются в триклинной сингонии.

Структура решетки псевдотетрагонального типа слагается из тетраэдров $[SiO_4]^{4-}$ и $[AlO_4]^{5-}$, с катионами кальция и натрия в промежутках. [10].

Алюмоокислородные тетраэдры участвуют в построении сложнополимеризованных структур только совместно с кремнекислородными тетраэдрами, причём алюмоокислородные тетраэдры в этих структурах являются слабыми звеньями [6].

В исследуемых нами базальтах встречаются, в различном соотношении, все перечисленные выше основные минералы силикатов (пироксены, плагиоклазы и оливины). В основном это – пироксены (18-30%) и плагиоклазы (34-52%).

Кроме того, пироксены являются одной из важнейших, наряду с полевыми шпатами, минеральных групп, регистрирующих “историю” породы [13]. Их широкие интервалы стабильности составов и структурных изменений дают большие возможности для накопления информации о давлениях и температурах образования пироксенов и содержащих их пород.

Следовательно, при плавлении расплав сохраняет в себе “историю” породы, её тепловое “прошлое”, а при охлаждении стремиться вновь, обрести первоначальную упорядоченную структуру исходной породы.

Далее рассмотрим структуру базальтового расплава, а также стеклообразного состояния в виду меньшей корректности данных по изучению их

структуры прямыми методами (рентгеновский, электронографический, спектроскопический), на основе изучения структуры кристалла.

2. Структура расплавленных силикатов.

Упорядоченное распределение свойственно низкотемпературным кристаллическим формам. Приближение к температуре плавления кристаллов приводит к разупорядоченному распределению ионов. Доказано, что термодинамическая устойчивость структур кристаллических силикатов с повышением температуры уменьшается [7].

При плавлении кристаллы минерала преобразуются в жидкость. Прямое изучение структуры расплава является невыполнимой для эксперимента задачей, в связи с этим на структуру жидкости нет единых взглядов.

Я.И. Френкель [14], высказал гипотезу упорядоченного расположения частиц, свойственное кристаллическому телу, которое при переходе в жидкое состояние, утрачивается вблизи температуры плавления лишь частично. Из чего следует, что упорядоченность в строении жидкостей сохраняется.

Рентгенограммы жидкостей сходны с рентгенограммами кристаллических тел, но имеют "размытый" характер [6].

Однако в отличие от кристаллических тел, обладающих дальним порядком, основной характеристикой структуры жидкости является ближний порядок.

Известно несколько моделей строения жидкости, используемых для создания моделей жидкого тела:

- **Модель сиботаксического строения жидкости** (жидкость Стьюарта). В многокомпонентных жидкостях сиботаксисы – относительно устойчивые образования с более сильными внутренними связями по сравнению с внешними.

- **Модель квазикристаллического строения жидкости** (жидкость Френкеля). Согласно этой модели жидкость имеет динамическую структуру, состоящую из скоплений частиц, разделённых постоянно изменяющимися флуктуирующими трещинами (дырками, разрывами, пустотами) анионных размеров ("дырочное строение жидкости").

- **Квазикристаллическая модель** (жидкость Бернала). Жидкость имеет структуру того кристалла, из которого она образовалась при плавлении, переход кристаллов в жидкость в результате постепенного преодоления сил сцепления происходит без разрыва связей. Жидкость лишена дефектов, разрывов и дырок. Она обнаруживает лишь незначительные отклонения от геометрии кристалла, из которого она образовалась; вблизи точки плавления обладает наибольшей вязкостью.

Первая теория о структуре силикатов в приложении к расплавам, так называемая "теория решётки", была сформулирована Энделлом и Хельбрюгге, согласно этой теории, структура жидких силикатов аналогична структуре кристаллических силикатов [5].

Все модели силикатов исходят из микронеоднородности строения.

К силикатным расплавам больше всего подходит модель жидкости Бернала [15].

Наиболее полная ионная теория строения силикатных расплавов разработана О.А. Есиным, согласно его представлениям силикатные расплавы имеют ионное строение, а характер связи – ионно-ковалентный. В расплаве возникает некоторое упорядочение в расположении ионов, заключающееся в образовании комплексных анионов, внутренние связи в которых более жёсткие, чем внешние. Образование сложных анионов вносит в строение расплава элемент микрогетерогенности.

Многокомпонентные базальтовые расплавы представляют ионномолекулярные микрогетерогенные жидкости, образованные совокупностью элементарных ионов металлов, кислорода и агрегатов (различного размера и сложности) анионных комплексов.

Микрогетерогенность расплава проявляется в неравномерном распределении анионов между катионами. "Сильные" катионы (например Fe^{2+}) образуют области, богатые O^{2-} , напротив, вокруг "слабых" катионов (Ca^{2+}) группируются преимущественно анионы SiO_4^{4-} . Резко выраженная микрогетерогенность силикатных расплавов, вследствие которой в них, наряду с ионами Me^{2+} и кислорода, имеют весьма сложные ионы $Si_xO_y^{z-}$, обуславливает их значительную вязкость. Высокая вязкость вызывается большими силами связи атомов Si и O.

С повышением температуры химические связи в решетке разрываются постепенно и равномерно, кристалл постепенно размягчается, переходя в высоковязкую жидкость. Структурные элементы расплава могут перемещаться в пространстве, образовывать другие структурные комбинации, срок существования которых зависит от интенсивности теплового движения, формы структурных элементов расплава и прочности связи между ними.

Вязкость расплава является свойством, которое непосредственно зависит от внутренней структуры материала, и является следствием взаимодействия кремнекислородных комплексов.

Вязкость силикатных расплавов колеблется в широких пределах (0,1–10

Па· с) и существенно превосходит вязкость типичных ионных расплавов [15]. Это указывает на наличие заметных затруднений движению одного слоя жидкости относительно другого. Вязкость подобных расплавов определяется поведением комплексных анионов, строение которых зависит от состава расплава, структуры и температуры.

Вязкость также является важнейшим технологическим свойством, с определённым значением которого связана способность расплавов, вытягиваться в волокно. В связи с этим возникает необходимость установления зависимостей между составом и вязкостью расплавов при различных температурах взаимосвязи, позволяющей прогнозировать это свойство без проведения трудоёмких экспериментов по его определению.

Исследование вязкости расплавов из базальтовых горных пород Кыргызстана, показало, что базальтовые горные породы образуют средневязкие расплавы, отличающиеся от стёкол более резкой температурной зависимостью вязкости (рис.2.1).

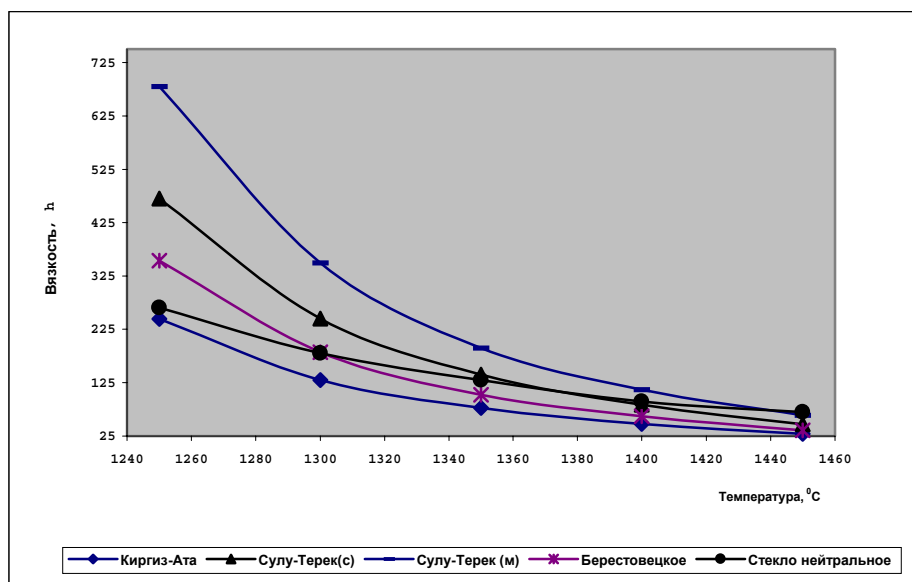


Рис.2.1. Зависимость вязкости (η) базальтовых расплавов от температуры.

Температурное изменение вязкости, можно объяснить изменением структуры кремнекислородных анионов в расплавах под действием температуры. С повышением температуры вязкость падает, а структура, скорее всего,

упрощается. Для одного и того же состава она менее сложна вблизи критической температуры и усложняется с приближением температуры ликвидуса.

Вязкость расплавов - сложная функция состава, поэтому не всегда возможно качественно предсказать влияние того или иного компонента на вязкость исходного расплава. Однако известны некоторые общие закономерности. Увеличение концентрации оксида кремния неизменно ведёт к росту вязкости, что указывает на решающую, тормозящую роль группировок из Si и O во взаимном перемещении слоёв расплава.

На примере базальтовых расплавов подтверждается универсальность характера влияния оксидов кремния, титана, алюминия и натрия на свойства силикатных расплавов, однако степень влияния значительно отличается в базальтовых и синтетических силикатных расплавах. Это доказывается полученными уравнениями регрессии линейного приближения:

$$\eta_{1450} = 0,677x_1 - 4,615x_2 + 2,802x_3 + 0,76x_4 - 1,161x_5 - 0,868x_6 + 0,241x_7 - 7,03x_8,$$

$$\eta_{1400} = 1,165x_1 - 5,34x_2 + 5,36x_3 + 0,056x_4 - 2,565x_5 - 1,586x_6 - 0,448x_7 - 10,45x_8,$$

$$\eta_{1350} = 2,002x_1 - 13,189x_2 + 8,79x_3 + 0,151x_4 - 3,48x_5 - 2,15x_6 - 0,63x_7 - 19,74x_8;$$

$$\eta_{1300} = 4,14x_1 - 29,01x_2 + 12,608x_3 + 0,54x_4 - 4,58x_5 - 3,655x_6 + 1,236x_7 - 42,27x_8,$$

$$\eta_{1250} = 5,35x_1 - 12,176x_2 + 16,46x_3 + 2,45x_4 - 10,02x_5 + 6,008x_6 + 10,33x_7 - 75,82x_8;$$

где, η - вязкость;

x_1 - SiO₂, x_2 - TiO₂, x_3 - Al₂O₃, x_4 - Fe₂O₃, x_5 - FeO, x_6 - MgO, x_7 - CaO,

x_8 - Na₂O.

Каждый коэффициент при переменной в уравнении регрессии указывает степень влияния данного параметра на оптимизируемую величину. Знак минус при коэффициенте означает, что с увеличением данного параметра на шаг варьирования, оптимизируемая величина уменьшается на величину коэффициента при этом параметре.

Анализ коэффициентов уравнения регрессии доказывает характер и степень влияния каждого из оксидных ингредиентов на вязкость расплава.

Показательно также и то, что степень влияния оксидов кальция и магния зависит от температуры расплава.

Особая роль в определении структуры базальтовых расплавов принадлежит железу.

Известно, что железо в базальтовых расплавах присутствует в двух степенях окисления - в виде двух- или трёхвалентных ионов, выполняющих роль сеткообразователя и модификатора. Валентно-координационное состояние ионов железа в стекле зависит от следующих факторов: температуры и продолжительности варки, состава стекла, концентрации оксидов железа, окислительно-восстановительной атмосферы варки. Окислительно-восстановительное равновесие в расплавах между любыми элементами переменной валентности с увеличением температуры сдвигается в сторону восстановления. Это подтверждают расчёты известной зависимости изобарно-изотермического потенциала реакций окисления от температуры, где все линии имеют положительное направление [20].

Наибольшее влияние на поведение оксидов железа оказывает температура.

Влияние температуры варки на соотношение разновалентных форм железа исследовались во многих работах [17-19]. Установлено, что независимо от состава стёкол повышение температуры и времени варки увеличивают в стекле долю Fe^{2+} . Из уравнений регрессии видно, что оксид железа FeO понижает вязкость, а Fe_2O_3 , наоборот повышает вязкость расплава.

Таким образом, для строгой оценки влияния химического состава того или иного вида сырья на свойства получаемых расплавов и волокон из них, необходимо в каждом конкретном случае проводить экспериментальные исследования

Каждая шихта имеет свои особенности при нагревании. Они зависят от химического и минералогического состава, которые определяют в конечном итоге всю сумму явлений, сопровождающих процесс образования стекла.

2. СТРУКТУРА ПЕРЕОХЛАЖДЁННОЙ ЖИДКОСТИ.

Силикатные расплавы при охлаждении, вследствие резкого роста вязкости и затруднений процесса кристаллизации, склонны переохлаждаться и затвердевать не кристаллизуясь, т.е. переходить в стеклообразное состояние.

Ещё Д.И. Менделеев, рассматривал стекло как вещество переменного состава, полученное из незакристаллизовавшегося расплава [21].

Относительно структуры стекла существует несколько гипотез.

В 1921 г, А. Лебедев предложил "кристаллитную гипотезу" строения стекла. Согласно этой теории структура стекла рассматривается как скопление микрокристаллических образований. По его мнению, в стекле имеются как

упорядоченные, так и неупорядоченные области в виде определённых химических соединений.

В 1932 г, Захарисеном была выдвинута гипотеза непрерывной сетки.

В основе гипотезы А. Аппена лежит тезис о том, что основные принципы кристаллохимии силикатов, могут одновременно являться и принципами строения силикатного стекла.

В настоящее время нет единого взгляда на строение стекла, хотя предложено большое число гипотез, которые рассмотрены в монографиях

О.А. Есина [21], Л.И. Дёмкиной [19], М.А. Безбородова [9], А.А. Аппена [23], Н.М. Бобковой[24].

Чрезвычайно важное влияние на способность расплавов к переходу в стеклообразное состояние оказывает структура кремнекислородных анионов в расплаве. В кристаллических силикатах расположение ионов строго закономерно, в нём существует ближний и дальний порядок. При плавлении происходит разрушение кристаллической решётки силикатов, и в результате позиционного и ориентационного разупорядочения нарушается дальний порядок в расположении ионов.

Наименее упорядоченная в смысле ориентировки тетраэдров и анионов по отношению друг к другу и наиболее простая структура у силикатных расплавов вблизи критической температуры, а наиболее упорядоченная, напоминающая кристаллическую - вблизи температуры кристаллизации.

Наличие сложных кремнекислородных анионов в силикатных расплавах обуславливает их большую вязкость и является причиной склонности их к переохлаждению и к переходу из жидкого состояния в твёрдое без кристаллизации. [15]. При быстром охлаждении фиксируется определённая структура жидкости.

Кристаллитная теория Лебедева А. А. и его последователей более всего применима к расплавам и стёклам вблизи ликвидуса, в условиях близких к промышленным условиям стекловарения.

Базальтовые расплавы, применяемые для производства волокон, представляют собой многокомпонентные системы с различным содержанием сеткообразующих, промежуточных и модифицирующих катионов. Свойства таких сложных систем определяются совокупностью взаимодействия во время охлаждения различных групп катионов с анионами кислорода. В результате своеобразной «борьбы за кислород» в охлаждающем расплаве формируются структурные группы, которые при достаточном понижении температуры могут

превращаться в кристаллические продукты или, переохлаждаясь, затвердевать в виде стеклообразного вещества.

Структура стекла и его свойства тесно связаны со скоростью охлаждения расплава. Стекло одного и того же состава, полученное при разных скоростях охлаждения, будет иметь различную структуру и свойства [25].

Технологический процесс получения базальтовых волокон предполагает быстрое охлаждение расплава, в отличие от массивного стекла. А при быстром охлаждении вязкого расплава создаются благоприятные условия для преимущественного образования более простых кремнекислородных цепочек пироксенов.

При охлаждении базальтового расплава, в следствии быстрого нарастания вязкости и снижения температуры, тепловое движение частиц затормаживается. Когда скорость теплового движения частиц падает настолько быстро, что кристаллические решетки минералов, требующие для своей постройки определенного времени и достаточной подвижности частиц, не успевают сформироваться.

Структуру базальтового стекла и волокон исследовали рентгенофазовым анализом.

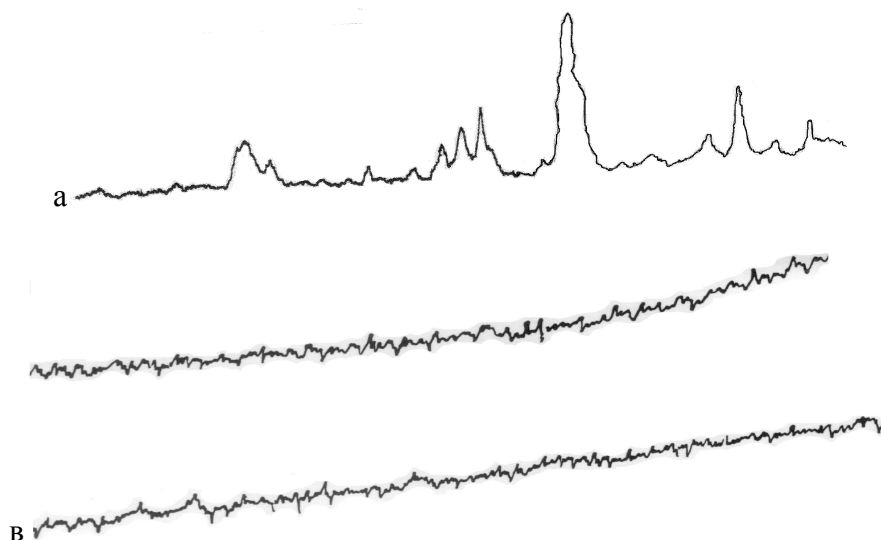


Рис.3.1 Рентгенограммы базальта Сулу-Терекского месторождения:

а- исходной породы; б – стекла из базальта; 3 – базальтового волокна.

Изучение характера рентгенограмм показало, что на рентгенограмме исходной породы явно выделяются пики, определяющие кристаллическую структуру (рис.3.1.а).

Отсутствие монотонности рентгенограммы базальтового волокна (рис.3.1.в) доказывает, что в расплаве сохраняется определённая структура для силикатных расплавов обусловленная строением соответствующих кремнекислородных цепей (авгит) и лент (лабрадор).

ВЫВОДЫ:

В результате проведённых исследований было установлено, что базальтовые горные породы Кыргызстана сложены железисто-магнезиальными силикатами (пироксенами, оливинами), алюмосиликатами (плагиоклазами), стекловидным веществом, а также, содержат небольшие количества кальцита, кварца, магнетита и рудных минералов.

Теоретически обосновано, что базальтовые расплавы представляют собой ионномолекулярные микрогетерогенные жидкости.

При плавлении базальтов происходит разрушение кристаллической решётки за счёт разрыва более слабых связей между катионами и кремнекислородными анионами. Наряду с простыми ионами, расплавы содержат сложные кремне-алюмокислородные анионы, в которых атомы связаны весьма прочно. В результате быстрого охлаждения базальтового расплава, в процессе вытягивания волокна, происходит образование простых кремнекислородных цепочек и лент.

Исследование структуры волокон рентгенофазовым методом, доказывает, что в расплаве сохраняется определённая структура, обусловленная строением соответствующих кремнекислородных цепей (авгит) и лент (лабрадор).

Исследование структурно - чувствительного свойства расплава – вязкости, в зависимости от температуры и состава базальта, показало, что каждому составу расплавленного базальта соответствует при данной температуре определённое значение вязкости. Полученные уравнения регрессии линейного приближения указывают на характер и степень влияния каждого из оксидных ингредиентов на вязкость расплава при определённой температуре.

Таким образом, структура базальтовых расплавов зависит, прежде всего, от структуры кремнекислородных анионов, от их расположения в расплаве в зависимости от действия температуры, а также теплового «прошлого» исходной породы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

1. М.С Асламова, Структура, состав, свойства и формирование стеклянного волокна, (Москва, 1969).
2. Griffith A. Phil.Trans, ser.A, (London 1920).
3. Murgatroyd I.J. Soc. Glass Techn., 28,(1936).
4. Бартнев Г.М., Ж.Т.Ф., т.21 (1951) .
5. П. Н. Шелудяков, Состав, структура и вязкость гомогенных силикатных расплавов, (А-Ата, Наука, Каз.ССР, 1980).
6. А.Ф. Зак, Физико-химические свойства стеклянных волокон, (Москва, Ростехиздат, 1962).
7. Г.В. Куколев, Химия кремния и физхимия силикатов, (Москва, Промстройиздат, 1954).
8. Г.Б. Бокий, Кристаллохимия, (Москва, 1960).
9. М.А. Безбородов, Синтез и строение силикатных стёкол, (Минск, 1968).
10. В.П. Бондарев, Основы минералогии и кристаллографии, (Москва, Вш, 1978).
11. Брегг У., Кларингбулл Г., Кристаллическая структура минералов (Москва, 1967).
12. У.Д. Кингери, Введение в керамику, (Москва, Стройиздат, 1967).
13. Н.S. Yoder,С.Е. Tilly, J.F.Scyaiгер, Экспериментальная петрология и минералогия, Труды геофизической лаборатории Института Карнеги, вып.62(Москва, Недра, 1969).
14. Я.И. Френкель, Кинетическая теория жидкостей, (Москва, 1945).
15. К.К. Стрелов, Булер П.И., Силикаты и тугоплавкие оксиды в жидком и стеклообразном состояниях, (Свердловск, изд. УПИ, 1978).
16. И.В. Кудинова, Г.М. Додис, Исследование вязкости расплавов из базальтовых горных пород, Вестник КГНУ, часть 3 (Бишкек, 1998).
17. А.А. Белюстин, К вопросу о структурном состоянии железа в стекле, в книге Стеклообразное состояние, (Москва, наука,1965).

18. В.В. Горбачев, А.Б. Клюкин, Влияние химического состава на кристаллизацию железоалюмосиликатных стёкол, Физика и химия стекла, т.6, №6 (Москва, 1980)666.

19. В.В.Варгин, Производство цветного стекла, (Москва, Газлегпром, 1940).

20. Ю.М. Петренко, О координации железа в стекле, Стеклоэмаль и эмалирование металлов, №1(Москва, 1974).

21. О.А. Есин, П.П. Гельд, Физхимия пирометаллургических процессов, т.2 (Москва, 1966).

22. Л.И. Дёмкина, Исследование зависимостей свойств стёкол от их состава, (Москва, 1958).

23. А.А. Аппен, Химия стекла, (Ленинград, 1970).

24. Н.М. Бобкова, Физхимия силикатов, (Минск, 1977).

25. Я.А. Школьников, Стеклошпательное волокно, (Москва, Химия, 1969).

Таблица 1.1

Минералогический состав базальтовых горных пород Кыргызстана.

№	Горная порода	Месторождение	Содержание минералов , % по объему						
			плаг иокл аз	пиро ксен	каль цит	квар ц	Рудн ый м-л	оли вин	Стек ло
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Базальт	Талды-Булак	43	25	7	1	5	5	14
2	Диабаз	Уч-Курган	52	28	4	0	3	6	7
3	Ультроосновная	Киргиз-Ата	51	31	4	0	2	7	5
4	Трахибазальт	Уч-Кудук	0	30	0	0	7	15	48
5	Базальт	Сулу-Терек (м)	34	18	23	4	6	0	15
6	Базальт	Сулу-Терек (с)	45	22	3	2	8	5	15