

**И. М. Терещенко, канд. техн. наук, доц.**

**И. В. Войтов, д-р техн. наук, проф.**

**Б. П. Жих, мл. науч. сотр.**

(БГТУ, г. Минск)

**А. М. Артамонов, А. П. Мартысюк**

(НПК «Гранит», Минск)

**А. В. Войтова, студ.**

(БГТУ, г. Минск)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ШТАПЕЛЬНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ ГОРНЫХ ПОРОД МИКАШЕВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В настоящее время волокна на основе базальтов широко используются для изготовления теплозвукоизоляционных материалов с различными связующими либо без них, строительных элементов (сэндвич-панели, модульные плиты), технических тканей, композиционных материалов на основе смол и пластмасс и т. д.

Основные преимущества базальтовых материалов состоят в сочетании комплекса ценных характеристик, которые превышают таковые для Е-стекловолокна, и близки к специальным волокнам, например, на основе S-стекла [1]. Так, базальтовые волокна имеют повышенную природную прочность, стойкость к влиянию агрессивных сред, длительный срок службы, прекрасные термо- и электроизоляционные свойства.

Следует отметить, однако, что базальты и им подобные породы являются достаточно сложными объектами с точки зрения технологии получения волокнистых материалов на их основе вследствие непостоянства химического состава, высоких температур плавления, неизбежности дополнительной гомогенизации полученного расплава, содержания тугоплавких включений, высокого поверхностного натяжения и склонности к кристаллизации расплавов, низкой теплопрозрачности. В связи с этим не всякая базальтовая порода пригодна для производства волокна, в особенности, непрерывного.

В Республике Беларусь отсутствуют разрабатываемые месторождения базальтов, однако имеются месторождения гранодиоритовых пород. Целью настоящей работы является определение их пригодности для получения тонкого штапельного волокна. Особенности химико-минералогического состава горных пород [2] во многом определяют их способность к стекло- и волокнообразованию, в связи с чем были изучены в первую очередь.

Содержание основных породообразующих оксидов в пробе породы, полученной на основе отсевов дробления, варьируется в следующих пределах, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 51,4–54,4; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14,0–15,0; CaO – 7,0–7,5; FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 9,1–10,5; MgO – 4,9–5,5; Na<sub>2</sub>O – 2,8–3,0; K<sub>2</sub>O – 3,1–3,6; TiO<sub>2</sub> – 1,4–1,5; SO<sub>3</sub> – 0,4–0,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,8–0,9; ППП – 1,7–1,9.

Минералогический состав породы представлен плагиоклазами – 65–70%, роговой обманкой – 5–7%, биотитом – 4–6%, микроклином – 8–9%, амфиболами – 10–11%, магнетитом – 6–9%. Отсутствие тугоплавких минералов (кварц, дунит, оливины) обеспечивает полное плавление породы в интервале 1210–1320 °С, а также быстрое достижение расплавом гомогенного состояния.

Расчетные данные по модулю кислотности, значения которого варьируется в пределах  $M_k = 5,6–5,7$ , свидетельствуют о хорошей химической и термической устойчивости полученных волокнистых продуктов. Исходная горная порода измельчалась до фракции менее 0,06 мм, помещалась в фарфоровые тигли и плавилась в лабораторной газовой печи при соблюдении газового режима: скорость подъема температуры 300 °С в час, максимальная температура 1450 °С, выдержка при максимальной температуре 1 час. Выработка стекол производилась выливанием на металлическую плиту. Визуальное изучение полученных образцов показало высокую степень однородности, отсутствие включений, что было подтверждено микроскопическим анализом. Кристаллизация полученных расплавов в ходе охлаждения не отмечалась. Таким образом, при принятых условиях плавления образуются стекла с высокой степенью однородности.

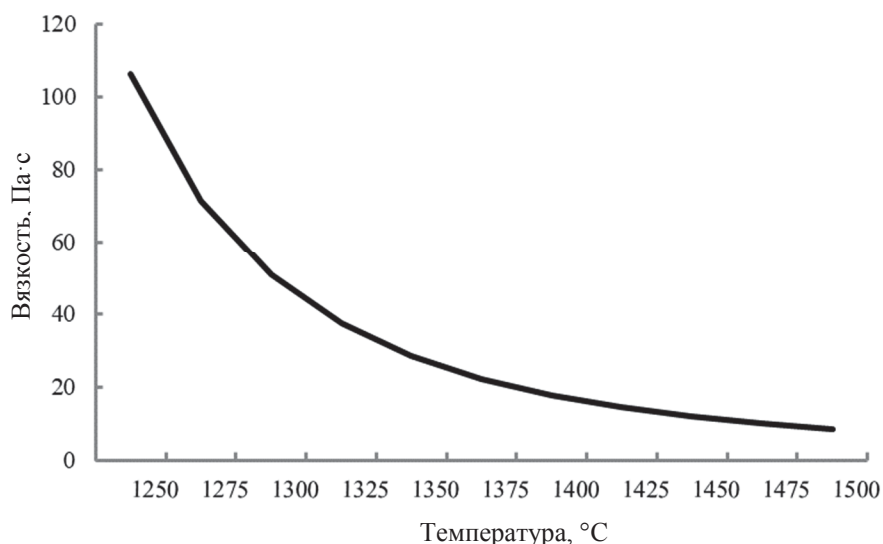
Важным показателем, характеризующим пригодность пород для получения волокон, является вязкость получаемых на их основе расплавов, точнее, ее зависимость от температуры. Данная характеристика оказывает влияние на все технологические стадии производства волокна, начиная от плавления и завершая волокнообразованием.

В табл. 1 и на рис. 1 приведены расчетные данные по зависимости  $\eta = f(T)$ . Расчет производится по методике, предложенной Татаринцевой О.С. [3] по следующей формуле:

$$\eta = 3,62 \cdot (\text{SiO}_2)^{3,07} (\text{Al}_2\text{O}_3)^{-0,16} (\text{CaO})^{-0,40} (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})^{1,34} (M_k)^{1,25} (t - 1100)^{-2,58}.$$

**Таблица 1 – Расчетные данные зависимости вязкости расплава исследуемой породы от температуры**

T, °С	1250	1300	1350	1400	1450	1500
$\eta$ , Па·с	106,194	50,554	28,427	17,759	11,932	8,455



**Рисунок 1 – Расчетные данные зависимости вязкости расплава исследуемой породы от температуры**

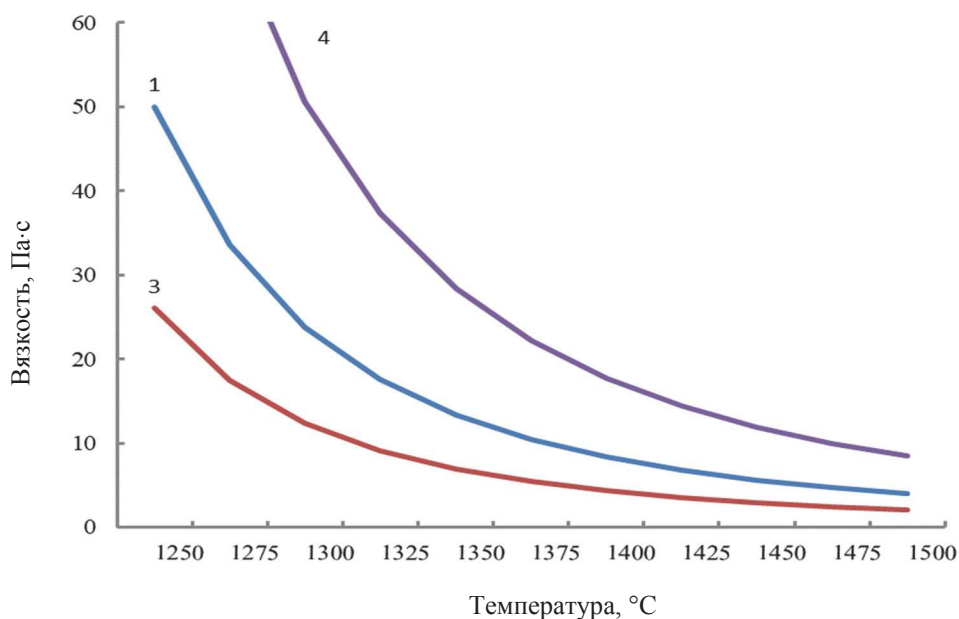
Исходя из рассчитанных данных, вязкость полученных расплавов исследуемой породы при температуре 1450 °С (температура волокнообразования) составляет 11,9 Па·с, что позволяет отнести их к вязким. Как правило, такие расплавы устойчивы к кристаллизации, а их использование целесообразно для получения тонкого непрерывного волокна диаметром 8–15 мкм. Для получения штапельного волокна требуется существенно меньшее значение вязкости (1–3 Па·с) при температуре волокнообразования. Таким образом, при использовании данной породы для получения штапельного волокна необходима ее подшихтовка известняком или доломитом для снижения вязкости.

С целью оценки характеристик получаемых стекол в магматическую породу вводился доломит месторождения «Руба» в количестве 5, 7 и 10 мас.% и определялась вязкость полученных расплавов. Полученные данные, представленные на рис. 2, показывают, что при увеличении добавки доломита до 10 мас.% закономерно снижается вязкость с 11,9 Па·с до 2,9 Па·с при температуре 1450 °С.

Ниже приведена таблица значений вязкости смесей, включающих исследуемую породу и доломит, при температуре волокнообразования (1450 °С).

**Таблица 2 – Значение вязкости при 1450 °С исследуемой породы при введении в ее состав доломита**

Содержание доломита, мас.%	$\eta$ , Па·с
5	5,62
7	4,34
10	2,92



**Рисунок 2 – Температурная зависимость вязкости расплавов исследуемой породы (4) с добавлением 5 мас.% (1) и 10 мас. % (3) доломита**

Температурный интервал плавления: начало плавления 1060–1080 °С; завершение плавления 1400–1420 °С. Температурный интервал формирования волокон – 1390–1490 °С. Оптимальная температура вытяжки волокон – 1440–1450 °С. Поверхностное натяжение расплавов 364–368 Н/м. Краевой угол смачивания 24,8–25,3 °.

Таким образом, состав смеси, содержащий 10% доломита, пригоден для получения штапельного волокна.

#### Литература

1. Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий /Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.
2. Татаринцева, О.С. Изоляционные материалы из базальтовых волокон: автореф. докт. техн. наук. : 05.23.05 / О.С. Татаринцева; Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН и Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный научно-производственный центр «Алтай». – Томск, 2006. – 42 с.