

УДК 666.193.2-047.37

**ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ АЛЕВРОЛИТОВОГО БАЗАЛЬТА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУПЕРТОНКОГО ВОЛОКНА**

В.П. Макаров, Н.А. Сопубеков

Приведены результаты комплексного изучения алевролитового базальта месторождения Таш-Булак с целью оценки его пригодности для производства высококачественного супертонкого волокна.

Ключевые слова: алевролит; базальт; горные породы; супертонкое волокно.

**ASSESSMENT OF SUITABILITY OF ALEVROLITES BASALT
FOR PRODUCTION OF SUPERFINE FIBER**

V.P. Makarov, N.A. Sopubekov

The article presents the results of a comprehensive study of siltstone Tash Bulak basalt deposits in order to assess its suitability for the production of high-quality superfine fiber.

Keywords: siltstone; basalt; rocks; superthin fiber.

В настоящее время базальтовое волокно из горных пород, обладающее уникальными свойствами, находит широкое применение в разнообразных, в том числе в наукоемких, отраслях промышленности. Среди новых перспективных материалов наиболее эффективными являются волокнистые изделия, отличающиеся высокой химической стойкостью, сопротивляемостью износу, жаростойкостью, и хорошими диэлектрическими свойствами. Для получения базальтового волокна на практике широко используются алевролитовые базальты магматических пород основного состава. Оценка пригодности базитового сырья для производства базальтового волокна, как правило, опирается на модуль кислотности, определяемый по химсоставу базитовых пород. В статье приводятся результаты комплексного прецизионного изучения алевролитового базальта месторождения Таш-Булак (Кыргызстан) с целью

оценки его пригодности для производства высококачественного супертонкого волокна.

Модуль кислотности (M_k) является условным критерием определения пригодности сырья для производства минерального волокна, который выражается формулой [1]:

$$M = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}, \quad (1)$$

где SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO – содержание соответствующих оксидов в сырье или расплаве по массе в процентах.

При производстве минеральной ваты величина M_k сырья или сырьевой композиции не должна превышать 2,0, так как наилучших свойств волокна можно добиться только при этом значении [2].

Определенные опытными и расчетными методами значения физико-механических характеристик и модуль кислотности алевролитовых пород приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики алевролита

Месторождение	Плотность, ρ 10 ³ кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, МПа		Коэффициент размягчения, %	Модуль кислотности
			сухое состояние	водопоглощенное состояние		
Таш-Булакский алевролит	2,08	3	27,61	15,16	45,1	1,66

Таблица 2 – Температура плавления базальтовых пород

Месторождение базальтовых пород	Температура плавления базальтовых пород по формуле (3), °С	Температура плавления базальтовых пород (эксперимент.), °С
Сулуу-Терек		
Базальт скрытокристаллический с примазками карбоната	1147,56±4	1180
Базальт мелкокристаллический до скрытокристаллического с редкими миндалинами	1225,57±4	1350
Кашка-Суу		
Лейкобазальтафировый, оливиновый, субщелочной	1258,5±4,2	1310
Базальт миндалекаменный, оливинсодержащий	1282±6	1340
Таш-Булак		
Алевролит	1250±20	1360
Диабазовый порфирит (Абширское)	1380±5,6	1420

Таблица 3 – Вязкость расплава базальтов в зависимости от их температуры

Месторождение	Вязкость, δ Па·с, при t, °С				
	1450	1400	1350	1300	1250
Алевролит Таш-Булак	38	52	105	192	461
Диабазовый порфирит Абшир Ата	63	117	210	312	381
Базальт Сулуу-Терек	64	112	190	350	680
Базальт Берестовецкое	36	62	102	182	354
Базальт Марнеульское	78	130	225	410	765

В зависимости от модуля кислотности M_k базальтовый щебень подразделяется по ГОСТ 18866–81 на марки:

А – M_k , равным 1,2 и более; **Б** – M_k менее 1,2.

Как видно из данных таблицы 1, модуль кислотности сырья более 1,2, наличие тугоплавких включений, которые могли бы осложнить плавление, не более 5,0 %, содержание серы по разным стандартам допускается от 0,2 до 1,0 %.

Полученные результаты показали, что марка алевролита соответствует марке А, и отвечает существующим требованиям.

Радиометрические исследования проводили с помощью радиометра СРП-88-Н № 2456. По данным замеров максимальной радиоактивностью обладают гравелиты и грубозернистые песчаники – от 12 до 16 мкр/ч, алевролиты от 6 до 10 мкр/ч, при натуральном фоне 5,5–6,0 мкр/ч.

Радиометрические исследования не показали повышенной радиоактивности у алевролитового базальта.

Правило смесей в большинстве случаев можно представить линейным аддитивным законом [3]:

$$y = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots \quad (2)$$

На основе аддитивного закона расчетная формула для определения температуры плавления базальта представляется в следующем виде:

$$\Delta T_{пл} = V_{SiO_2} \cdot T_{пл.SiO_2} + V_{Al_2O_3} \cdot T_{пл.Al_2O_3} + V_{TiO_2} \cdot T_{пл.TiO_2} + V_{Fe_2O_3} \cdot T_{пл.Fe_2O_3} + V_{FeO} \cdot T_{пл.FeO} + V_{MgO} T_{пл.MgO} - V_{CaO} T_{CaO} - V_{K_2O+Na_2O} \cdot T_{пл.K_2O+Na_2O} \pm (P_2O_3 + MnO + ППП)\% \quad (3)$$

По формуле (3) расчетным путем определена температура плавления алевролитовых пород (таблица 2). Для сравнения полученных результатов использованы данные других месторождений базальтов, приведенных в работах [4, 5].

На основе уравнений регрессии по разработанной методике определена вязкость базальтового расплава, полученного из алевролита, в зависи-

Таблица 4 – Химический состав алевролитовых пород месторождения Таш-Булак в сравнении с требованиями стандартов (в %)

Наименование показателя	Показатели					
	ТУ-21-УССР-410-86	РСТ-УССР-5020-80	ТУ-21-ГССР-137-84	ГОСТ-4640-76	Базальт Сулуу-Терек	Алевролит Таш Булак
SiO ₂	46 ÷ 52	43,0÷51,0	47,5÷52,5	-	44	36,18 ÷ 55,98, в среднем 41,52
Al ₂ O ₃	13,0 ÷ 18,0	11,0÷ 17,0	14,01÷ 8,0	-	14,80	9,54 ÷ 11,78, в среднем 10,63
FeO+Fe ₂ O ₃	8,01÷ 5,0	10,0÷ 18,0	7,0÷ 13,5	5,0	11,57	6,25 ÷ 8,89, в среднем 7,64
CaO	6,5÷ 11,0	8,0÷ 13,0	8,0÷ 11,0	-	8,33	12,06 ÷ 20,75, в среднем 17,74
MgO	3,51÷ 0,0	4,0÷ 12,0	3,5÷ 8,5	-	6,33	1,41 ÷ 3,74, в среднем 2,87
K ₂ O+Na ₂ O	2,06÷,0	2,0÷5,0	2,5÷6,0	-	5,52	1,15 ÷ 3,9, в среднем 2,98
TiO ₂	0,52÷,5	0,2÷1,6	0,2÷2,0	-	2,30	0,51 ÷0,75, в среднем 0,59
MnO	0,5<	0,0÷0,4	0,2<	-	0,20	0,09 ÷ 0,12, в среднем 0,11
SO ₃	5,0<	0,1<	0,2<	1,0<	0,10	0,1 ÷ 0,22, в среднем 0,15
П.П.П.	5,0<	3,0<	4,0	-	6,79	21,85 ÷ 22,28, в среднем 22,09

Таблица 5 – Химический состав алевролитовых горных пород Таш-Булак (в %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	ППП	SO ₃	P ₂ O ₅
33,7	9,25	22,44	3,49	1,74	1,94	0,48	1,35	1,64	0,1	22,09	0,14	0,14

мости от его химического состава [4]. Из данных таблицы 2 видно, что алевролитовые породы образуют средневязкие расплавы. Эти значения близки к вязкости базальтов Берестовецкого месторождения Украины, используемых для получения супертонкого и непрерывного волокна [5].

Плотность алевролита имеет низкое значение $\rho = 2,0421 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Оно отличается от плотности базальта других месторождений $\rho = (2,8 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3) \text{ кг/м}^3$.

В таблице 4 приведен химический состав алевролитовых базальтов месторождения Таш-Булак в сравнении с требованиями существующих стандартов.

Как видно из данных таблицы 4, химический состав алевролитового месторождения Таш-Булак несколько отличается от существующих стандартов, но имеет близкие цифры. Алевролит месторождения Таш-Булак по сравнению с другими месторождениями базальтов КР, содержит в себе малые количества оксида кремния и алюминия, но

соответствующие техническим требованиям на базальтовое сырье. Одновременно он содержит больше летучих компонентов (не более 5 %), чем в других базальтах (в среднем 22,09 %) (таблица 5).

Электронно-микроскопический анализ был выполнен на микроскопе СИТОВАЛ-2 (увеличение 60–400). Структура супертонкого волокна и их “королька” из алевролита месторождения Таш-Булак приведена на рисунках 1–4.

Микроскопический анализ показал, что структура и размер корольков волокна, поверхностные дефекты одинарных волокон, неоднородности по диаметру зависят именно от технологии расчленения расплава и состава базальтового сырья. Анализ рисунков 1–4 позволяет сделать вывод, что круглые формы малого диаметра королька по объему холста максимальны, и не влияют на теплоизоляционный свойства материала.

В таблице 6 приведены физико-технические характеристики готовой продукции из алевролита.

Таблица 6 – Физико-технические характеристики минеральной ваты из алевролита

№ п/п	Характеристика	Показатели
1	Диаметр волокон, мкм	1,26÷1,27
2	Температура применения, °С	-269 ÷ +700
3	Температура спекания, °С	1050
4	Плотность при давлении 490 Па, кг/м ³	35÷75
5	Коэффициент теплопроводности при 25 °С, Вт/м·К	0,033÷0,04
6	Гигроскопичность, %	0,5÷1
7	Показатель водостойкости, 1/П	3,5÷4
8	Кислотоустойчивость, %	80÷90
9	Паростойкость, %	90÷99,8
10	Коррозийная стойкость к сплавам алюминия	Не корродирует
11	Нормальный коэффициент звукопоглощения	0,90÷0,99
12	Коэффициент фильтрации	0,7÷0,9

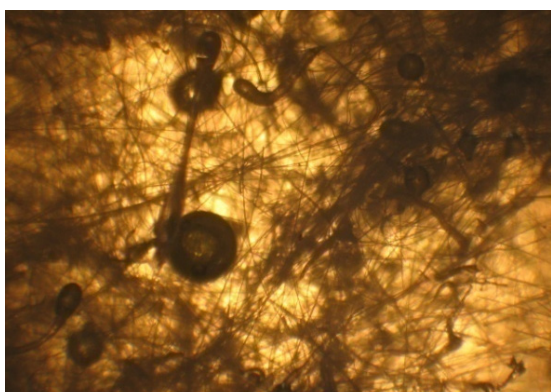


Рисунок 1 – Общий вид СТВ из алевролита: волокно имеет светло-зеленый оттенок (увеличение 60)

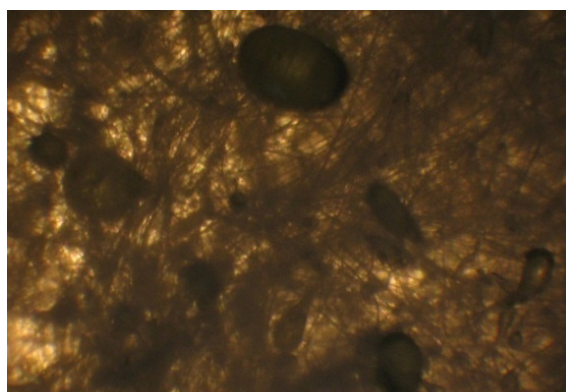


Рисунок 2 – Общий вид СТВ из алевролита: корольки имеют округлую форму (увеличение 100)

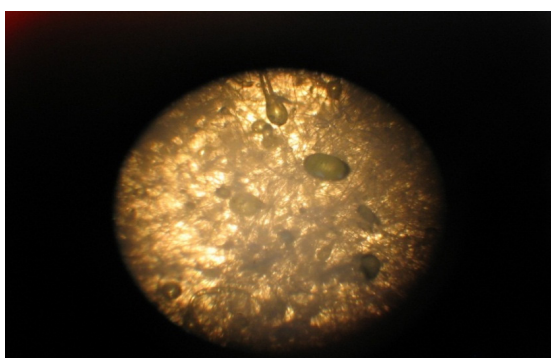


Рисунок 4 – Образец из алевролитового супертонкого волокна (АСТВ) Таш-Булакского месторождения (увеличение 400)

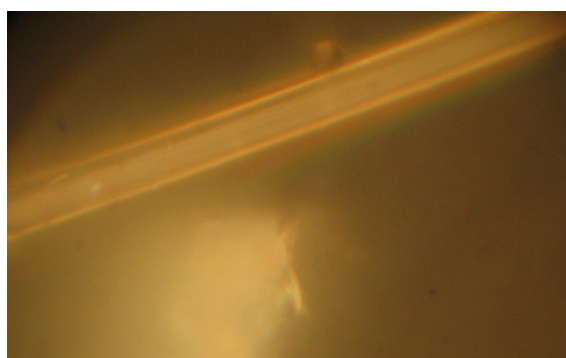


Рисунок 3 – Супертонкие волокна, с круглым корольком, фрагмент оплавленного волокна, полученный из алевролита Таш-Булакского месторождения (увеличение 100)

Таким образом, супертонкие волокна из алевролита месторождения Таш-Булак относятся к I классу по удельной эффективной активности ЕРН [6] и могут применяться для получения авиационных и теплоизоляционных матов, теплоизоляционных шнуров, изоляции теплового оборудования (печей, сушильных барабанов, электрофильтров) и холодильных камер. Максимальная температура применения изделий из супертонкого волокна +700 °С (электропечи и др.), минимальная –269 °С (в холодильных камерах).

Таким образом, по всем показателям алевролит месторождения Таш-Булак удовлетворяют требованиям существующих стандартов, и может без ограничения применяться в строительстве, энергетике, в космосе и других сферах промышленности.

Литература

1. *Мухамедшин Р.Н.* Базальтопластиковая арматура для конструкции гидротехнического назначения / Р.Н. Мухамедшин, Г.М. Додис, М.А. Соколинская и др. Бишкек, 1993. 138 с.
2. *Кубилюс И.П.* Аддитивная арифметическая функция. Математическая энциклопедия / И.П. Кубилюс, И.М. Виноградов. М.: Советская энциклопедия. М., 1977–1985.
3. *Ормонбеков Т.О.* Техника и технология производства базальтовых волокон / Т.О. Ормонбеков. Бишкек: Илим, 2005. 152 с.
4. *Ормонбеков Т.О.* Технология базальтовых волокон и изделия на их основе / Т.О. Ормонбеков. Бишкек: Технология, 1997. 122 с.
5. Минерально-сырьевая база горных пород Украины для производства волокон / под. общ. ред. к.т.н. М.Ф. Маховой; Аналитический обзор ВНИИТИЭП-СМ. Серия 6. Вып. 2. 1992. С. 79–80.
6. *Бородаев Ю.С.* Лабораторные методы исследования минералов, руд и пород / Ю.С. Бородаев, Н.И. Еремин, Ф.П. Меньников. М.: Изд. МГУ, 1988. 296 с.